

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIO DE POSGRADO**

**CAMBIO DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE CONCRETO A ACERO
CONDOMINIO RESIDENCIAL VERTICAL URBAN FLATS**

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Arquitectura para optar al grado y título de Maestría Profesional en Arquitectura y Construcción

MARIO ERNESTO CLEMENTE MENÉNDEZ

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

2023

DEDICATORIA

Dedico no sólo este trabajo, sino todo el proceso de estudios de mi maestría a aquellos quienes me acompañaron y apoyaron a cada paso, desde el día uno hasta la culminación de todo. No estuve solo en este camino, tuve guías que me supieron guiar, me motivaron a seguir adelante y me acompañaron en los momentos en los que me detuve a descansar.

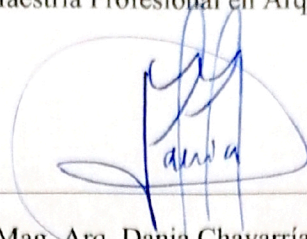
Quiero dedicarlo de manera especial a Dios, a mis padres, a mis hermanos y a mi Navidad, han sido los principales pilares a lo largo de estos años.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mis padres, y aunque soy consciente de que me faltan palabras para expresar mi agradecimiento hacia ellos, procuro demostrarlo con mis acciones, tal como me enseñaron.

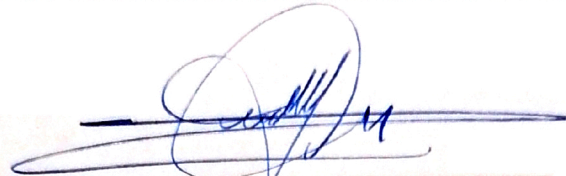
A mis profesores y a mis compañeros en la maestría, de todos pude aprender, fueron una motivación para ser mejor. El sano espíritu de competitividad que sentí en la Escuela de Arquitectura fue un increíble combustible para mi crecimiento profesional y también a nivel personal.

“Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Arquitectura de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Arquitectura y construcción”.



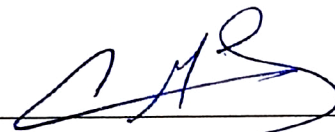
Mag. Arq. Dania Chavarría Núñez

Representante del Decano del Sistema de Estudios de Posgrado



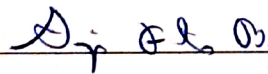
Mag. Arq. Rudy Piedra Mena

Profesor Guía



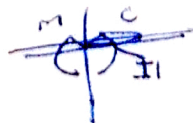
MAP. Álvaro Francisco Mata Leitón

Lector



Mag. Sergio Ferreto Brenes

Lector



Arq. Mario Ernesto Clemente Menéndez

Estudiante

ÍNDICE DE CONTENIDO	
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xx
ÍNDICE DE TABLAS	xxi
ÍNDICE DE MAPAS	xxv
CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN	26
CAPÍTULO 2 - JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
CAPÍTULO 3 - OBJETIVOS	28
3.1) OBJETIVO GENERAL.....	28
3.2) OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
3.2.1) OBJETIVO ESPECÍFICO 1	28
3.2.2) OBJETIVO ESPECÍFICO 2.....	28
3.2.3) OBJETIVO ESPECÍFICO 3	28
3.2.4) OBJETIVO ESPECÍFICO 4.....	28
CAPÍTULO 4 - ALCANCE.....	29
CAPÍTULO 5 - LIMITACIONES	29
5.1) LIMITACIONES POR INFORMACIÓN	29
5.2) LIMITACIONES EN LOS RESULTADOS	30
5.3) LIMITACIONES EN LA APLICABILIDAD.....	30
CAPÍTULO 6 - METODOLOGÍA	30
6.1) FASE DE FORMULACIÓN	30
6.2) FASE DE CONFIGURACIÓN	30
6.3) FASE DE VALIDACIÓN	31
FASE 1: FORMULACIÓN	32
CAPÍTULO 7 - INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	33
7.1) FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO	33
7.2) UBICACIÓN	35
7.2.1) SOBRE EL DISTRITO	36
7.3) CONCEPCIÓN DEL DISEÑO	37
7.4) CONFIGURACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO.....	39
7.4.1) PLANTA DE CONJUNTO	40

7.4.2) CUBIERTA DE TECHOS.....	41
7.4.3) ACABADOS EN FACHADAS.....	42
7.4.4) ESTUDIO DE ÁREAS - EDIFICACIÓN A	43
7.4.5) ESTUDIO DE ÁREAS – TIPOS DE APARTAMENTOS, A, B Y C	46
7.4.6) PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL JARDÍN	49
7.5) ANÁLISIS CLIMÁTICO – SANTA ANA	51
7.5.1) TEMPERATURA.....	52
7.5.2) NUBES	53
7.5.3) PRECIPITACIÓN	54
7.5.4) LLUVIA	55
7.5.5) SOLEAMIENTO.....	56
7.5.6) HUMEDAD	57
7.5.7) ANÁLISIS DE VIENTOS + SIMULACIÓN CON FLOW DESIGN	58
7.5.8) TEMPERATURA DEL AGUA.....	63
7.5.9) ENERGÍA SOLAR.....	63
7.5.1) ANÁLISIS DE INCIDENCIA SOLAR.....	64
7.5.1) TOPOGRAFÍA	65
7.5.2) HALLAZGOS SEGÚN LA ZONA DE CONFORT CLIMÁTICO.....	66
7.5.3) RECOMENDACIONES SEGÚN LA ZONA DE CONFORT CLIMÁTICO	67
7.6) CONSTRUCTIVIDAD	69
7.6.1) MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	69
7.6.2) VIDA ÚTIL Y OPERATIVIDAD DEL PROYECTO	72
7.7) MODELO MULTICRITERIO PRELIMINAR.....	75
7.7.1) PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN BASADAS EN PRIMERO RESULTADOS DEL MODELO MULTICRITERIO.....	80
7.8) TABLA DE HALLAZGOS DE LA FASE 1	81
7.9) TABLA DE RECOMENDACIONES DE LA FASE 1.....	82
FASE 2: CONFIGURACIÓN.....	83
CAPÍTULO 8 - TEORÍA: ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE COMPONENTES Y PERNOS....	85
8.1.1) TIPOS DE CONEXIONES ESTRUCTURALES PARA EDIFICIOS	86
8.1.2) CLASIFICACIÓN.....	86
8.2) CONEXIONES VIGA-COLUMNA	88
8.2.1) DAÑOS EN CONEXIONES.....	90

8.3) CONEXIONES VIGA-VIGA.....	92
8.4) CONEXIONES BASE-COLUMNA	92
8.4.1) DAÑOS EN PLACAS BASE.....	94
8.5) ARRIOSTRAMIENTO	95
8.5.1) ARRIOSTRAMIENTOS DE EDIFICIOS ELEVADOS	97
8.5.2) DAÑOS EN CONTRAVENTEOS (RIOSTRAS).....	97
8.1) EL CÓDIGO SÍSMICO DE COSTA RICA 2010 – REFERENTE A CONEXIONES O NUDOS APERNADOS	99
8.1.1) HALLAZGOS – CSCR 2010	99
8.1.2) RECOMENDACIONES – CSCR 2010.....	99
8.1.3) RESUMEN DE HALLAZGOS	100
8.2) RESUMEN DE RECOMENDACIONES	102
FASE 3: EVALUACIÓN.....	103
CAPÍTULO 9 - APLICACIÓN DEL SISTEMA ASIGNADO.....	104
9.1) MATERIALES EN CERRAMIENTOS.....	104
9.1.1) PANEL DE MICROCONCRETO – USG DUROCK.....	104
9.1.2) LÁMINA DE GYPSUM - LÁMINA FIRE-SHIELD SHAFTLINER.....	105
9.1.3) AISLAMIENTO TERMOACÚSTICO – COLCHONETA DE LANA MINERAL ECOBATT® DE KNAUF CON TECNOLOGÍA ECOSE®	106
9.1.4) VENTANERÍA - DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO EXTRALUM.....	106
9.2) LO QUE SE CONSERVA DEL SISTEMA ACTUAL.....	108
9.2.1) CIMENTACIONES.....	109
9.2.2) MUROS DE CONTENCIÓN Y MARCOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO.....	109
9.3) PREDIMENSIONADO DE ESTRUCTURAS POR GRÁFICOS	111
9.3.1) CÓMO UTILIZAR LOS GRÁFICOS.....	112
9.3.2) VIGAS	114
9.3.3) COLUMNAS.....	116
9.4) ENTREPISO.....	117
9.4.1) LÁMINA DE METALDECK	117
9.4.2) FIJACIÓN LATERAL	119
9.5) TECHOS.....	121
9.5.1) MATERIALES DE CUBIERTA.....	121
9.5.2) RECOMENDACIONES PARA LA CUBIERTA DE TECHO	121

9.5.3) CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES	123
9.6) ARRIOSTRAMIENTO: CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO	124
9.6.1) ANÁLISIS DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS.....	124
9.6.2) ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES.....	126
9.6.3) ANÁLISIS DE VIENTOS: SIMULACIÓN MEDIANTE FLOW DESIGN.....	128
9.7) CONEXIONES O NUDOS APERNADOS	131
9.7.1) CLASIFICACIÓN DE NUDOS POR TIPO DE VIGA	131
9.8) APLICACIÓN DE CERRAMIENTOS + AISLAMIENTOS	135
9.8.1) APLICACIONES BIOCLIMÁTICAS PARA EL AISLAMIENTO TÉRMICO EN REHABILITACIÓN.....	135
9.8.2) TIPOS DE CERRAMIENTOS – ENSAMBLES	138
9.9) COMPLEMENTOS DEL SISTEMA ESTRUCTURAL Y CERRAMIENTOS	140
9.9.1) RESISTENCIA AL FUEGO – PROTECCIÓN PASIVA EN ESTRUCTURAS DE ACERO MEDIANTE PLACAS DE FIBROSILICATO.....	140
9.10) ANÁLISIS TERMOACÚSTICO	141
9.10.1) ANÁLISIS DE INCIDENCIA SOLAR EN FACHADAS.....	142
9.10.2) MATERIALES PRINCIPALES DE CERRAMIENTOS LIVIANOS.....	152
9.10.3) PLANTEAMIENTO DEL ANÁLISIS A REALIZAR (APARTAMENTO B) CERRAMIENTOS LIVIANOS E INGENIERÍA DE VALOR	155
9.10.4) CÁLCULOS DEL CALOR QUE INGRESA AL APARTAMENTO B	157
9.10.5) ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DE RUIDOS EXTERIORES	160
9.10.6) ANÁLISIS DE RUIDOS EN INTERIORES	163
9.10.7) DATOS Y REQUERIMIENTOS PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO.....	167
9.10.8) CONCLUSIÓN SOBRE EL AISLAMIENTO TÉRMICO: PROPUESTAS DE CERRAMIENTO LIVIANO E INGENIERÍA DE VALOR.....	170
9.10.9) CONCLUSIÓN SOBRE EL AISLAMIENTO ACÚSTICO PROPUESTA DE CERRAMIENTO LIVIANO E INGENIERÍA DE VALOR.....	170
CAPÍTULO 10 - ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DEL EDIFICIO.....	171
10.1) ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD Y SU IMPORTANCIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS	171
10.1) ANÁLISIS DE MATERIALES – ESTRUCTURA PRINCIPAL Y SECUNDARIA	172
10.1.1) CANTIDADES DE MATERIALES	172
10.2) HUELLA DE CARBONO.....	174
10.2.1) HUELLA DE CARBONO – EDIFICACIÓN ACTUAL.....	175
10.2.2) HUELLA DE CARBONO – EDIFICACIÓN PROPUESTA	175

10.2.1) COMPARACIÓN HUELLA DE CARBONO Y ENERGÍA EMBEBIDA DE ESTRUCTURA	176
10.2.2) GRÁFICA COMPARATIVA – HUELLA DE CARBONO (T DE CO ₂).....	176
10.2.3) GRÁFICA COMPARATIVA – ENERGÍA EMBEBIDA EN LOS MATERIALES (MJ)	177
10.2.4) TABLA RESUMEN COMPARATIVO.....	177
10.2.5) ALGUNAS MEDIDAS PARA MITIGAR LAS EMISIONES.....	178
CAPÍTULO 11 - ANÁLISIS DE VALORACIÓN FINANCIERA POR COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	182
11.1) VIDA ÚTIL DE LAS EDIFICACIONES	182
11.1.1) EDIFICACIÓN ACTUAL.....	183
11.1.1) EDIFICACIÓN PROPUESTA	184
11.2) PLAN Y COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	184
11.2.1) PLAN DE MANTENIMIENTO.....	185
11.1) VALORACIÓN FINANCIERA POR COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	189
11.2) COSTO MENSUAL DE MANTENIMIENTO – EDIFICACIÓN ACTUAL	190
11.2.1) COSTO MENSUAL DE MANTENIMIENTO – EDIFICACIÓN PROPUESTA.....	193
11.2.2) VARIACIÓN DEL COSTO DE MANTENIMIENTO / M ² ENTRE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.....	195
11.3) HALLAZGOS Y CONCLUSIONES SOBRE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO	196
11.3.1) HALLAZGOS	196
11.3.2) CONCLUSIONES	196
CAPÍTULO 12 - EVALUACIÓN FINAL MEDIANTE EL MODELO MULTICRITERIO	197
12.1) EVALUACIÓN FINAL – EDIFICACIÓN PROPUESTA	197
12.2) CONCLUSIONES DEL MODELO MULTICRITERIO FINAL	203
CAPÍTULO 13 - CONCLUSIONES	204
13.1) CONCLUSIONES	204
13.1.1) SISTEMA ESTRUCTURAL.....	204
13.1.2) CERRAMIENTOS	206
13.1.3) ESTUDIOS DE SOSTENIBILIDAD	207
13.1.4) VALORACIÓN FINANCIERA.....	208
13.2) RECOMENDACIONES.....	209
13.2.1) SISTEMA ESTRUCTURAL.....	209
13.2.2) CERRAMIENTOS	209

13.2.3) ESTUDIOS DE SOSTENIBILIDAD	210
13.2.4) VALORACIÓN FINANCIERA	210
CAPÍTULO 14 - DOCUMENTOS CITADOS.....	212
CAPÍTULO 15 - BIBLIOGRAFÍA	213
ANEXOS	216
DE LA FASE 2: CONFIGURACIÓN	216
ANEXO 1 - CONEXIONES VIGA-COLUMNA	216
1.1) CONEXIONES DE CORTE	216
1.2) CON DOBLE ÁNGULO APERNADO	216
1.3) CON PLANCHA EXTREMA DE CORTE SOLDADA EN TALLER AL ALMA DE LA VIGA Y APERNADA EN OBRA AL ALA DE LA COLUMNA	217
1.4) CON PLANCHA DE CORTE SIMPLE (SINGLE PLATE) SOLDADA EN TALLER A LA COLUMNA Y APERNADA EN OBRA A LA VIGA	218
1.5) CON ÁNGULOS SOLDADOS A LAS ALAS DE LA VIGA EN TALLER Y APERNADAS A LA COLUMNA EN OBRA.....	219
ANEXO 2 - CONEXIONES DE MOMENTO.....	219
2.1) CON PLACAS SOLDADAS EN TALLER A LA COLUMNA Y VIGAS APERNADAS EN OBRA	219
2.2) CON PLACA SOBRESALIENTE SOLDADA EN EL EXTREMO DE LA VIGA EN TALLER Y APERNADA A LA COLUMNA EN OBRA	220
ANEXO 3 - COMPORTAMIENTO DE LAS CONEXIONES APERNADAS	221
3.1) COMPORTAMIENTO GENERAL DE UNA JUNTA ATORNILLADA	221
ANEXO 4 - CONEXIONES VIGA-VIGA.....	222
4.1) CONEXIONES DE CORTE	222
4.1.1) CON DOBLE ÁNGULO - SOLDADO EN TALLER AL ALMA DE LA VIGA SECUNDARIA Y APERNADO EN OBRA AL ALMA DE LA VIGA PRINCIPAL.....	222
4.1.2) CON PLACA DE CABEZA SOLDADA EN TALLER AL ALMA DE LA VIGA SECUNDARIA Y APERNADA EN OBRA AL ALA DE VIGA PRINCIPAL.....	223
4.2) CONEXIONES DE MOMENTO.....	224
4.2.1) EMPALME DE MOMENTO APERNADO EN OBRA.....	224
ANEXO 5 - CONEXIONES BASE-COLUMNA	224
5.1) CONEXIONES RÍGIDAS Y ARTICULADAS.....	224
ANEXO 6 - ARRIOSTRAMIENTO	226
6.1) OTROS SISTEMAS DE ARRIOSTRAMIENTO.....	226
6.2) TRABAJO A TENSIÓN EN ELEMENTOS DE ARRIOSTRAMIENTO	233

6.3) TRABAJO EN CORTANTE EN ELEMENTOS DE ARRIOSTRAMIENTO	234
ANEXO 7 - EL CÓDIGO SÍSMICO DE COSTA RICA 2010 – REFERENTE A CONEXIONES O NUDOS APERNADOS	236
7.1) C10 - REQUISITOS PARA ACERO ESTRUCTURAL	236
7.2) C10.1.4 PLANOS Y ESPECIFICACIONES	237
7.3) C10.1.4.3 PLANOS DE TALLER.....	238
7.4) C10.2.5 DUCTILIDAD LOCAL DE LOS DIFERENTES TIPOS DE SISTEMAS SISMORRESISTENTES	238
7.5) C10.2.6 ESPESOR MÍNIMO PARA ELEMENTOS DEL SISTEMA SISMORRESISTENTE	239
7.6) 10.4 REQUISITOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE ELEMENTOS Y CONEXIONES	239
7.6.1) C10.4.1.2 ARRIOSTRAMIENTO PARA ESTABILIDAD DE LAS VIGAS.....	239
7.6.2) C10.4.1.5 DIAFRAGMA DE ENTREPISO.....	240
7.7) C10.4.2 CONEXIONES	240
7.7.1) C10.4.2.2 CONEXIONES EMPERNADAS	240
7.7.2) C10.4.2.5 EMPALMES EN COLUMNAS	241
7.7.3) C10.4.2.6 PLACAS DE ASIENTO DE COLUMNAS	241
ANEXO 8 - OTRAS REFERENCIAS PARA DISEÑO DE CONEXIONES O NUDOS APERNADOS.....	242
ANEXO 9 - SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA EL MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	242
9.1) ELEMENTOS DE UNA ESTRUCTURA METÁLICA	242
9.2) OPERACIONES BÁSICAS EN EL MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS.....	243
9.3) RIESGOS GENERALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS	243
9.4) CALIFICACIÓN DE LOS RIESGOS.....	244
9.4.1) ANÁLISIS DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS	245
9.5) REGLAS DE SEGURIDAD	248
9.5.1) ANTES DE INICIAR EL MONTAJE.....	248
9.5.2) VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA, ÚTILES Y HERRAMIENTAS	249
9.5.3) DESCARGA Y ALMACENAMIENTO DE PIEZAS	249
9.5.4) IZADO Y TRANSPORTE DE PIEZAS AL PUNTO DE MONTAJE	250
9.6) REQUERIMIENTOS PSICO-FÍSICOS DE LOS MONTADORES	251
9.7) LISTA DE COMPROBACIÓN.....	251
DE LA FASE 3: EVALUACIÓN	252

ANEXO 10 - MATERIALES EN CERRAMIENTOS.....	252
10.1) PANEL DE MICROCONCRETO – USG DUROCK.....	252
10.2) LÁMINA DE GYPSUM - LÁMINA FIRE-SHIELD SHAFTLINER.....	258
10.3) AISLAMIENTO TERMOACÚSTICO – COLCHONETA DE LANA MINERAL ECOBATT® DE KNAUF CON TECNOLOGÍA ECOSE®	261
10.4) VENTANERÍA - DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO EXTRALUM.....	265
ANEXO 11 - ENTREPISO.....	272
11.1) CONCRETO.....	272
11.2) REFUERZO POR RETRACCIÓN Y TEMPERATURA	272
11.3) REFUERZO NEGATIVO EN LA LOSA	273
11.3.1) ESPESOR DE LA LOSA Y RECUBRIMIENTO MÍNIMO	274
ANEXO 12 - COMPLEMENTOS DEL SISTEMA ESTRUCTURAL Y CERRAMIENTOS.....	274
12.1) RESISTENCIA AL FUEGO – PROTECCIÓN PASIVA EN ESTRUCTURAS DE ACERO MEDIANTE PLACAS DE FIBROSILICATO	274
ANEXO 13 - VALORACIÓN FINANCIERA POR COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	277
13.1) FLUJO DE EFECTIVO – EDIFICACIÓN ACTUAL	277
13.1.1) FLUJO DE EFECTIVO – EDIFICACIÓN PROPUESTA.....	278
13.1.2) DIFERENCIA ENTRE VAN ANUAL POR TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL	279
13.1.3) ANÁLISIS DE SENSIBILIZACIÓN – EDIFICACIÓN ACTUAL	280
13.1.4) ANÁLISIS DE SENSIBILIZACIÓN – EDIFICACIÓN PROPUESTA.....	281

RESUMEN

La investigación realizada consistió en tres fases para analizar el Condominio Residencial Vertical Urban Flats ubicado en Santa Ana, Costa Rica. En la primera fase se evaluó el confort climático de los apartamentos, considerando la temperatura, nubes, humedad y precipitaciones. También se tuvo en cuenta la geometría y orientación del edificio para mantener temperaturas confortables sin incidencia solar directa. Se destacó la planificación del proyecto para aprovechar los recursos bioclimáticos de la zona y mejorar su sostenibilidad. Se realizó un primer análisis mediante el Modelo Multicriterio, en el cual obtuvo unas probabilidades de éxito del 78.21%.

En la segunda fase se profundizó en el análisis de los componentes del sistema constructivo propuesto, que consiste en columnas y vigas metálicas con conexiones apernadas y uniones tipo mecano. Se resaltó la eficiencia y rapidez de este sistema en comparación con otros. Se hizo hincapié en la importancia de analizar los tipos de conexiones y fallas en las uniones para garantizar la estabilidad y seguridad de la estructura.

En la tercera fase, se realizó un análisis exhaustivo del confort climático de los apartamentos y un estudio detallado del sistema estructural propuesto, que consta de columnas y vigas metálicas. Se destacó la importancia de un diseño adecuado para garantizar la seguridad y eficiencia del edificio.

Se llevó a cabo un análisis exhaustivo del confort climático, la seguridad estructural, la eficiencia energética y la sostenibilidad de un edificio residencial. El objetivo era garantizar un ambiente interior saludable y cómodo para los residentes. Se evaluó cómo el clima exterior afectaba los espacios interiores y se propusieron mejoras en el diseño del edificio para lograr un confort óptimo durante todas las estaciones.

Además, se realizó un estudio detallado del sistema estructural propuesto para asegurar la seguridad y estabilidad del edificio. Esto incluyó el análisis teórico de los componentes constructivos, como estructuras, entrepisos, techos, arriostramiento y conexiones apernadas.

Un análisis termoacústico se llevó a cabo para evaluar la eficiencia energética y el aislamiento acústico del edificio. Se identificaron posibles puntos débiles en el sistema constructivo para optimizar la eficiencia energética, reducir los costos de energía y minimizar las emisiones de carbono.

La sostenibilidad del edificio también fue analizada, considerando los materiales utilizados en la estructura, la huella de carbono del proyecto y los costos de mantenimiento a largo plazo. Se evaluaron la vida útil de las edificaciones, el plan y los costos de mantenimiento para determinar el impacto financiero del proyecto.

Finalmente, se utilizó el Modelo Multicriterio para evaluar diferentes aspectos del proyecto, incluyendo la sostenibilidad, los costos y el rendimiento estructural. Se compararon dos opciones de diseño y construcción para determinar la solución óptima en términos de eficiencia, sostenibilidad y costos.

Después de la evaluación, el edificio propuesto obtuvo una calificación del 93.79% en el Modelo Multicriterio, lo que indica excelentes posibilidades de éxito.

ABSTRACT

The research conducted consisted of three phases to analyze the Urban Flats Residential Vertical Condominium located in Santa Ana, Costa Rica. In the first phase, the climatic comfort of the apartments was assessed, taking into consideration temperature, clouds, humidity, and precipitation. The geometry and orientation of the building were also considered to maintain comfortable temperatures without direct solar exposure. The project planning was highlighted for leveraging the bioclimatic resources of the area and enhancing its sustainability. An initial analysis was carried out using the Multicriteria Model, which yielded a success probability of 78.21%.

In the second phase, a deeper analysis of the proposed construction system components was conducted, which consists of metal columns and beams with bolted connections and mecano-type joints. The efficiency and speed of this system were emphasized in comparison to others. Emphasis was placed on the importance of analyzing connection types and joint failures to ensure the stability and safety of the structure.

In the third phase, a comprehensive analysis of the climatic comfort of the apartments and a detailed study of the proposed structural system, consisting of metal columns and beams, were conducted. The importance of appropriate design to guarantee the safety and efficiency of the building was highlighted.

A thorough analysis of climatic comfort, structural safety, energy efficiency, and sustainability of a residential building was undertaken. The goal was to ensure a healthy and comfortable indoor environment for the residents. The impact of exterior weather on interior spaces was evaluated, and improvements in the building design were proposed to achieve optimal comfort throughout all seasons.

Furthermore, a detailed study of the proposed structural system was carried out to ensure the safety and stability of the building. This included a theoretical analysis of construction components such as structures, mezzanines, roofs, bracing, and bolted connections.

A thermoacoustic analysis was conducted to assess the energy efficiency and acoustic insulation of the building. Potential weaknesses in the construction system were identified to optimize energy efficiency, reduce energy costs, and minimize carbon emissions.

The sustainability of the building was also analyzed, taking into account the materials used in the structure, the project's carbon footprint, and long-term maintenance costs. The lifespan of the buildings, maintenance plan, and costs were evaluated to determine the project's financial impact.

Finally, the Multicriteria Model was used to assess various aspects of the project, including sustainability, costs, and structural performance. Two design and construction options were compared to determine the optimal solution in terms of efficiency, sustainability, and costs.

After the evaluation, the proposed building received a rating of 93.79% in the Multicriteria Model, indicating excellent chances of success.

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Metodología para la investigación. Elaboración propia.....	31
Ilustración 2. Render exterior. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats	33
Ilustración 3. Esquemas y renders interiores. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats	34
Ilustración 4. Fotografías del apartamento modelo. Fuente: www.urbanflats-cr.com	37
Ilustración 5. Fotografías del apartamento modelo. Fuente: www.urbanflats-cr.com	38
Ilustración 6. Render exterior. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats	39
Ilustración 7. Esquema de ubicación de los módulos. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats	39
Ilustración 8. Planta de conjunto. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats.....	40
Ilustración 9. Sección transversal. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats	40
Ilustración 10. Planta arquitectónica de distribución de techos. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats	41
Ilustración 11. Elevación principal y posterior. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats	42
Ilustración 12. Planta arquitectónica y render de jardín principal. Fuente: Proyecto Residencial Condominio Urban Flats	49
Ilustración 13. Render perspectiva de jardín 1. Fuente: Proyecto Residencial Urban Flats	50
Ilustración 14. Render perspectiva de jardín 2. Fuente: Proyecto Residencial Urban Flats	50
Ilustración 15. Simulación con túnel de vientos. Fuente: Elaboración propia con el software Flow Design	61
Ilustración 16. Simulación con túnel de vientos. Fuente: Elaboración propia con el software Flow Design	62
Ilustración 17. Análisis de incidencia solar. Fuente: Elaboración propia.	64
Ilustración 18. Análisis de incidencia solar. Fuente: Elaboración propia	65
Ilustración 19. Técnicas propuestas para la climatización natural. Fuente: Climate Consultant	68
Ilustración 20. Técnicas propuestas para la climatización natural. Fuente: Climate Consultant	68
Ilustración 21. Detalles de Cocina Perspectivas 1 y 2. Fuente: Proyecto Residencial Urban Flats	70
Ilustración 22. Apartamento Tipo A1 Planta Arquitectónica y Acabados. Fuente: Proyecto Residencial Urban Flats	71
Ilustración 23. Elementos de una conexión de momento en pórticos (Detallado anterior al terremoto de Northridge 1994). Fuente: Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estado Límites	85
Ilustración 24. Tipos de conexiones estructurales para edificios. Fuente: Revisión, elaboración del guión y locución a cargo del Dpto. de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile con coordinación del Ing. Ricardo Herrera.....	86
Ilustración 25. Gráfica momento rotación para los tipos de Construcción adoptados por las Especificaciones AISC. (Acero, 2018)	88
Ilustración 26. Ejemplos de conexiones flexibles. Fuente: Revisión, elaboración del guion y locución a cargo del Dpto. de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile con coordinación del Ing. Ricardo Herrera.	89

Ilustración 27. Tipos de conexión Viga-Columna. Fuente: Revisión, elaboración del guion y locución a cargo del Dpto. de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile con coordinación del Ing. Ricardo Herrera.	90
Ilustración 28. Daños en estructuras de acero como consecuencias de sismos intensos. Fuente: Revisión, elaboración del guion y locución a cargo del Dpto. de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile con coordinación del Ing. Ricardo Herrera.	92
Ilustración 29. Empalme de momento apernado en obra. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project	92
Ilustración 30. Transmisión de cargas axiales de compresión en columnas de acero. Fuente: Alacero. Conexiones base-columna.....	93
Ilustración 31. Fotografías de placas base-columna. Fuente: Alacero. Conexiones base-columna..	94
Ilustración 32. Daños en placas base soldadas a columnas de acero. Fuente: Alacero. Conexiones base-columna	95
Ilustración 33. Fotografías de arriostramientos interiores con entramados variados. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015.....	96
Ilustración 34. Disposiciones más usuales de arriostramientos. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015	96
Ilustración 35. Arriostramiento de edificios elevados. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015	97
Ilustración 36. Daños típicos en estructuras de acero en contraventeos (riostras). Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015	98
Ilustración 37. Pandeo y fractura de contraventeos fabricados con perfiles tubulares de sección cuadrada. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015... ..	98
Ilustración 38. Ubicación de cimentaciones en el Proyecto Residencial Urban Flats. Fuente: Elaboración propia	109
Ilustración 39. Ubicación de muros de contención y marcos estructurales de concreto armado. Fuente: Elaboración propia	110
Ilustración 40. Muros de hormigón armado en el sector oeste y en el módulo de circulación vertical a conservar en la nueva propuesta. Fuente: Elaboración propia.....	111
Ilustración 41. Aplicación de gráficos de predimensionado y ubicación de las vigas de acero en la planta estructural nivel 1. Fuente: Elaboración propia basada en: Gandica, A. C. - Gráficos para el predimensionado de estructuras. Universidad de los Andes	114
Ilustración 42. Aplicación de gráficos de predimensionado y ubicación de las vigas de acero en la planta estructural nivel 2 y 3. Fuente: Elaboración propia basada en: Gandica, A. C. - Gráficos para el predimensionado de estructuras. Universidad de los Andes	115
Ilustración 43. Aplicación de gráficos de predimensionado y ubicación de las columnas de acero en la planta estructural. Fuente: Elaboración propia basada en: Gandica, A. C. - Gráficos para el predimensionado de estructuras. Universidad de los Andes	116
Ilustración 44. Esquema general del sistema METALDECK. Fuente: Manual técnico del METALDECK.....	117
Ilustración 45. Forma y dimensión transversal disponible. Fuente: Manual técnico del METALDECK	118
Ilustración 46. Nomenclatura básica para sección de losa. Fuente: Manual técnico del METALDECK	119

Ilustración 47. Detalle de traslape. Fuente: Manual técnico del METALDECK.....	119
Ilustración 48. Planta estructural propuesta y modelado 3D de la colocación de la losa METALDECK y las columnas y vigas de acero. Fuente: Elaboración propia.....	120
Ilustración 49. Planta Arquitectónica de Distribución - Nivel Techos. Fuente: Proyecto Residencial Urban Flats.....	122
Ilustración 50. Planta esquemática de distribución estructural de techos. Fuente: Elaboración propia	122
Ilustración 51. Análisis de espacios arquitectónicos para la toma de decisiones de colocación del arriostramiento. Fuente: Elaboración propia.....	124
Ilustración 52. Análisis de espacios arquitectónicos para la toma de decisiones de colocación del arriostramiento. Fuente: Elaboración propia.....	125
Ilustración 53. Muros de carga, columnas y vigas de concreto armado que se van a conservar en la nueva propuesta como elementos rigidizadores para disminuir la carga de desplazamiento horizontal. Fuente: Elaboración propia	126
Ilustración 54. Muros de carga de concreto armado que se van a conservar en la nueva propuesta como elementos rigidizadores para disminuir la carga de desplazamiento horizontal. Fuente: Elaboración propia	127
Ilustración 55. Simulación de vientos a la edificación "A" del Condominio Urban Flats mediante el software Flow Design. Fuente: Elaboración propia	128
Ilustración 56. Efecto de empuje del viento en los ejes transversales del edificio, elaborado mediante el software Flow Design. Fuente: Elaboración propia	129
Ilustración 57. Colocación del arriostramiento en la nueva propuesta. Fuente: Elaboración propia	129
Ilustración 58. Diseño esquemático y ubicación del arriostramiento en el modelo 3D. Fuente: Elaboración propia	130
Ilustración 59. Zonificación por tipo de apartamentos A, B y C. Fuente: Elaboración propia	131
Ilustración 60. Planta estructural esquemática en perspectiva de la nueva propuesta. Fuente: Elaboración propia	131
Ilustración 61. Viga roja: 0.40 m. de peralte. Conexión Viga-Columna: Ángulo de asiento. Fuente: Elaboración propia	133
Ilustración 62. Viga verde: 0.55 m. de peralte. Conexión Viga-Columna(concreto): Placas de extremo. Fuente: Elaboración propia	133
Ilustración 63. Viga amarilla: 0.45 m. de peralte. Conexión Viga-Columna: Placas horizontales en patines de la viga. Fuente: Elaboración propia	134
Ilustración 64. Viga cian: 0.35 m. de peralte. Conexión Viga-Columna: Placa simple (placa de cortante). Fuente: Elaboración propia.....	135
Ilustración 65. Aspectos sobre aislamiento acústico. Fuente: Seguí, P., & OVACEN. Obtenido de Nueva guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido.....	136
Ilustración 66. Tipos de cerramientos (ensambles) en la planta típica del Proyecto Residencial Urban Flats. Fuente: Elaboración propia	138
Ilustración 67. Protección pasiva en estructuras de acero mediante placas de fibrosilicato. Fuente: Ficha técnica del producto	141
Ilustración 68. Análisis de incidencia solar - Solsticio 21 de junio. Fuente Elaboración propia	143

Ilustración 69. Análisis de incidencia solar - Solsticio 21 de diciembre. Fuente Elaboración propia	144
Ilustración 70. Análisis de incidencia solar - Equinoccio 20 de marzo. Fuente Elaboración propia	145
Ilustración 71. Análisis de incidencia solar - Equinoccio 22 de septiembre. Fuente Elaboración propia	146
Ilustración 72. Análisis de incidencia solar por horas - Solsticio 21 de diciembre. Fuente Elaboración propia	147
Ilustración 73. Análisis de incidencia solar por horas - Solsticio 21 de diciembre. Fuente Elaboración propia	148
Ilustración 74. Análisis de incidencia solar por horas - Solsticio 21 de diciembre. Fuente Elaboración propia	149
Ilustración 75. Análisis de incidencia solar por horas - Solsticio 21 de diciembre. Fuente Elaboración propia	150
Ilustración 76. Análisis de la incidencia solar que ingresa al Apartamento B en el Solsticio 21 de diciembre entre las 8:00 a.m. y las 12:00 p.m. Fuente: Elaboración propia	150
Ilustración 77. Usos y propiedades del Basecoat marca Durock - Repellos. Fuente: Ficha técnica del producto	152
Ilustración 78. Propiedades físicas de las puertas corredizas de vidrio (ventanas) Extralum. Fuente: Ficha técnica del producto	155
Ilustración 79. Temperaturas exteriores e interior en el Apartamento B. Fuente: Elaboración propia	156
Ilustración 80. Corte de Sección transversal en el Apartamento B. Fuente: Proyecto Residencial Urban Flats	157
Ilustración 81. salud y niveles de ruido. Fuente: European Acústica - ¿Cómo nos afecta el ruido a la salud?	162
Ilustración 82. Espacios de un ascensor. Fuente: Protección frente al ruido. CTE DB-HR	164
Ilustración 83. Ruidos internos promedio en dB - Segundo nivel. Fuente: Elaboración propia	166
Ilustración 84. Ruidos (dB) exteriores y requerimiento interior en el Apartamento B. Fuente: Elaboración propia	167
Ilustración 85. Unión con doble ángulo apernado. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project	216
Ilustración 86. Corte de las piezas para uniones apernadas. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project	217
Ilustración 87. Detalles de uniones apernadas en el alma y las alas de la columna. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project	217
Ilustración 88. Plancha extrema de corte soldada al alma de la viga y apernada al ala de la columna. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project	218
Ilustración 89. Plancha de corte simple soldada a la columna y apernada a la viga. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project	218
Ilustración 90. Ángulos soldados a las alas de la viga y apernadas a la columna. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project	219

Ilustración 91. Placas soldadas a la columna y vigas apernadas. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project	219
Ilustración 92. Placa sobresaliente soldada en el extremo de la viga y apernada a la columna. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project.....	220
Ilustración 93. Comportamiento general en una junta atornillada. Fuente: Revisión, elaboración del guión y locución a cargo del Dpto. de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile con coordinación del Ing. Ricardo Herrera.....	222
Ilustración 94. Doble ángulo soldado al alma de la viga secundaria y apernado al alma de la viga principal. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project 2018	223
Ilustración 95. Placa de cabeza soldada al alma de la viga secundaria y apernada al ala de la viga principal. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project	223
Ilustración 96. Placa de corte simple (simple plate) soldada a la viga principal y apernada a la viga secundaria. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project	224
Ilustración 97. Fotografías de placa soldada a la base de la columna. Fuente: Alacero. Conexiones base-columna	225
Ilustración 98. Fotografías de conexiones rígidas y articuladas. Fuente: Alacero. Conexiones base-columna.....	225
Ilustración 99. Otros sistemas de arriostramiento. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015.....	226
Ilustración 100. Arriostramiento en el edificio First Wisconsin Center, Milwaukee, USA, 1974. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015	228
Ilustración 101. Arriostramiento en el edificio Turning Torso - Torre en espiral de 190m. Malmö, Suecia. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015.....	229
Ilustración 102. Arriostramiento en el edificio Turning Torso - Torre en espiral de 190m. Malmö, Suecia. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015.....	230
Ilustración 103. Arriostramiento en el edificio ATM Towers. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015	231
Ilustración 104. Fotografías de arriostramientos y uniones apernadas en placas base, vigas y columnas. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015	232
Ilustración 105. Trabajo a tensión en elementos de arriostramiento. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015	233
Ilustración 106. Sección Whitmore para anclaje del arriostramiento. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015	234
Ilustración 107. Trabajo en cortante en elementos de arriostramiento. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015	234
Ilustración 108. Trabajo en cortante en elementos de arriostramiento. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015	235
Ilustración 109. Esfuerzos en superficies en tensión. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015.....	236
Ilustración 110. Elementos de una estructura metálica. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral	243

Ilustración 111. Operaciones básicas en el montaje de estructuras metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral	243
Ilustración 112. Productos complementarios para la instalación del tablero de cemento USG Durcok. . Fuente: Ficha técnica del producto Tablero de cemento USG DUROCK	257
Ilustración 113. Láminas Fire-Shield Shaftliner - National Gypsum. Ficha técnica del producto Fire-Shield Shaftliner XP de National Gypsum.....	260
Ilustración 114. Ventanería de doble vidriado Hermético Extralum. Fuente: Ficha técnica de Doble Vidriado Hermético (DVH).	265
Ilustración 115. Información y propiedades de la Ventanería de doble vidriado Hermético Extralum. Fuente: Ficha técnica de Doble Vidriado Hermético (DVH).....	268
Ilustración 116. Perfilera y fotografías de la Ventanería de doble vidriado Hermético Extralum. Fuente: Ficha técnica de Doble Vidriado Hermético (DVH).....	271
Ilustración 117Ilustración 149. Protección pasiva en estructuras de acero mediante placas de fibrosilicato. Fuente: Ficha técnica del producto	276

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resumen del clima en el cantón Santa Ana. Fuente: web es.weatherspark.com	51
Gráfico 2. Temperaturas máximas y mínimas promedio en el cantón Santa Ana. Fuente: web es.weatherspark.com	52
Gráfico 3. Temperatura promedio por hora en el cantón Santa Ana. Fuente: web es.weatherspark.com	52
Gráfico 4. Promedios mensuales de temperatura y radiación en el cantón de Santa Ana. Fuente: Climate Consultant.....	53
Gráfico 5. Rangos de variación de temperatura en el cantón de Santa Ana. Fuente: Climate Consultant	53
Gráfico 6. Porcentajes de nubosidad en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.wheatherspark.com	54
Gráfico 7. Probabilidades diarias de precipitación en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.wheatherspark.com	55
Gráfico 8. Precipitación de lluvia mensual promedio en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.wheatherspark.com	55
Gráfico 9. Horas de luz natural y crepúsculo en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.wheatherspark.com	56
Gráfico 10. Salida del sol y puesta del sol con crepúsculo en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.wheatherspark.com	56
Gráfico 11. Gráfico de protección solar en el cantón de Santa Ana. Fuente: Climate Consultant....	57
Gráfico 12. Tabla solar en el cantón de Santa Ana. Fuente: Climate Consultan	57
Gráfico 13. Niveles de comodidad de la humedad en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.wheatherspark.com	58
Gráfico 14. Rangos de velocidad del viento en el cantón de Santa Ana. Fuente: Climate consultant	59

Gráfico 15. Velocidad promedio del viento en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.wheatherspark.com	59
Gráfico 16. Dirección del viento en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.wheatherspark.com ..	60
Gráfico 17. Rosa de vientos en el cantón de Santa Ana. Fuente: Climate Consultant	60
Gráfico 18. Temperatura promedio del agua en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.wheatherspark.com	63
Gráfico 19. Energía solar de onda corta incidente diaria promedio en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.wheatherspark.com.....	64
Gráfico 20. Carta psicrométrica para el cantón de Santa Ana. Fuente: Climate Consultant.....	67
Gráfico 21. Gráficos para el predimensionado de vigas y columnas de acero. Fuente: Gandica, A. C. - Gráficos para el predimensionado de estructuras. Universidad de los Andes	113
Gráfico 22. Gráficos comparativos del calor que ingresa al Apartamento B en el panorama 1 y 2. Fuente: Elaboración propia	160
Gráfico 23. Requerimientos de aislamiento para muro norte y oeste. Fuente: Elaboración propia	168
Gráfico 24. Requerimientos de aislamiento para muro este. Fuente: Elaboración propia	168
Gráfico 25. Requerimientos de aislamiento para la ventanería sur. Fuente: Elaboración propia ...	169
Gráfico 26. Gráfica comparativa – Huella de carbono (t de CO ₂). Fuente: Elaboración propia	176
Gráfico 27. Gráfica comparativa – Energía embebida en los materiales (MJ). Fuente: Elaboración propia	177
Gráfico 28. Tabla y gráfico de Costos de mantenimiento/m ² de apartamentos en el módulo "A". Fuente: Elaboración propia	195
Gráfico 29. Esfuerzo cortante en los tornillos, MPa. Fuente: Revisión, elaboración del guion y locución a cargo del Dpto. de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile con coordinación del Ing. Ricardo Herrera.....	221
Gráfico 30. Dimensiones máximas para DHV con cámara de 12 mm. Velocidad estimada de viento 100 km/h. Fuente: Ficha técnica de Doble Vidriado Hermético (DVH).....	269
Gráfico 31. Dimensiones máximas para DHV con cámara de 6 mm. Velocidad estimada de viento 100 km/h. Fuente: Ficha técnica de Doble Vidriado Hermético (DVH).....	270
Gráfico 32. VAN anual por tipo de sistema estructural. Fuente: Elaboración propia.....	279

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Información resumen del Proyecto Condominio Residencial Urban Flats. Fuente: Elaboración propia	33
Tabla 2. Estudio de áreas - Edificación A. Módulo A, Estacionamientos, Sótano 1 y 2, Apartamentos. Fuente: Fuente: Elaboración propia	43
Tabla 3. Estudio de áreas - Edificación A. Módulo A, Estacionamientos, Sótano 1 y 2, Apartamentos. Fuente: Fuente: Elaboración propia	44
Tabla 4. Estudio de áreas - Edificación A. Módulo A, Estacionamientos, Sótano 1 y 2, Apartamentos. Fuente: Elaboración propia	45
Tabla 5. Estudio de áreas - Apartamento tipo A. Fuente: Elaboración propia.....	46
Tabla 6. Estudio de áreas - Apartamento tipo B. Fuente: Elaboración propia	47

Tabla 7. Estudio de áreas - Apartamento tipo C. Fuente: Elaboración propia	48
Tabla 8. Vida útil de diseño (VUD) por categoría o tipos de edificios. Fuente: Canadian Standards Association, 2001; Australian Building Codes Board, 2006; International Standards Organization, 2000.....	73
Tabla 9. Factores para la estimación de la vida útil del edificio (ejemplo). Fuente: Elaboración del autor con base en el método por factores de ISO 15686 y criterios tomados de la experiencia como arquitecto y constructor.....	74
Tabla 10. Modelo Multicriterio: Peso relativo Físico-Ambiental (Versión Actual). Fuente: Elaboración propia	75
Tabla 11. Modelo Multicriterio: Peso relativo Socio-Cultural (Versión Actual). Fuente: Elaboración propia	76
Tabla 12. Modelo Multicriterio: Peso relativo Económico-Financiero y Cuadro Resumen (Versión Actual). Fuente: Elaboración propia	77
Tabla 13. Tabla Modelo Multicriterio final (Versión Actual). Fuente: Elaboración propia	78
Tabla 14. Probabilidades de éxito del proyecto según el Modelo Multicriterio (Versión Actual). Fuente: Elaboración propia	79
Tabla 15. Propuestas de intervención basadas en el resultado del Modelo Multicriterio (Versión Actual). Fuente: Elaboración propia	80
Tabla 16. Hallazgos de la fase 1. Fuente: Elaboración propia.	81
Tabla 17. Tabla de recomendaciones de la fase 1. Fuente: Elaboración propia.....	82
Tabla 18. Tolerancias para el METALDECK. Fuente: Manual técnico del METALDECK, Basado en Tolerancias tomadas del Steel Deck Institute Design Manual	118
Tabla 19. Espesores de diseño y mínimos aceptables del material antes del recubrimiento. Fuente: Manual técnico del METALDECK	118
Tabla 20. Tipos de vigas según gráficos de predimensionado. Fuente: Elaboración propia.....	132
Tabla 21. Absorción de materiales constructivos en diferentes frecuencias. Fuente: Presentación de Materiales absorbentes - https://es.slideshare.net/vene155/materiales-absorbentes-7197107	137
Tabla 22. Descripción de materiales y esquemas de los tipos de ensambles para cerramientos. Fuente: Elaboración propia.	140
Tabla 23. Características del Solsticio y Equinoccio. fuente: Elaboración propia.....	142
Tabla 24. Espesor, resistencia y conductividad térmica de materiales principales en cerramientos. Fuente: Elaboración propia	152
Tabla 25. Propiedades físicas del Aislante de fibra de vidrio ECOSE - Aislante termoacústico. Fuente: Ficha técnica del producto	153
Tabla 26. Propiedades físicas de la Tyvel Stucco Wrap - Membrana impermeable. Fuente: Ficha técnica del producto	153
Tabla 27. Propiedades físicas de la Lámina de gypsum fire shield - ensambles interiores. Fuente: Ficha técnica del producto	154
Tabla 28. Propiedades físicas de los Paneles de microconcreto Durock - Cerramientos interiores y exteriores. Fuente: Ficha técnica del proyecto	154
Tabla 29. Calor que ingresa al recinto desde el muro norte - Panorama 1. Fuente: Elaboración propia	157
Tabla 30. Calor que ingresa al recinto desde el muro norte - Panorama 2. Fuente: Elaboración propia	158

Tabla 31. Calor que ingresa al recinto desde el muro oeste - Panorama 1. Fuente: Elaboración propia	158
Tabla 32. Calor que ingresa al recinto desde el muro oeste - Panorama 2. Fuente: Elaboración propia	158
Tabla 33. Calor que ingresa al recinto desde las ventanas - Panorama 1. Fuente: Elaboración propia	159
Tabla 34. Calor que ingresa al recinto desde las ventanas - Panorama 2. Fuente: Elaboración propia	159
Tabla 35. Calor que ingresa al recinto desde el techo. Fuente: Elaboración propia	159
Tabla 36. Tabla resumen del calor que ingresa al Apartamento B en el panorama 1 y 2. Fuente: Elaboración propia	160
Tabla 37. Niveles de ruido. Fuente: Protección frente al ruido. CTE DB-HR.....	161
Tabla 38. Nivel sonoro en el hueco del ascensor. Fuente: Protección frente al ruido. CTE DB-HR	165
Tabla 39. Requerimientos para el aislamiento acústico en el Apartamento B. Fuente: Elaboración propia	167
Tabla 40. Resultados para el aislamiento acústico en el Apartamento B. Fuente: Elaboración propia	169
Tabla 41. Cantidades de materiales - Edificación actual (Estructura de concreto armado). Fuente: Elaboración propia	173
Tabla 42. Cantidades de materiales - Edificación propuesta (Estructura de acero). Fuente: Elaboración propia	174
Tabla 43. Cantidades de materiales - Edificación propuesta (Estructura de acero). Fuente: Elaboración propia	174
Tabla 44. Cálculo de huella de carbono de estructura - Edificación actual (Estructura de concreto armado). Fuente: Elaboración propia	175
Tabla 45. Cálculo de huella de carbono de estructura - Edificación propuesta (Estructura de acero). Fuente: Elaboración propia	175
Tabla 46. Resultados y comparación de las huellas de carbono y energía embebida en las estructuras. Fuente: Elaboración propia	176
Tabla 47. Tabla resumen comparativa - Huella de carbono y energía embebida de estructura. Fuente: Elaboración propia	177
Tabla 48. Consumo energético durante el ciclo <<cradle-to-gate>> de los materiales - Edificación actual. Fuente: Elaboración propia.....	180
Tabla 49. Consumo energético durante el ciclo <<cradle-to-gate>> de las ventanas - Edificación actual. Fuente: Elaboración propia.....	181
Tabla 50. Consumo energético durante el ciclo <<cradle-to-gate>> de los materiales - Edificación propuesta. Fuente: Elaboración propia.....	181
Tabla 51. Consumo energético durante el ciclo <<cradle-to-gate>> de las ventanas - Edificación propuesta. Fuente: Elaboración propia.....	182
Tabla 52. Plan de mantenimiento para las estructuras de concreto – Niveles Sótano y Sótano 2. Fuente: Elaboración propia basada en Doc. 11 Manual de uso y mantenimiento.....	186
Tabla 53. Plan de mantenimiento para las estructuras de acero – Niveles 1, 2 y 3 de apartamentos. Fuente: Elaboración propia basada en Doc. 11 Manual de uso y mantenimiento.....	187

Tabla 54. Plan de mantenimiento para el ascensor – Todos los niveles. Fuente: Elaboración propia basada en Doc. 11 Manual de uso y mantenimiento	187
Tabla 55. Prescripciones, prohibiciones y mantenimiento para edificios. Fuente: Elaboración propia basada en Doc. 11 Manual de uso y mantenimiento	189
Tabla 56. Determinación del costo de mantenimiento - Edificación Actual. Fuente: Elaboración propia	190
Tabla 57. Costo mensual de mantenimiento/m2 - Apartamento A (Edificación Actual). Fuente: Elaboración propia	191
Tabla 58. Costo mensual de mantenimiento/m2 - Apartamento B (Edificación Actual). Fuente: Elaboración propia	192
Tabla 59. Costo mensual de mantenimiento/m2 - Apartamento C (Edificación Actual). Fuente: Elaboración propia	192
Tabla 60. Costo de mantenimiento/m2 de apartamentos en el Módulo A - Edificación Actual. Fuente: Elaboración propia	192
Tabla 61. Determinación del costo de mantenimiento - Edificación Propuesta. Fuente: Elaboración propia	193
Tabla 62. Costo mensual de mantenimiento/m2 - Módulo A (Edificación propuesta). Fuente: Elaboración propia	193
Tabla 63. Costo mensual de mantenimiento/m2 - Apartamento A (Edificación propuesta). Fuente: Elaboración propia	194
Tabla 64. Costo mensual de mantenimiento/m2 - Apartamento B (Edificación propuesta). Fuente: Elaboración propia	194
Tabla 65. Costo mensual de mantenimiento/m2 - Apartamento C (Edificación propuesta). Fuente: Elaboración propia	194
Tabla 66. Costo de mantenimiento/m2 de apartamentos en el Módulo A - Edificación Propuesta. Fuente: Elaboración propia	194
Tabla 67. Evaluación mediante el Modelo Multicriterio Edificación Propuesta - Peso relativo: Físico-Ambiental. Fuente: Elaboración propia	198
Tabla 68. Evaluación mediante el Modelo Multicriterio Edificación Propuesta - Peso relativo: Socio-Cultural. Fuente: Elaboración propia	199
Tabla 69. Evaluación mediante el Modelo Multicriterio Edificación Propuesta - Peso relativo: Económico-Financiero. Fuente: Elaboración propia.....	200
Tabla 70. Tabla resumen de la evaluación mediante el Modelo Multicriterio Edificación Propuesta. Fuente: Elaboración propia	201
Tabla 71. Resultado final: Probabilidades de éxito de la Edificación Propuesta. Fuente: Elaboración propia	202
Tabla 72. Calificación de los riesgos en el montaje de estructuras metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral	244
Tabla 73. Análisis de riesgos y medidas preventivas en el montaje de estructuras metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral	245
Tabla 74. Análisis de riesgos y medidas preventivas en el montaje de estructuras metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral	246
Tabla 75. Análisis de riesgos y medidas preventivas en el montaje de estructuras metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral	247

Tabla 76. Reglas de seguridad para el montaje de montar estructuras metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral	248
Tabla 77. Verificación de maquinaria, útiles y herramientas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral	249
Tabla 78. Descarga y almacenamiento de piezas metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral	249
Tabla 79. Izado y transporte de piezas al punto de montaje. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral	250
Tabla 80. Fijación definitiva de las piezas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral.....	250
Tabla 81. Lista de comprobación para el montaje de estructuras metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral	251
Tabla 82. Información y propiedades del panel de microconcreto - USG Durock. Fuente: Ficha técnica del producto Tablero de cemento USG DUROCK	253
Tabla 83. Valores para el cumplimiento de la NOM-018-ENER-2011 por el tablero de cemento USG Durcok. . Fuente: Ficha técnica del producto Tablero de cemento USG DUROCK	254
Tabla 84. Información y propiedades de la lámina de Gypsum - Lámina Fire-Shield Shaftliner - National Gypsum. Fuente: Ficha técnica del producto Fire-Shield Shaftliner XP de National Gypsum	259
Tabla 85. Información y propiedades del aislamiento termoacústico - Colchoneta de lana mineral EcoBatt de Jnauf con tecnología ECOSE. Fuente: Ficha técnica del producto EcoBatt de Kanuf Insulation.....	264
Tabla 86. Espesores totales mínimos de la losa en el sistema compuesto. Fuente: Manual técnico del METALDECK.....	274
Tabla 87. Datos variables de sensibilidad para la Edificación Actual. Fuente: Elaboración propia	277
Tabla 88. Flujo de efectivo de la Edificación Actual. Fuente: Elaboración propia.....	277
Tabla 89. Datos variables de sensibilidad para la Edificación Propuesta. Fuente: Elaboración propia	278
Tabla 90. Flujo de efectivo de la Edificación Propuesta. Fuente: Elaboración propia	278
Tabla 91. Análisis de sensibilización - Edificación Actual. Fuente: Elaboración propia	280
Tabla 92. Análisis de sensibilización - Edificación propuesta. Fuente: Elaboración propia	281

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Ubicación del Proyecto Residencial Urban Flats. Fuente: Elaboración propia	35
Mapa 2. Distrito Pozos de Santa Ana. Fuente: Google Maps	36
Mapa 3. Esquemas de ubicación del terreno en el Distrito Pozos. Fuente: Elaboración propia basada en información de Google Maps	51
Mapa 4. Distrito Pozos. Fuente: Google maps.....	66
Mapa 5. Zonas de ruido identificadas entorno a la ubicación del Proyecto Residencial Urban Flats. Fuente: Elaboración propia utilizando Google Maps.....	160
Mapa 6. Condiciones del tráfico promedio entorno a la ubicación del Proyecto Residencial Urban Flats. Fuente: Elaboración propia utilizando Google Maps	161

CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo corresponde al Trabajo Final de Investigación Aplicada (TFIA) y que concierne a la culminación del plan de estudios de la Maestría profesional en Arquitectura y Construcción.

La investigación realizada contiene una primera fase de análisis de sitio del proyecto seleccionado: Condominio Residencial Vertical Urban Flats ubicado en el distrito Pozos de Santa Ana, Costa Rica, el cual consta de dos torres de apartamentos que se dividen en tres módulos, A, B y C, para el desarrollo de la investigación se analizó el módulo A, de 5,487.16 m² construidos aproximadamente, este módulo posee 2 niveles de sótanos con estacionamiento y 3 niveles de apartamentos que, a su vez, contienen 3 tipos de apartamentos, A, B, y C, apartamentos que van desde los 58 m² hasta los 109 m².

En la fase 1 de investigación, se analizó el confort climático de los apartamentos, incluyendo la temperatura, las nubes, la humedad y las precipitaciones, así como la geometría y orientación del edificio para mantener temperaturas confortables sin incidencia solar directa y un nivel de confort estable. Se ha cuidado la planificación del proyecto para aprovechar los recursos bioclimáticos de la zona, reduciendo al mínimo su impacto negativo y mejorando su sostenibilidad a largo plazo. Sin embargo, el proceso de construcción puede tener impactos negativos en el entorno social y se deben considerar cuidadosamente durante el desarrollo del proyecto. En general, el proyecto es un ejemplo de cómo la arquitectura puede crear un espacio habitable y atractivo que se integre armoniosamente en el entorno urbano y ofrezca espacios para actividades sociales, culturales y de ocio.

Al final de esta primera fase se evaluó el proyecto mediante el Modelo Multicriterio, el resultado inicial fue de una nota de 78.21% lo cual lo deja con regulares posibilidades de éxito, y cabe mencionar que muy cerca de las buenas posibilidades éxito.

La fase 2 de una investigación tiene como objetivo profundizar en el análisis de los componentes del sistema constructivo propuesto, que consta de columnas y vigas metálicas con conexiones apernadas y uniones tipo mecano. El sistema estructural tipo mecano es utilizado en la construcción de edificios de acero, siendo una alternativa más rápida y eficiente a otros sistemas constructivos. Es importante analizar los tipos de conexiones y los tipos de fallas de las uniones de un sistema estructural tipo mecano para seleccionar la más adecuada para cada situación y asegurar la estabilidad y seguridad de la estructura. El arriostramiento es importante para mejorar la resistencia y estabilidad de la estructura. El rediseño de un edificio con un sistema constructivo de concreto armado a un sistema constructivo de acero tipo mecano presenta varios desafíos que deben ser abordados para garantizar la seguridad y la eficiencia del edificio.

En la fase 3 del proyecto de investigación aplicada del Condominio Residencial Vertical "Urban Flats" en Santa Ana, Costa Rica, se analizó en profundidad el confort climático de los apartamentos y se llevó a cabo un estudio detallado del sistema estructural propuesto, el cual consistía en un sistema de columnas y vigas metálicas por componentes y pernos.

Se realizó un análisis del confort climático de los apartamentos para garantizar que los residentes tuvieran un ambiente interior saludable y cómodo. El análisis determinó cómo afectaba el clima exterior a los espacios interiores y cómo se podía optimizar el diseño del edificio para garantizar un confort óptimo en todas las estaciones.

También se llevó a cabo un estudio del sistema estructural propuesto para garantizar la seguridad y estabilidad del edificio. Se analizaron los componentes del sistema constructivo propuesto, incluyendo el predimensionado de las estructuras, los entresijos, los techos, el arriostramiento y las conexiones apertadas a nivel teórico.

Además, se realizó un análisis termoacústico para evaluar la eficiencia energética y el aislamiento acústico del edificio, y se identificaron posibles puntos débiles en el sistema constructivo propuesto para optimizar la eficiencia energética del edificio y reducir los costos de energía y las emisiones de carbono.

Se analizó la sostenibilidad del edificio, incluyendo los materiales utilizados en la estructura principal y secundaria, la huella de carbono del proyecto y los costos de mantenimiento del edificio. Se analizó la vida útil de las edificaciones, el plan y los costos de mantenimiento para determinar los costos a largo plazo de la construcción y el impacto financiero del proyecto.

Finalmente, se realizó una evaluación mediante el Modelo Multicriterio para evaluar los tres aspectos sostenibilidad del proyecto, y se compararon las dos opciones de diseño y construcción para determinar la solución óptima en términos de costos, sostenibilidad y rendimiento estructural.

Al final de la fase 3 se evaluó la edificación propuesta mediante el Modelo Multicriterio y se obtuvo una calificación de 93.79%, llegando así a tener excelentes posibilidades de éxito.

CAPÍTULO 2 - JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se enfocó en conocer el mejor y más adecuado sistema constructivo para la edificación “El Condominio Residencial Vertical Urban Flats” cambiando de un sistema de columnas, vigas y muros de concreto a una estructura metálica prefabricada tipo “mecano” por componentes y pernos, y paredes y cerramientos en panel de microconcreto.

Debido al continuo crecimiento demográfico en Costa Rica, para el sector de la construcción, es preciso el estudio constante de la optimización de los recursos tanto naturales como económicos, sin dejar de lado los aspectos de sostenibilidad o en su defecto, medidas para la mitigación de impacto ambiental. Un estudio comparativo entre el concreto armado y el acero estructural optando por un sistema más específico, para este caso, una estructura metálica prefabricada tipo “mecano” por componentes y pernos, paredes y cerramientos en panel de microconcreto, el cual, aplicado a un proyecto específico costarricense, puede servir como referencia para otros proyectos locales en su etapa de propuesta de diseño, y ser una herramienta válida para considerar pros y contras, según los requerimientos de lo que se vaya a diseñar, los cuales pueden variar desde, funcionalidad, seguridad, estética y economía.

La investigación es viable, pues se dispone de los recursos y herramientas de información necesarios para establecer parámetros y evaluar los resultados del cambio de sistema constructivo del proyecto seleccionado.

En el aspecto social, el diseño y construcción de proyectos que prioricen la utilización de recursos y reduzcan el impacto ambiental es prioridad para mejorar en materia de funcionalidad, seguridad,

estética y economía. Debido a los tiempos de construcción que se requieren actualmente, una mayor facilidad de montaje, utilización de materiales mejores y a precios razonables y que reduzcan costos de mano de obra, son otros aspectos que a priori, se ven beneficiados mediante el uso de este sistema constructivo.

En el aspecto disciplinario, esta investigación pretende contribuir al sector del diseño y la construcción, ya que se busca concentrar la información teórica de un sistema constructivo específico, ya antes mencionado, y aplicarlo a un proyecto local, para luego evaluar ambos sistemas constructivos, y establecer parámetros de comparación en diferentes aspectos que pueden servir de referencia a diseñadores principalmente en etapas de propuesta arquitectónica.

CAPÍTULO 3 - OBJETIVOS

3.1) OBJETIVO GENERAL

Evaluar el cambio del sistema estructural del proyecto “Condominio Residencial Vertical Urban Flats”, pasando de una estructura de concreto armado a una estructura mixta de acero, concreto y cerramientos livianos, mediante el estudio de este sistema constructivo específico e implementando mejoras en los criterios de sostenibilidad, evaluando las posibilidades de mejora del proyecto a través del Modelo Multicriterio, para establecer datos comparativos que tengan aplicación en proyectos de diseño y construcción.

3.2) OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.2.1) OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Analizar la edificación “Condominio Residencial Vertical Urban Flats” mediante la revisión de planos disponibles, la información del entorno y los aspectos que afectan al edificio y su funcionamiento, para establecer los aspectos de mejora físico-ambiental, sociocultural y económico financiero.

3.2.2) OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Investigar detalladamente el sistema constructivo estructura metálica prefabricada tipo “mecano” por componentes y pernos, paredes y cerramientos en panel de microconcreto para determinar y aplicar los cambios al proyecto “Condominio Residencial Vertical Urban Flats”.

3.2.3) OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Elaborar una propuesta de intervención siguiendo los parámetros de diseño estructural del sistema constructivo nuevo y que contenga los criterios de sostenibilidad físico-ambiental, sociocultural y económico financiero, para establecer propuesta que pueda ser evaluada y comparada con la edificación original actual.

3.2.4) OBJETIVO ESPECÍFICO 4

Evaluar tanto la nueva propuesta como la edificación original mediante el análisis de la huella de carbono, la energía embebida de los materiales, el Modelo Multicriterio y los parámetros comparativos entre los sistemas constructivos de las edificaciones, para comparar mediante gráficos y datos finales las posibilidades de éxito de los proyectos.

CAPÍTULO 4 - ALCANCE

El presente Trabajo Final de Investigación Aplicada (TFIA) busca extender el alcance del Taller de diseño Edificaciones y sus Materiales de la Maestría Profesional en Arquitectura y Construcción de la Universidad de Costa Rica-

Partiendo de la información con la que se cuenta del edificio seleccionado, se propone el cambio de sistema constructivo pasando de un sistema de concreto armado conformado por columnas, vigas y muros de carga, a un sistema de estructura metálica prefabricada tipo “mecano” por componentes y pernos, paredes y cerramientos en panel de microconcreto, para luego evaluar tanto la edificación inicial como la propuesta final y establecer una serie de comparaciones que definan las probabilidades de éxito de ambas propuestas.

El propósito de esta investigación radica en analizar de manera integral el sistema tipo mecano para comprender su aplicabilidad en el edificio seleccionado, garantizando una buena interacción con el contexto y confort para los usuarios, a través de la aplicación de criterios de sostenibilidad. Entre los alcances se encuentran:

- El estudio a profundidad del sistema tipo mecano por componentes y pernos, desde las clasificaciones de uniones y conexiones apernadas en estructuras de acero, comportamiento de las conexiones apernadas, tipos de tornillos, la aplicabilidad del Código Sísmico de Costa Rica, seguridad y salud ocupacional para el montaje de estructuras metálicas, entre otros aspectos que se consideren relevantes.
- Aplicar un cambio de sistema estructural y de cerramientos, además de mejoras basadas en criterios de sostenibilidad y cumplimiento con normativas de seguridad y confort para los usuarios, que se sustenten en análisis de vientos, la incidencia solar en fachadas, análisis de procedencias de ruidos tanto en interiores como exteriores y la selección de materiales que aporte el mayor beneficio funcional y económico para el proyecto.
- Evaluar ambas edificaciones mediante la matriz multicriterio y aspectos como el aislamiento termoacústico, la vida útil de los edificios, la huella de carbono, y mediante un análisis de costos de mantenimiento basado en un plan de mantenimiento diseñado para el edificio seleccionado.

CAPÍTULO 5 - LIMITACIONES

Las limitaciones de este trabajo se clasifican en tres tipos:

5.1) LIMITACIONES POR INFORMACIÓN

- Únicamente se cuenta con planos arquitectónicos del “Condominio Residencial Vertical Urban Flats”. Sin embargo, estos fueron de utilidad para elaborar un modelo 3D del módulo “A”, al cual se le hizo el cambio de sistema constructivo y de cerramientos.
- Durante la investigación, el nivel de detalle estructural que se analizó de la edificación actual (sistema de muros, columnas y vigas de concreto armado), fue solamente a nivel volumétrico ya que no se contaba con planos y detalles constructivos. Y para la propuesta

de cambio de sistema se realizó un predimensionado en columnas y vigas del sistema tipo “mecano” por componentes y pernos.

5.2) LIMITACIONES EN LOS RESULTADOS

- Debido a las limitaciones en la información, algunas de las evaluaciones se hicieron sobre modelos y detalles a nivel de predimensionamiento y no con detalles profundos.
- No se incluyen detalles estructurales específicos para cada unión ubicada en el diseño propuesto con el nuevo sistema constructivo, sin embargo, se propone una serie uniones junto con el predimensionamiento de las piezas estructurales (columnas, vigas y riostras)
- La nueva propuesta para el diseño estructural no incluye planos, especificaciones técnicas, presupuesto, programación ni control de obra.

5.3) LIMITACIONES EN LA APLICABILIDAD

- Algunas evaluaciones se realizaron para fines académicos en el entendido que estas se deben realizar con detalles de información mayor, para lo que son necesarios estudios y análisis en sitio, y con datos basados en memorias de cálculo para el respectivo proyecto.
- Cuando se realizó el análisis para el cambio de sistema estructural, se decidió que se debía conservar parte de la estructura de muros de concreto armado, esto debido a las condiciones del sitio y a la mejor funcionalidad estructural de este material.

CAPÍTULO 6 - METODOLOGÍA

La metodología será llevada a cabo a partir de tres fases:

6.1) FASE DE FORMULACIÓN

Se realizó un análisis general del proyecto “Condominio Residencial Vertical: Urban Flats”, teniendo en cuenta aspectos como la concepción, configuración y características del diseño, la ubicación y un análisis climático para evaluar posteriormente con la herramienta del Modelo Multicriterio, en esta fase también se realizarán estudios generales como lo son el estudio de mercado-rentabilidad del proyecto, análisis de precios, además de un estudio de factibilidad y de Constructividad del proyecto.

6.2) FASE DE CONFIGURACIÓN

En esta fase se buscó realizar un análisis para el diseño de componentes y pernos partiendo de la clasificación de uniones y conexiones apernadas en estructuras de acero, el comportamiento de las conexiones, los tipos de tornillos, los diferentes tipos de conexiones para este proyecto en específico y el tipo de arriostramiento necesario, además del cumplimiento de los requisitos del Código Sísmico de Costa Rica y los requisitos de cumplimiento de seguridad y salud ocupacional para el montaje de estructura metálicas.

6.3) FASE DE VALIDACIÓN

En la primera parte de la última fase se llevó a cabo la aplicación del sistema asignado, estableciendo los materiales a utilizar en los cerramientos, la estructura de concreto armado que se va a conservar, el predimensionamiento estructuras por gráficos y el diseño del arriostramiento, el tipo de entrepiso y techo, además de incluir la aplicación de un diseño de cerramientos aislantes basado en un análisis termoacústico calculado para ambas propuestas de edificaciones.

En la segunda parte de la fase final, se realizó una evaluación de los cambios realizados bajo criterios de sostenibilidad, entre estas evaluaciones se incluyeron los cálculos de huella de carbono, la vida útil de las edificaciones y un análisis de valoración financiera por costos de mantenimiento, para por último, evaluar las probabilidades de éxito de ambas edificaciones mediante el Modelo Multicriterio.

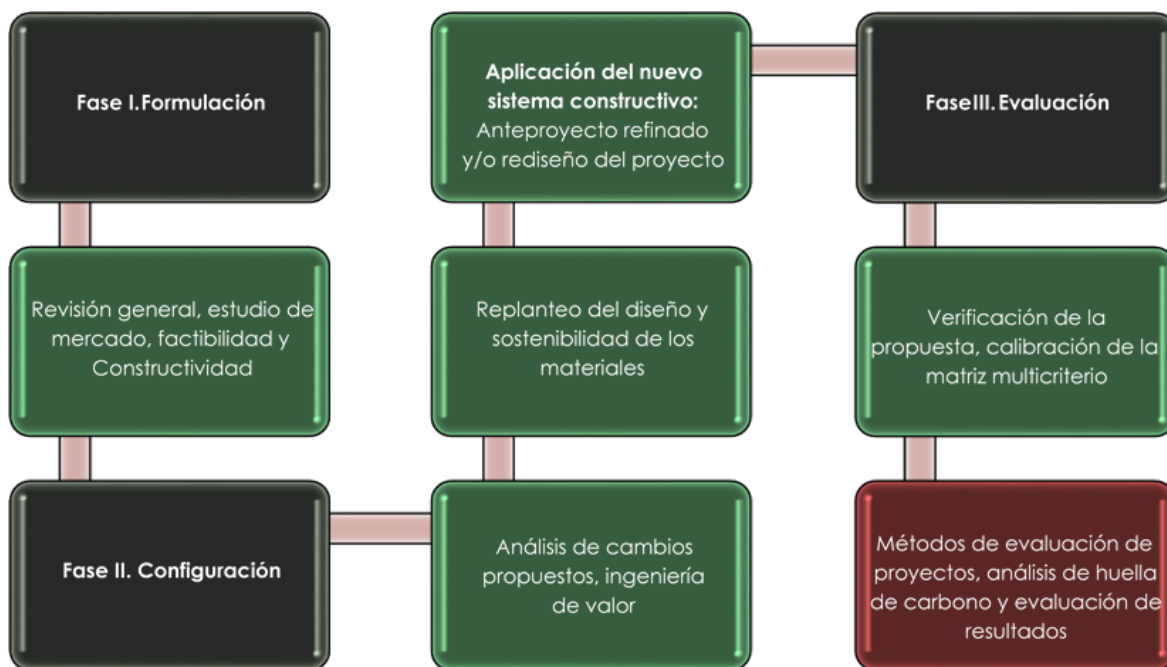


Ilustración 1. Metodología para la investigación. Elaboración propia

FASE 1: FORMULACIÓN

La fase 1 de la investigación del proyecto de Condominio Residencial Vertical "Urban Flats" en Santa Ana, Costa Rica, se enfocará en analizar el confort climático de los apartamentos. El proyecto está compuesto por dos torres con 117 apartamentos de 1 y 2 habitaciones, que van desde los 68m² hasta los 136m², y cuenta con energía generada por paneles solares para alimentar las áreas comunes. La temporada de lluvia en Santa Ana es bochornosa y nublada, mientras que la temporada seca es parcialmente nublada y caliente durante todo el año. El clima cálido y húmedo puede ser controlado con una buena ventilación tanto natural como artificial. Durante esta fase, se analizará el módulo de apartamentos A y se investigarán los hallazgos con respecto a la temperatura, las nubes, la humedad y las precipitaciones. Además, se evaluará la geometría del edificio y la orientación para mantener temperaturas confortables sin incidencia solar directa y un nivel de confort estable.

Además, en la presente investigación se analiza un proyecto arquitectónico que ha sido cuidadosamente planificado para aprovechar los recursos bioclimáticos de la zona, reduciendo al mínimo el impacto negativo. Una buena ventilación natural, la orientación y sombreado adecuados, porches y patios con mosquiteros, y el uso de voladizos y parasoles, pueden reducir o eliminar la necesidad de aire acondicionado en climas cálidos. Además, la selección cuidadosa de materiales, incluyendo un 25% de metales con menor factor de energía embebida, ayuda a minimizar la huella de carbono del proyecto y mejorar su sostenibilidad a largo plazo.

Sin embargo, el proceso de construcción también puede tener impactos negativos en el entorno social, incluyendo contaminación del suelo y del aire, contaminación visual y acústica, y una mayor duración de la construcción. Estos impactos deben ser cuidadosamente considerados durante el desarrollo del proyecto. Además, el sistema constructivo de muros de carga, columnas y vigas de concreto armado es un sistema que conlleva mucho tiempo y pesa más que otros sistemas constructivos. A pesar de estos desafíos, el proyecto es un ejemplo de cómo la arquitectura puede ser una herramienta para crear un espacio habitable y atractivo, que se integre armoniosamente en el entorno urbano y ofrezca espacios para actividades sociales, culturales y de ocio.

CAPÍTULO 7 - INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

7.1) FICHA TÉCNICA DEL PROYECTO

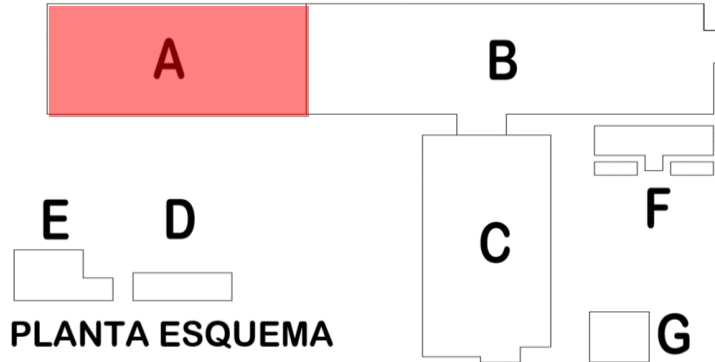


Ilustración 2. Render exterior. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats

Nombre del proyecto	Condominio Residencial Vertical: Urban Flats
Localización	
País	Costa rica
Ciudad	Distrito Pozos de Santa Ana
Dirección / ubicación	310, San José, pozos
Información general	
Descripción del proyecto (descripción comercial del proyecto)	Urban Flats, un proyecto conformado por dos torres de tres niveles, con apartamentos de 1 y 2 habitaciones que van desde los 57 m ² a los 136 m ² . Diseñado pensando en quienes requieren de un estilo de vida práctico, moderno y confortable. Aquí usted disfrutará en cualquier momento del día de: piscina hidromasaje, área de yoga, huerta, salón multiuso, piscina recreativa, jacuzzi, conectores de autos eléctricos, plazoleta, gimnasio, casa club, terraza, bbq, parque de mascotas y sistema de reciclaje. Un proyecto comprometido con la naturaleza y el ahorro energético.
Programa / tipo de proyecto	Residencial
Empresa consultora	KIREBE
Cliente	Condominio Urban Flats Tower s.a.

Información del edificio	
Año del proyecto	2017
Huella	106,000 m ² apróx. - (área total del terreno)
Edificio con el que se trabajará durante el curso	El proyecto cuenta con 3 edificaciones principales, pero durante el curso se trabajará con la edificación “a”

Tabla 1. Información resumen del Proyecto Condominio Residencial Urban Flats. Fuente: Elaboración propia



Área construida	5,487.16 m2 apróx. (Edificación A)
Huella total del edificio	1,311.75 m2 apróx. (Edificación A)
Altura del edificio	20.25 m apróx.
Cantidad de niveles	3 niveles de apartamentos y 2 niveles de sótano

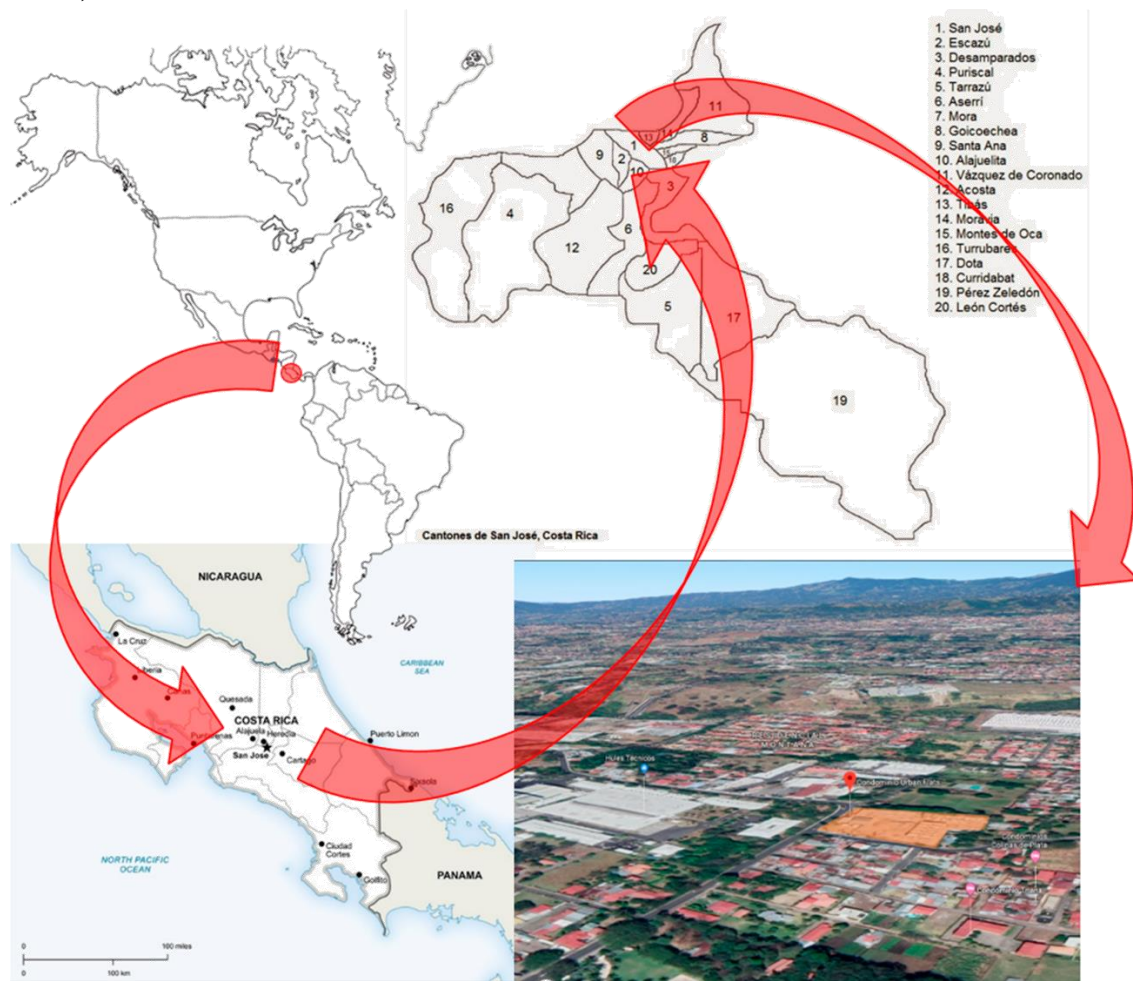
Coste total de la Edificación A \$ 3,127,692.60

Información disponible Se cuenta con los planos arquitectónicos y de acabados en versión pdf (51 láminas); no se cuenta con los planos estructurales o de sistemas

Servicios de interés Supermercados (Vindi, Auto Mercado, Fresh Market)
 Restaurantes
 Gimnasios
 Zonas Francas (forumII)
 Centros educativos (Públicos & Privados): St Jude School, Tree of Life International School, Pan-American School
 Centros comerciales (Vía Lindora & Terrazas Lindora)

Ilustración 3. Esquemas y renders interiores. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats

7.2) UBICACIÓN



Mapa 1. Ubicación del Proyecto Residencial Urban Flats. Fuente: Elaboración propia

País: Costa Rica. **Provincia:** San José. **Cantón:** Santa Ana. **Distrito:** Pozos. 310.

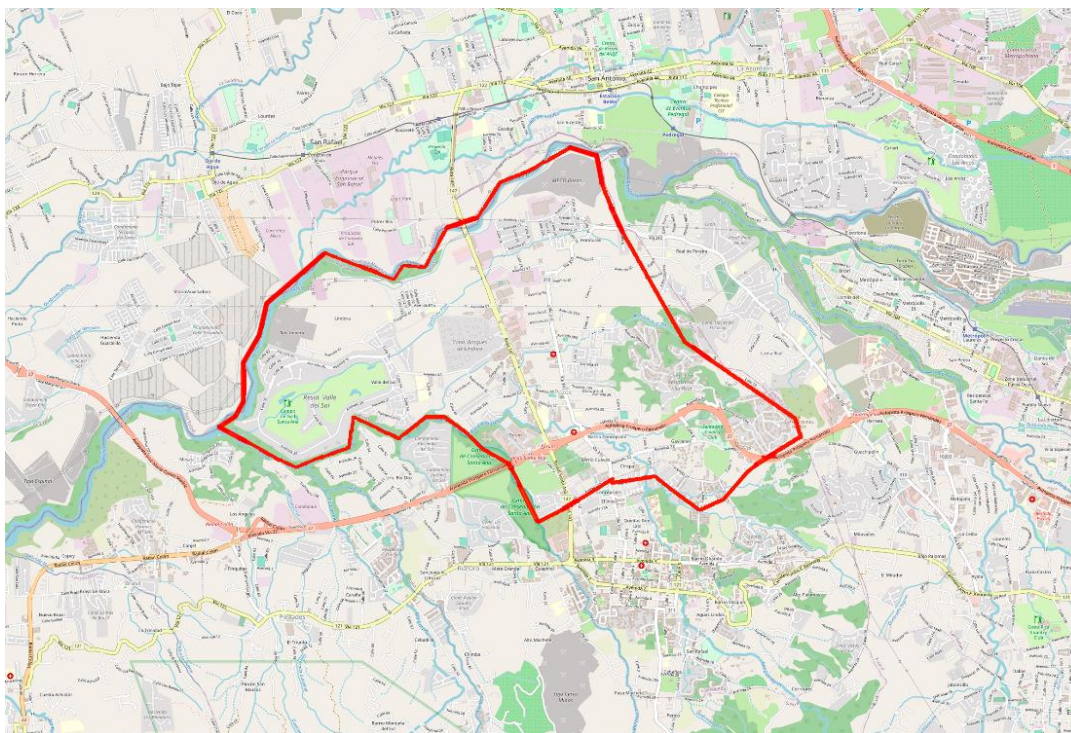


7.2.1) SOBRE EL DISTRITO

Pozos es una ciudad y el distrito número tres del cantón de Santa Ana, de la provincia de San José, en Costa Rica, fundado en el año de 1907. Se ubica en el norte del cantón y cuenta con una extensión territorial de 13,40 km². El distrito limita al norte con los cantones de Belén y Alajuela, al este con el cantón de Escazú, al oeste con el distrito de Brasil, y al sur limita con los distritos de Santa Ana y Uruca.

El distrito se caracteriza por su gran auge comercial, educativo y urbanístico desde inicios del nuevo siglo. El distrito es conocido como "Lindora", esto debido a que la principal avenida del distrito recibe este nombre. El distrito es sede de la Bolsa de Valores de Costa Rica.

Santa Ana es un imán para la atracción de desarrollo de centros corporativos, turismo de negocios y proyectos inmobiliarios de lujo. La cercanía a San José, al aeropuerto Juan Santamaría y la apertura de la carretera a Caldera explican el auge del cantón. Centros comerciales, oficinas y hoteles apuestan al potencial de desarrollo futuro de la región que es liderado por Santa Ana. La localidad está entre los cantones líderes del Valle Central en donde más nuevos proyectos se han construido. (“Santa Ana, imán de desarrollo”) En los últimos cuatro años se han edificado más de 1,4 millones de metros cuadrados. La creación de los parques empresariales Forum 1, Forum 2, Parque Comercial Lindora y también la cercanía de Multiplaza Escazú fue el gancho de atracción de inversión. Empresas multinacionales como Walmart, Western Union o Procter & Gamble decidieron establecerse en la zona y detrás llegaron más compañías y nuevos proyectos comerciales. En el Oeste concentra casi el 50% de las oficinas corporativas del Área Metropolitana. (“Santa Ana - Condominios Costa Rica”) Estas se caracterizan por tener las condiciones de seguridad, tecnología y comodidad.



Mapa 2. Distrito Pozos de Santa Ana. Fuente: Google Maps

7.3) CONCEPCIÓN DEL DISEÑO

Con el fin de asegurar que los residentes de Urban Flats disfruten de un estilo de vida sostenible y saludable, se han incorporado numerosas amenidades y características ecológicas en el diseño del condominio.

Además de la energía generada por paneles solares que alimentan todas las áreas comunes del condominio y los sótanos, también se han instalado cargadores para vehículos eléctricos en el estacionamiento. De esta manera, los residentes pueden cargar sus vehículos eléctricos sin tener que preocuparse por la factura de la electricidad.

Una de las características más destacadas de Urban Flats es la inclusión de huertas para que los residentes puedan cultivar sus propios alimentos orgánicos y frescos. Esto no solo promueve un estilo de vida saludable, sino que también ayuda a reducir la huella de carbono al reducir la necesidad de transportar alimentos desde fuera del condominio.

También se han incluido áreas de yoga y relajación para que los residentes puedan mantener un estilo de vida activo y saludable. Estas áreas están diseñadas para fomentar la meditación y la relajación, lo que ayuda a reducir el estrés y promueve la salud mental y física.

El proyecto también cuenta con un sistema de reutilización de aguas para el riego de las zonas verdes, lo que ayuda a reducir el consumo de agua potable. Además, hay un sistema de reciclaje interno en el condominio para que los residentes puedan reciclar fácilmente y reducir el impacto ambiental.



Ilustración 4. Fotografías del apartamento modelo. Fuente: www.urbanflats-cr.com

Urban Flats también cuenta con amenidades habituales, como una piscina semiolímpica, piscina de hidromasaje, gimnasio equipado y áreas verdes. Estas amenidades están diseñadas para promover un estilo de vida activo y saludable entre los residentes.

Finalmente, el condominio cuenta con una certificación de carbono neutral, lo que significa que se han tomado medidas para reducir al mínimo la huella de carbono del proyecto. Esto demuestra el

compromiso de Urban Flats con el medio ambiente y la sostenibilidad, y ayuda a asegurar que los residentes disfruten de un estilo de vida sostenible y responsable.



Ilustración 5. Fotografías del apartamento modelo. Fuente: www.urbanflats-cr.com

7.4) CONFIGURACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO



Ilustración 6. Render exterior. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats

El proyecto Condominio residencial Vertical “Urban Flats” fue construido por la empresa KIREBE, una desarrolladora inmobiliaria de capital costarricense que cuenta con 25 años en el mercado.

El complejo de apartamentos está conformado por dos torres que se dividen en tres módulos, con 117 apartamentos de 1 y 2 habitaciones, que van desde los 68m² hasta los 136m² y están disponibles en varios modelos, con precios que inician a partir de los \$120.000.

El proyecto cuenta con las siguientes edificaciones:

NOMENCLATURA DE EDIFICACIONES

Nomenclatura	Descripción
EDIFICIO APARTAMENTOS	
A	Módulo A: Estacionamientos Sótano 1 y 2, Apartamentos
B	Módulo B: Estacionamientos Sótano 2, casa club, gimnasio y sala multiuso, apartamentos.
C	Módulo C: Estacionamientos Sótano2, apartamentos
EDIFICIOS COMPLEMENTARIOS	
D	Caseta de seguridad
E	Refugio, cuarto de mantenimiento y tanque de agua potable
F	Piscina, spa y cuarto de máquinas
G	Basurero
H	Planta de tratamiento

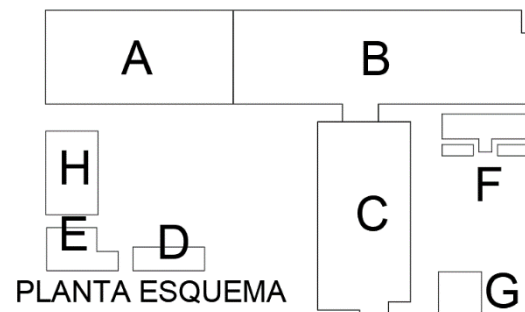


Ilustración 7. Esquema de ubicación de los módulos. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats

7.4.1) PLANTA DE CONJUNTO

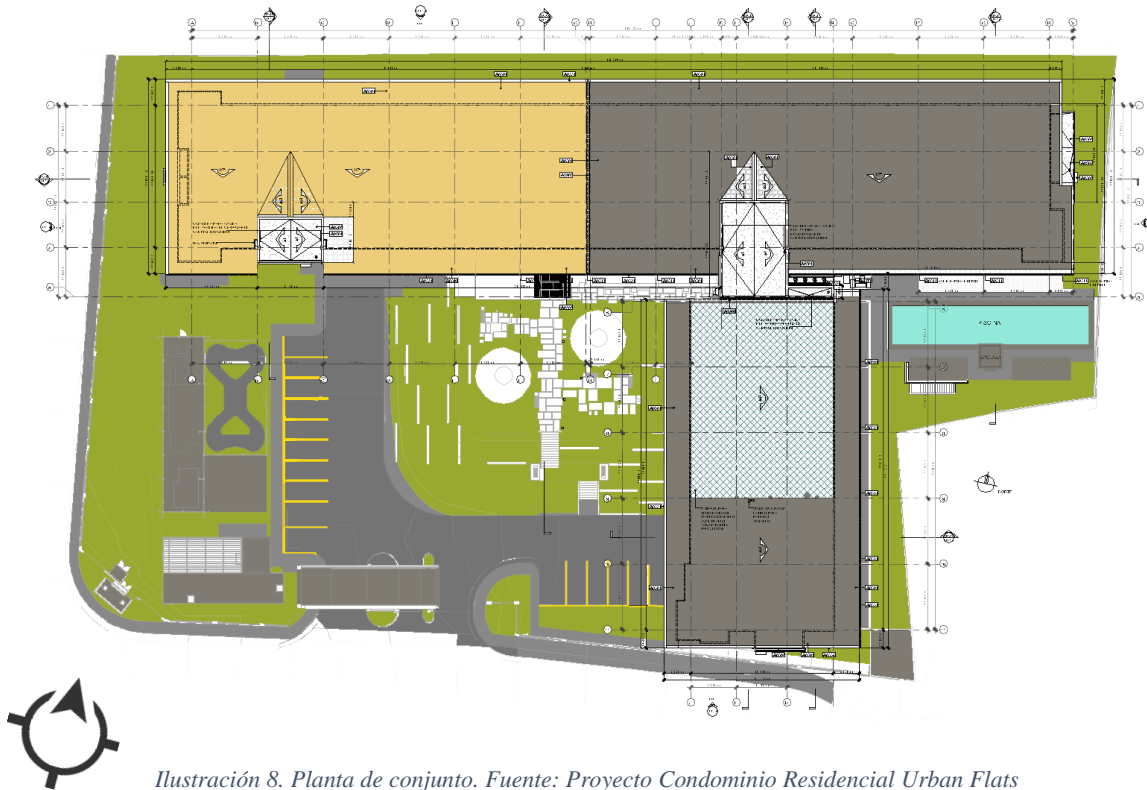


Ilustración 8. Planta de conjunto. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats

Durante el desarrollo del curso se analizará el módulo de apartamentos A, este posee 5 niveles en total y tres tipos de apartamentos diferentes.

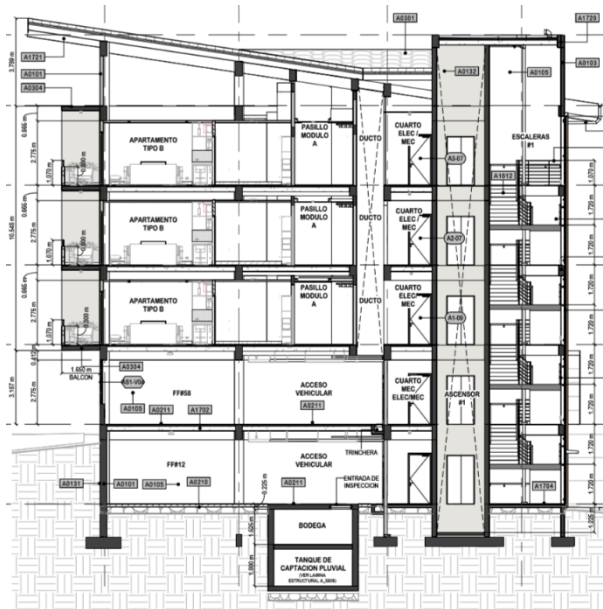
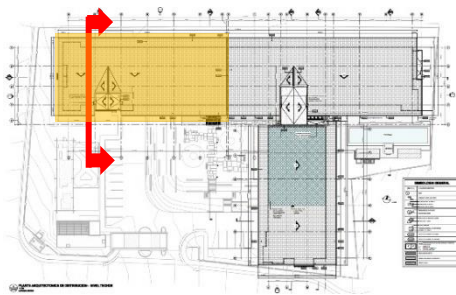


Ilustración 9. Sección transversal. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats

El sistema constructivo del edificio es el de **Marcos estructurales de concreto armado** y una estructura de vigas de acero para el techo. Para los cerramientos exteriores se utiliza mampostería de bloques de concreto y para los cerramientos interiores se combina la mampostería de bloques de concreto y cerramientos livianos de Gypsum.

7.4.2) CUBIERTA DE TECHOS

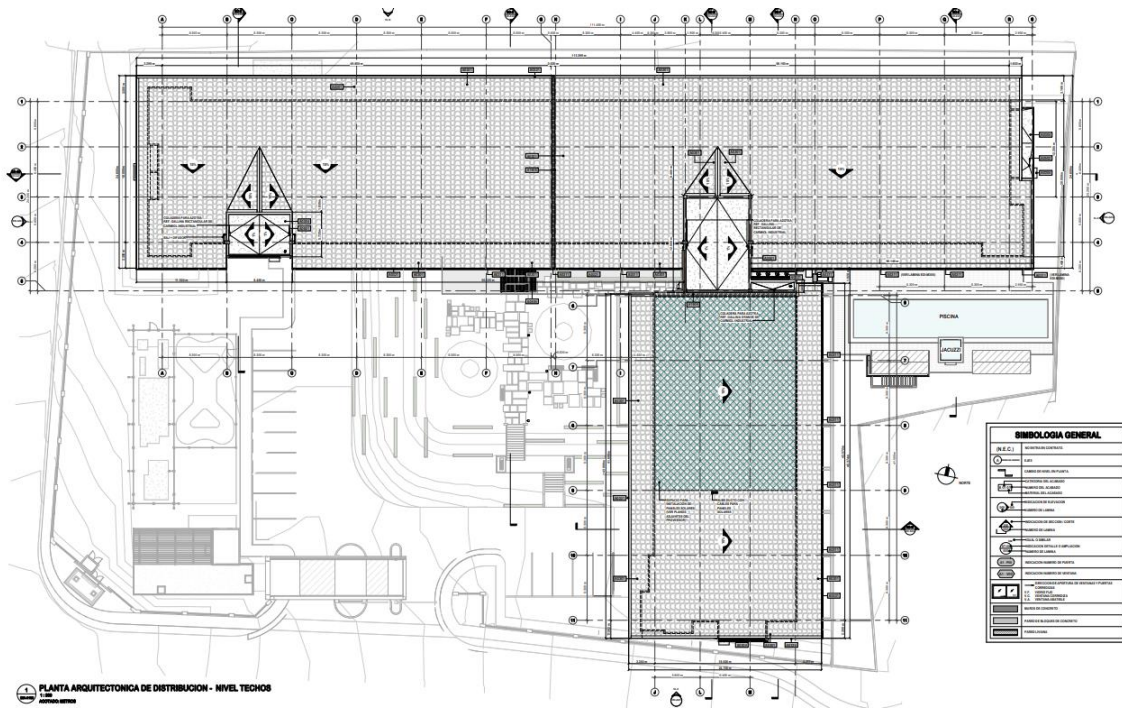


Ilustración 10. Planta arquitectónica de distribución de techos. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats

La cubierta de techo está diseñada con materiales cuidadosamente seleccionados para garantizar la durabilidad y el rendimiento óptimo. La estructura de acero proporciona una base resistente para la colocación de la teja de barro tipo nicaragüense. El aislante térmico prodex se utiliza para reducir la transferencia de calor y frío, manteniendo el interior del edificio más fresco en verano y más cálido en invierno.

La lámina metálica se utiliza como base para el emplatillado en furring channel, asegurando una superficie uniforme para la colocación de las tejas. Las tejas de barro tipo nicaragüense, junto con el botaguas y la cumbrea del mismo tipo, agregan un toque estético rústico y auténtico a la cubierta.

Se utiliza hojalatería para las cumbreras, y están diseñadas en HG#24 de 12" de desarrollo para proporcionar una mayor resistencia y durabilidad. Los botaguas también están diseñados en HG#24 de 20" de desarrollo para garantizar la protección adecuada contra el agua y otros elementos.

Para proteger contra la corrosión, se aplica un acabado en dos manos de pintura anticorrosiva. En resumen, la cubierta de techo con tejas de barro tipo nicaragüense, estructuras de acero, aislante térmico PRODEX, lámina metálica, furring channel, hojalatería, botaguas y cumbrea en el mismo tipo, es una opción duradera y estética para cualquier proyecto de construcción.

7.4.3) ACABADOS EN FACHADAS



Ilustración 11. Elevación principal y posterior. Fuente: Proyecto Condominio Residencial Urban Flats

La fachada del edificio está diseñada con una combinación de acabados para crear un efecto atractivo y armonioso. El repello fino con un espesor máximo de 15mm es el acabado principal en las paredes exteriores, con una pasta especial para exteriores, capa de sellador y una capa de pintura en tono claro, medio u oscuro según la arquitectura.

Además, el enchape de madera de 200x600mm se utiliza como acento para agregar textura y profundidad a la fachada. La madera es un material cálido y natural que proporciona un contraste interesante con el repello fino y la pintura. La ventana y ventanería son elementos esenciales de la fachada, con perfilería de Extralum modelo Europa, acabado y color natural, configuración del vidrio con laminado natural de vidrio de 5mm y filmina de seguridad (PVB0.38) y vidrio de 5mm, con un espesor final del vidrio de 10mm.

La ventana tipo Louver con lama perfil Z, paso de 11 y material de aluminio proporciona una estética interesante y una solución de ventilación adecuada para el edificio. En general, la fachada combina materiales de alta calidad con una paleta de colores bien equilibrada para lograr un diseño moderno y atractivo.

7.4.4) ESTUDIO DE ÁREAS - EDIFICACIÓN A

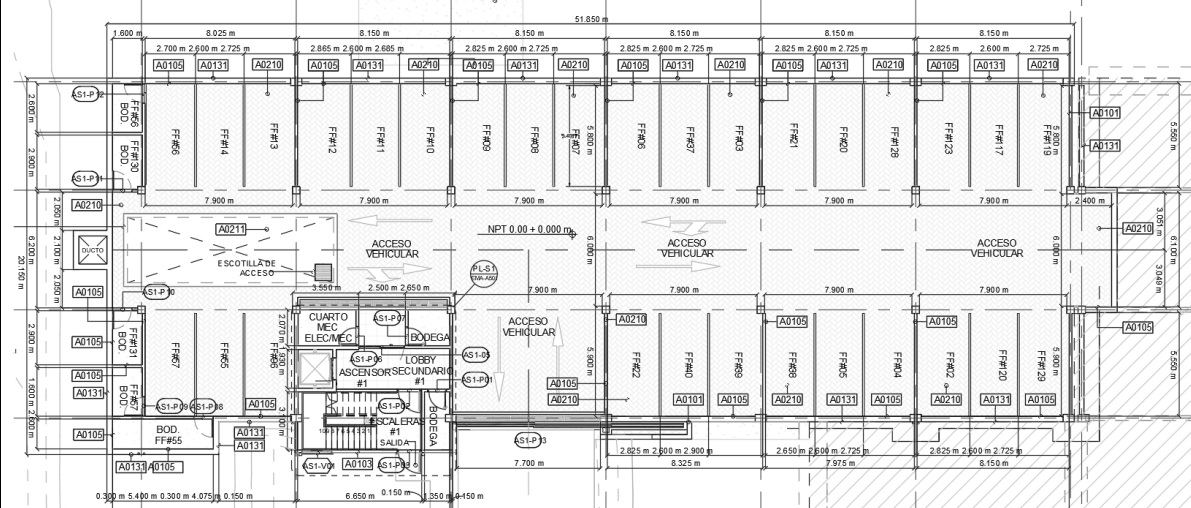
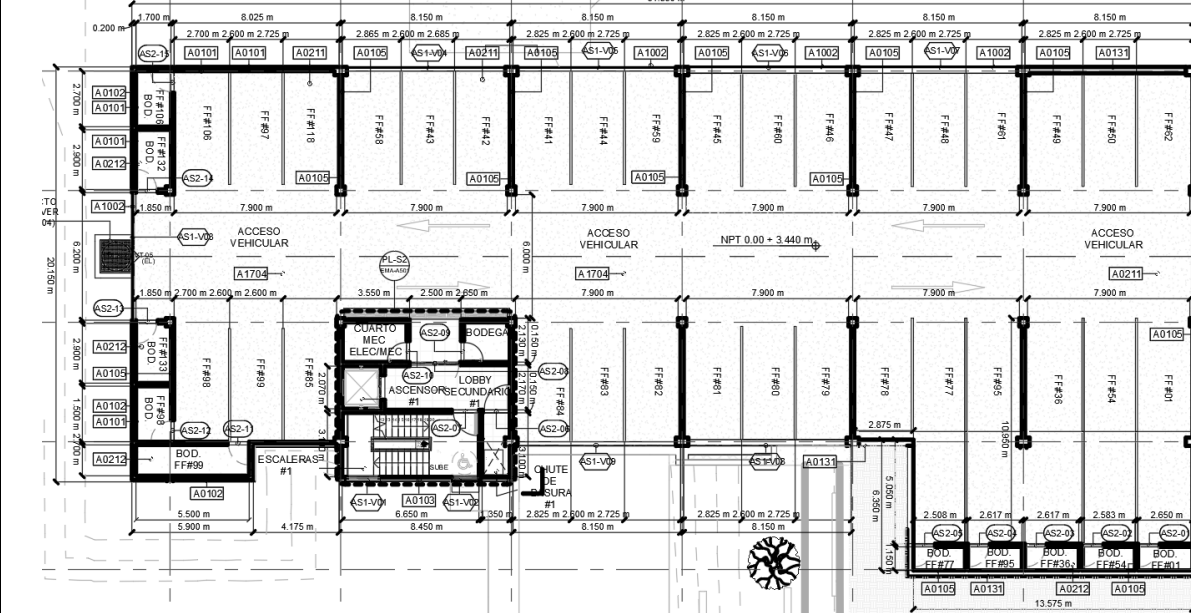
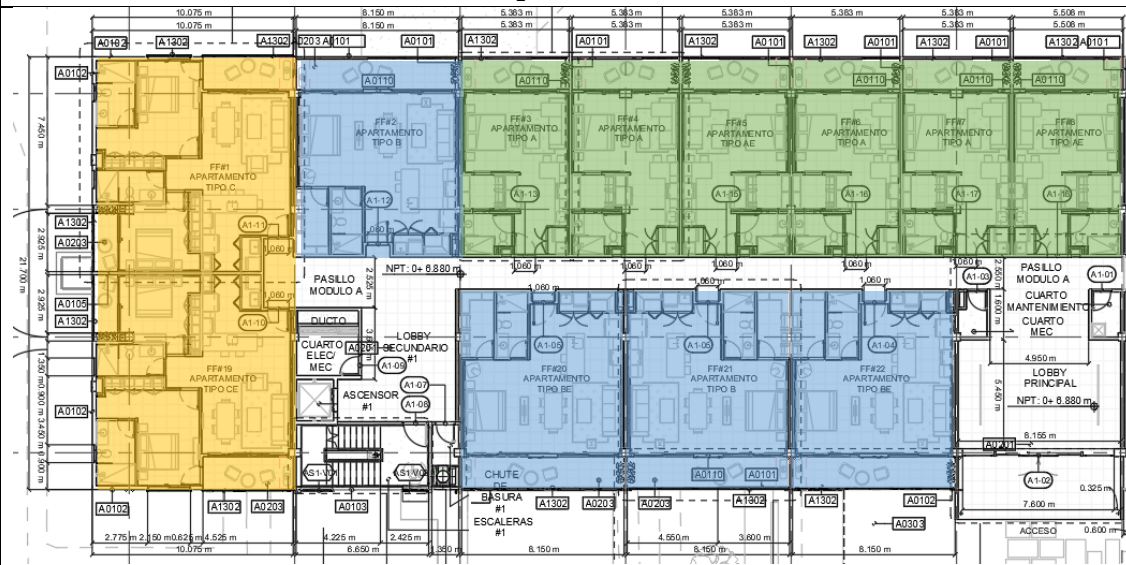
Módulo A: Estacionamientos Sótano 1 y 2, Apartamentos		
Sótano Nivel 1		
		
SIN ESCALA		
Área construida	Plazas vehiculares	Áreas complementarias
997.20 m ²	30	<ul style="list-style-type: none"> - Circulaciones verticales: escaleras y ascensor - Lobby secundario - Bodega
Sótano Nivel 2		
		
SIN ESCALA		
Área construida	Plazas vehiculares	Áreas complementarias
1,069.37 m ²	38	<ul style="list-style-type: none"> - Circulaciones verticales: escaleras y ascensor - Lobby secundario - Bodega

Tabla 2. Estudio de áreas - Edificación A. Módulo A, Estacionamientos, Sótano 1 y 2, Apartamentos. Fuente: Fuente: Elaboración propia

Módulo A: Estacionamientos Sótano 1 y 2, Apartamentos

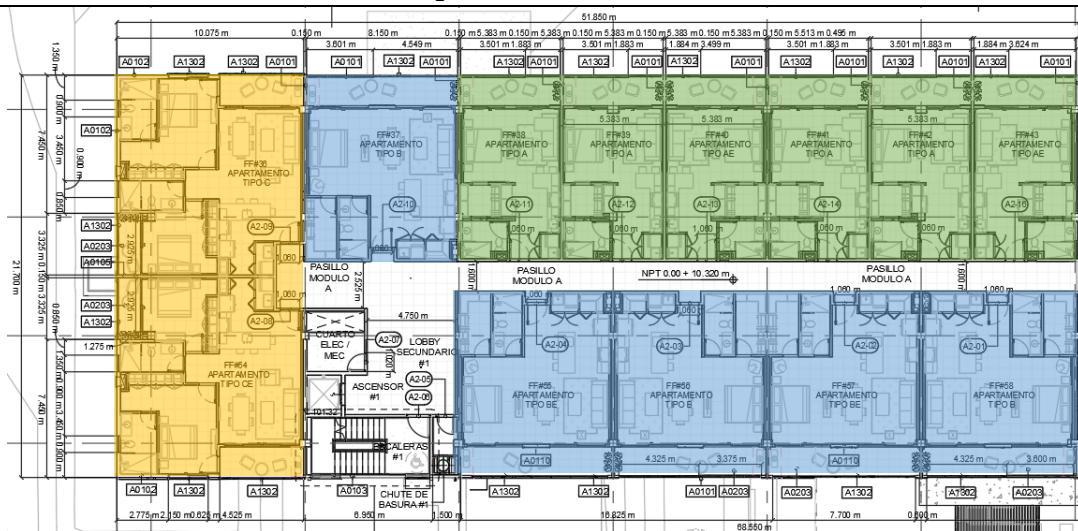
Apartamentos Nivel 1



SIN ESCALA

Área construida	Tipos de apartamentos			Áreas complementarias
1,140.20 m ²	Tipo A	Tipo B	Tipo C	- Circulaciones verticales: escaleras y ascensor - Lobby principal y secundario - Bodega y mantenimiento
	6	4	2	

Apartamentos Nivel 2



SIN ESCALA

Área construida	Plazas vehiculares			Áreas complementarias
1,140.20 m ²	Tipo A	Tipo B	Tipo C	- Circulaciones verticales: escaleras y ascensor - Lobby secundario - Bodega y mantenimiento
	6	5	2	

Tabla 3. Estudio de áreas - Edificación A. Módulo A, Estacionamientos, Sótano 1 y 2, Apartamentos. Fuente: Fuente: Elaboración propia

Módulo A: Estacionamientos Sótano 1 y 2, Apartamentos

Apartamentos Nivel 3



Área construida	Tipos de apartamentos			Áreas complementarias
1,140.20 m ²	Tipo A	Tipo B	Tipo C	- Circulaciones verticales: escaleras y ascensor - Lobby secundario - Bodega y mantenimiento
	6	5	2	

Tabla 4. Estudio de áreas - Edificación A. Módulo A, Estacionamientos, Sótano 1 y 2, Apartamentos. Fuente: Elaboración propia

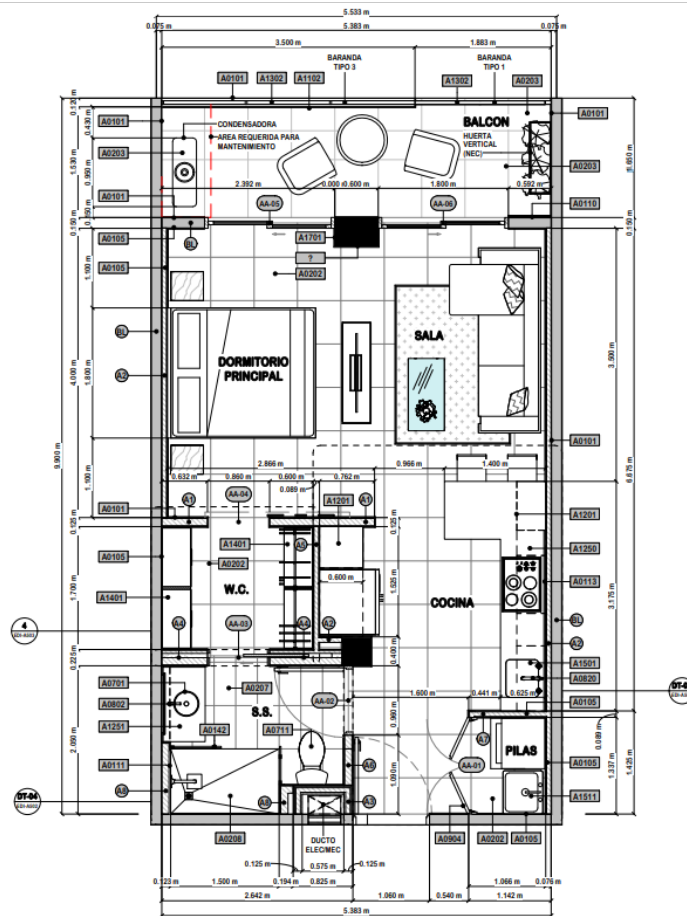
El Condominio Residencial Urban Flats cuenta con un núcleo de circulación vertical que abarca desde los primeros dos niveles de sótanos hasta el último nivel de apartamentos, equipado con escaleras y un ascensor. Además, en los dos primeros niveles de sótanos se encuentran bodegas para el almacenamiento de equipos y herramientas destinados al mantenimiento del edificio.

El primer nivel de apartamentos alberga el lobby de ingreso principal y 12 unidades habitacionales de tres tipos distintos. Por su parte, el segundo y tercer nivel de apartamentos incluyen 13 unidades habitacionales cada uno.

Los apartamentos tipo A, con un área de 58.20 metros cuadrados, están ubicados en la fachada norte del edificio, recibiendo la mayoría de los vientos predominantes desde el noroeste y la menor cantidad de incidencia solar directa.

7.4.5) ESTUDIO DE ÁREAS – TIPOS DE APARTAMENTOS, A, B Y C

Apartamento Tipo A



PL-01 APARTAMENTO TIPO A1 | PLANTA ARQUITECTONICA Y ACABADOS
1:50
ACOTADO: METROS

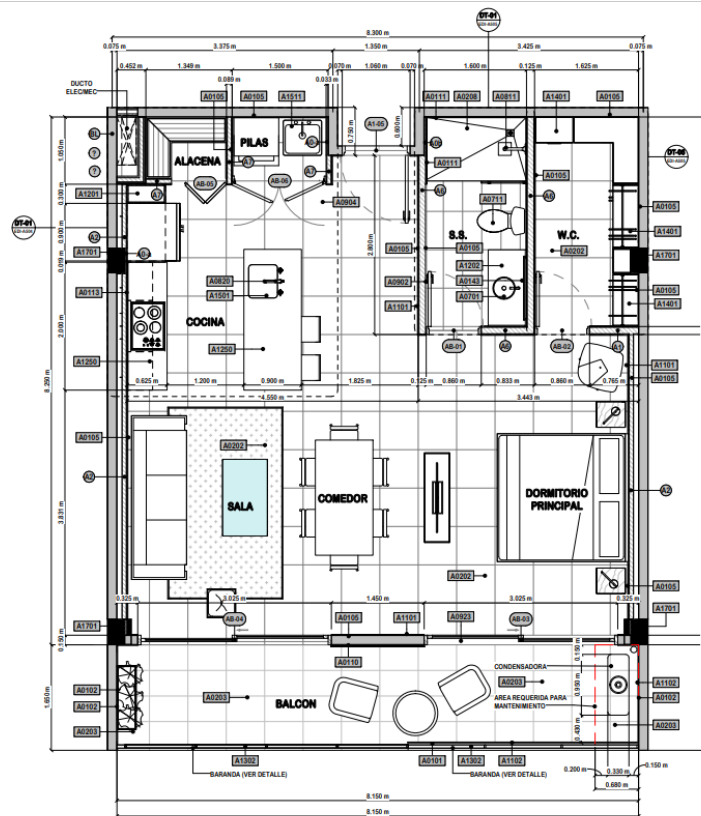
SIN ESCALA

Espacio	Área (m ²)	Materiales de acabados principales		
		Piso	Cielo	Paredes
Área de lavado	5.11	Porcelanato	Gypsum	Repello fino + pintura
Sala de estar	13.00			
Terraza	9.37			
Dormitorio	11.75			
Walking Closet	4.68			Cerámica
Cocina	8.16			
Baño	6.14			Porcelanato
Total	58.20			

Tabla 5. Estudio de áreas - Apartamento tipo A. Fuente: Elaboración propia

Los apartamentos tipo A, con un área de 58.20 metros cuadrados, están ubicados en la fachada norte del edificio, recibiendo la mayoría de los vientos predominantes desde el noroeste y la menor cantidad de incidencia solar directa.

Apartamento Tipo B



PL-01 APARTAMENTO TIPO B | PLANTA ARQUITECTONICA Y ACABADOS
1:80
ACOTADO: METROS

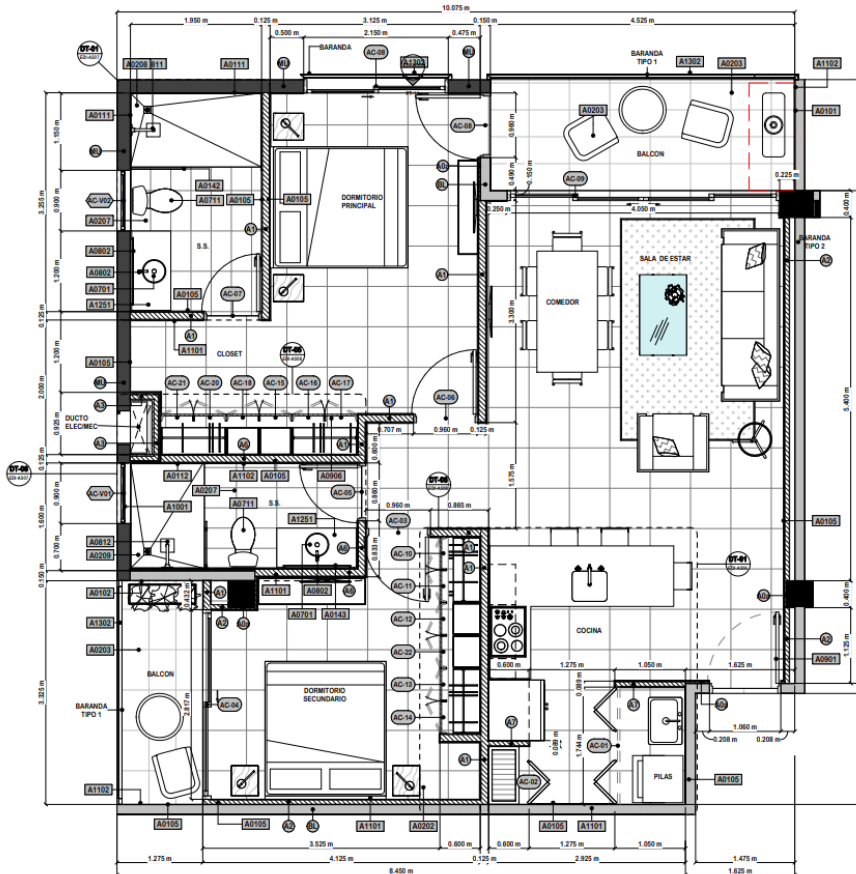
SIN ESCALA

Espacio	Área (m ²)	Materiales de acabados principales		
		Piso	Cielo	Paredes
Área de lavado	3.20	Porcelanato	Gypsum	Repello fino + pintura
Sala de estar + Comedor	18.61			
Terraza	13.95			
Dormitorio	17.42			
Walking Closet	6.29			
Pasillo	6.17			
Cocina	12.81			Cerámica
Baño	6.45	Porcelanato		
Total	84.90			

Tabla 6. Estudio de áreas - Apartamento tipo B. Fuente: Elaboración propia

Los apartamentos tipo B, de 84.90 metros cuadrados, se sitúan mayoritariamente en la fachada sur del edificio y se benefician de una ventilación natural basada en presiones negativas, dado que la mayoría de las presiones positivas del viento llegan a la fachada norte. A pesar de que estos apartamentos experimentarán una mayor incidencia solar directa, el ingreso de la luz solar al interior de las habitaciones podrá ser controlado y no durará más de dos o tres horas, en el momento en que el sol esté en su posición más favorable para el ingreso.

Apartamento Tipo C



PL-01 APARTAMENTO TIPO C | PLANTA ARQUITECTONICA Y ACABADOS
1:50
ACOTADO: METROS

SIN ESCALA

Espacio	Área (m ²)	Materiales de acabados principales		
		Piso	Cielo	Paredes
Sala de estar + Comedor	23.13	Porcelanato	Gypsum	Repello fino + pintura
Terrazas	4.51+8.90			
Dormitorio + Walking Closet (x2)	21.81+16.33			
Pasillo (pequeños vestíbulos)	2.82+4.35			
Cocina + Área de lavado	12.71			
Baño (x2)	6.72+8.14			Porcelanato
Total	109.48			

Tabla 7. Estudio de áreas - Apartamento tipo C. Fuente: Elaboración propia

Los apartamentos tipo C, con un área de 109.48 metros cuadrados, gozan de una ubicación altamente protegida y favorecida para la ventilación natural y la protección de la incidencia solar directa, encontrándose en la parte este del edificio. Debido a motivos estructurales, este sector del edificio mantendrá todos sus muros de concreto armado.

7.4.6) PLANTA ARQUITECTÓNICA DEL JARDÍN

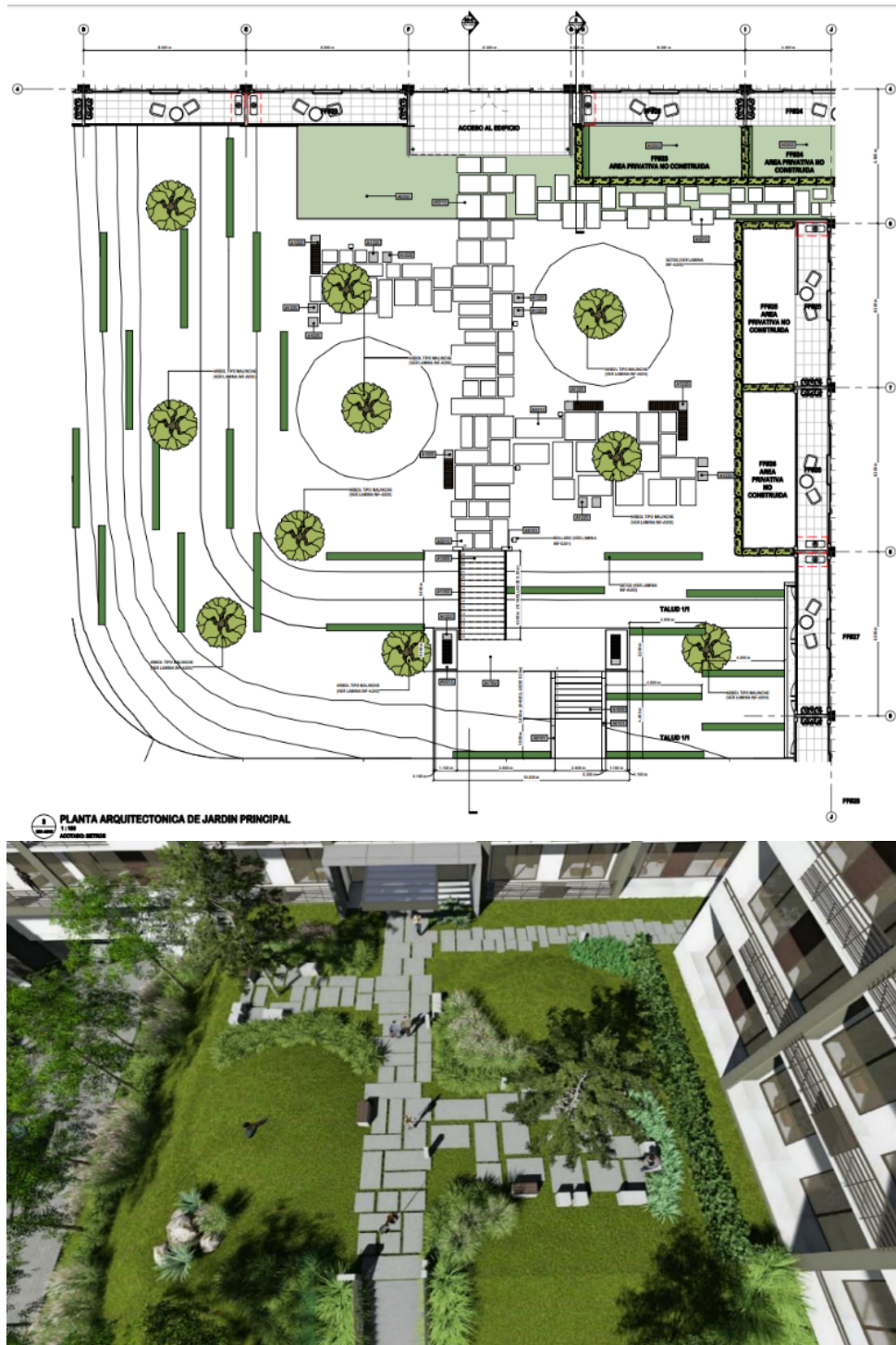


Ilustración 12. Planta arquitectónica y render de jardín principal. Fuente: Proyecto Residencial Condominio Urban Flats

7.4.6.1) PERSPECTIVA 1 DE JARDÍN



Ilustración 13. Render perspectiva de jardín 1. Fuente: Proyecto Residencial Urban Flats

7.4.6.2) PERSPECTIVA 2 DE JARDÍN



Ilustración 14. Render perspectiva de jardín 2. Fuente: Proyecto Residencial Urban Flats

7.5) ANÁLISIS CLIMÁTICO – SANTA ANA



Mapa 3. Esquemas de ubicación del terreno en el Distrito Pozos. Fuente: Elaboración propia basada en información de Google Maps

El análisis climático que se presenta es sobre el cantón de Santa Ana, al cual pertenece el distrito de Pozos. Este ha sido realizado combinando los datos obtenidos en la página web es.weatherspark.com y con el software Climate Consultant.

En Santa Ana, la temporada de lluvia es bochornosa y nublada, la temporada seca es parcialmente nublada y es caliente durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 18 °C a 29 °C y rara vez baja a menos de 17 °C o sube a más de 30 °C.

En base a la puntuación de turismo, la mejor época del año para visitar Santa Ana para actividades de tiempo caluroso es desde mediados de diciembre hasta mediados de marzo

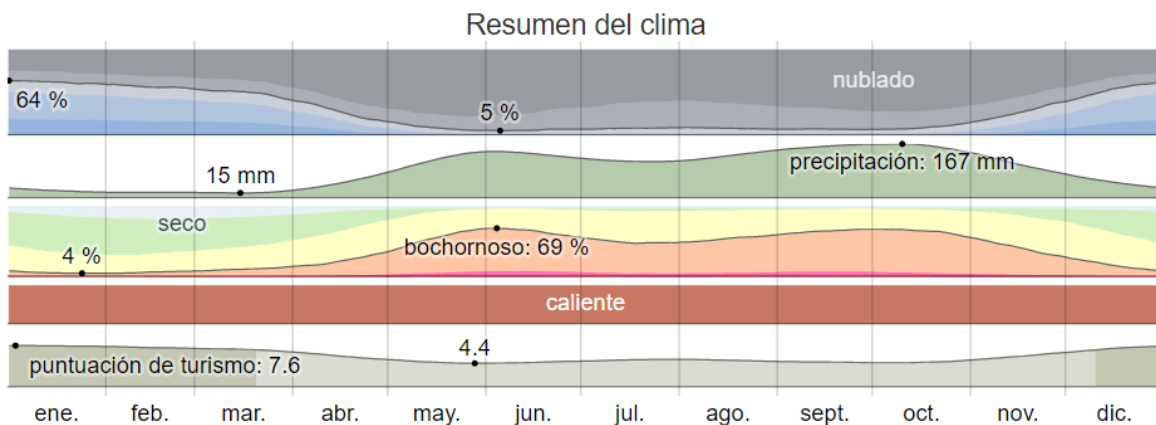


Gráfico 1. Resumen del clima en el cantón Santa Ana. Fuente: web es.weatherspark.com

7.5.1) TEMPERATURA

La temporada templada dura 1,8 meses, del 4 de marzo al 29 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 28 °C. El día más caluroso del año es el 2 de abril, con una temperatura máxima promedio de 29 °C y una temperatura mínima promedio de 19 °C.

La temporada fresca dura 2,9 meses, del 12 de septiembre al 9 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 26 °C. El día más frío del año es el 1 de octubre, con una temperatura mínima promedio de 18 °C y máxima promedio de 26 °C.

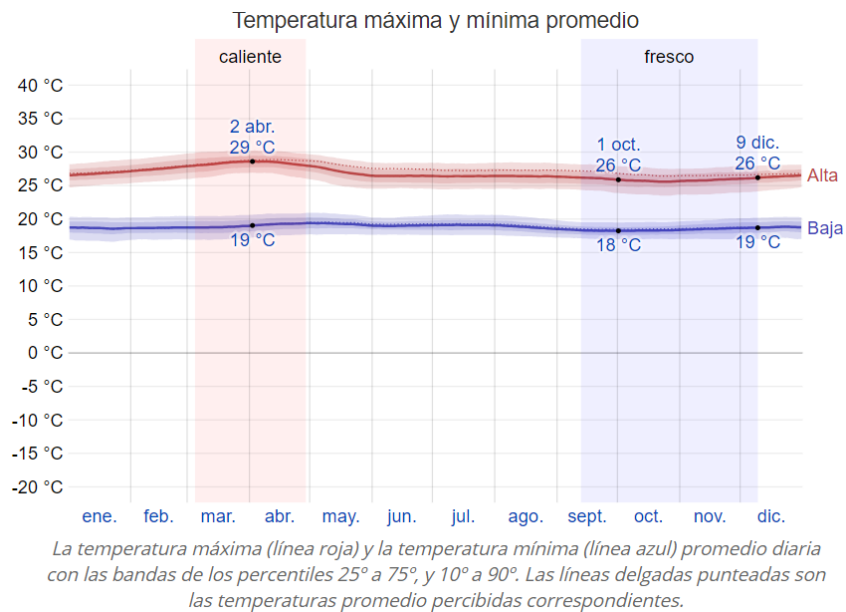


Gráfico 2. Temperaturas máximas y mínimas promedio en el cantón Santa Ana. Fuente: web.es.weatherspark.com

La figura siguiente muestra una ilustración compacta de las temperaturas promedio por hora de todo el año. El eje horizontal es el día del año, el eje vertical es la hora y el color es la temperatura promedio para ese día y a esa hora. (“DUA 4 by Lucero Lujan Honores - Issuu”)

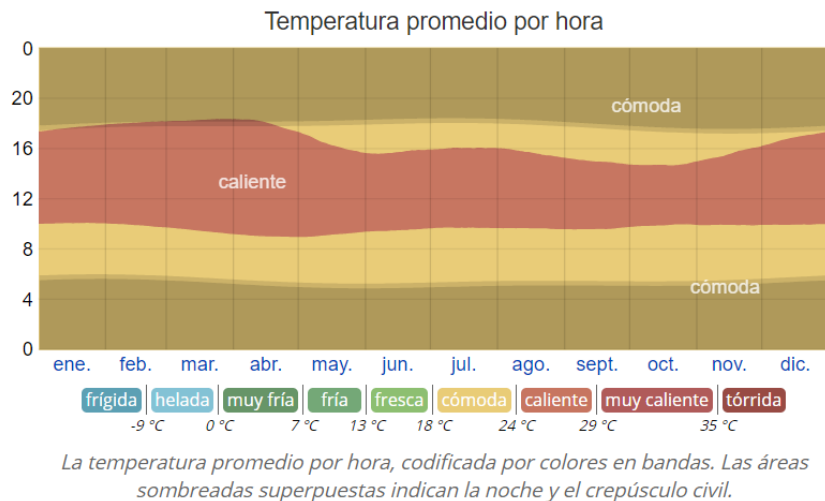


Gráfico 3. Temperatura promedio por hora en el cantón Santa Ana. Fuente: web.es.weatherspark.com

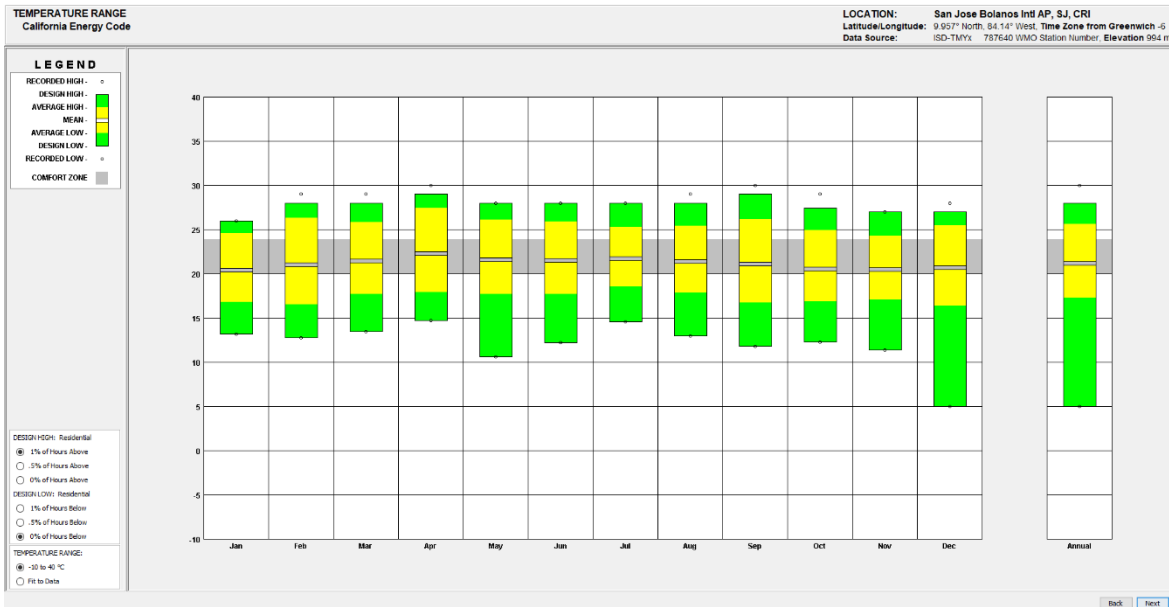


Gráfico 5. Rangos de variación de temperatura en el cantón de Santa Ana. Fuente: Climate Consultant

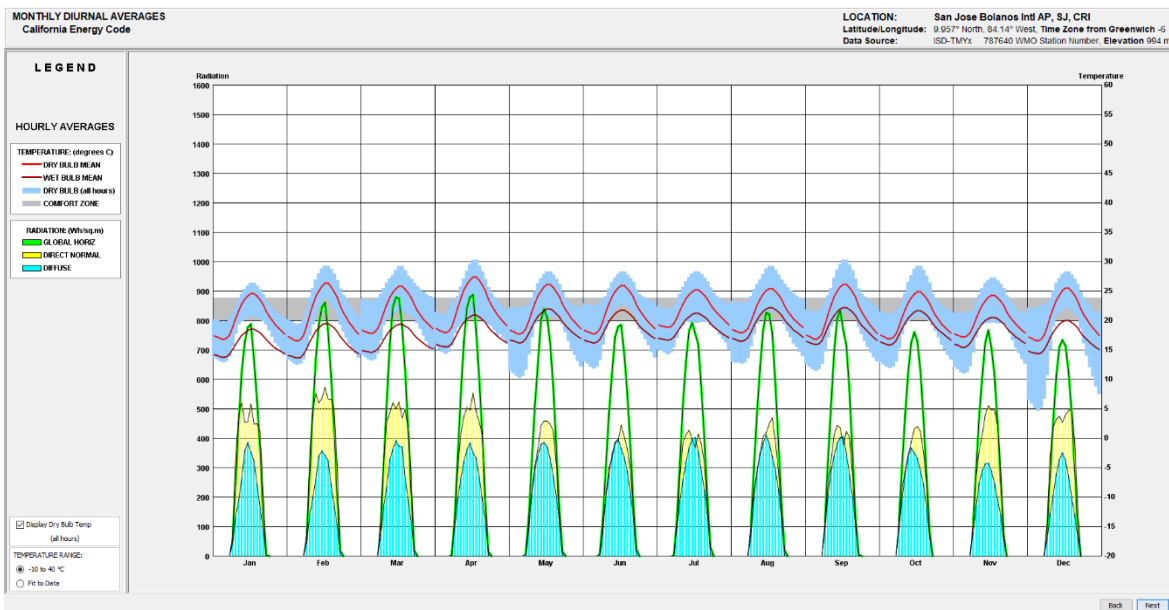


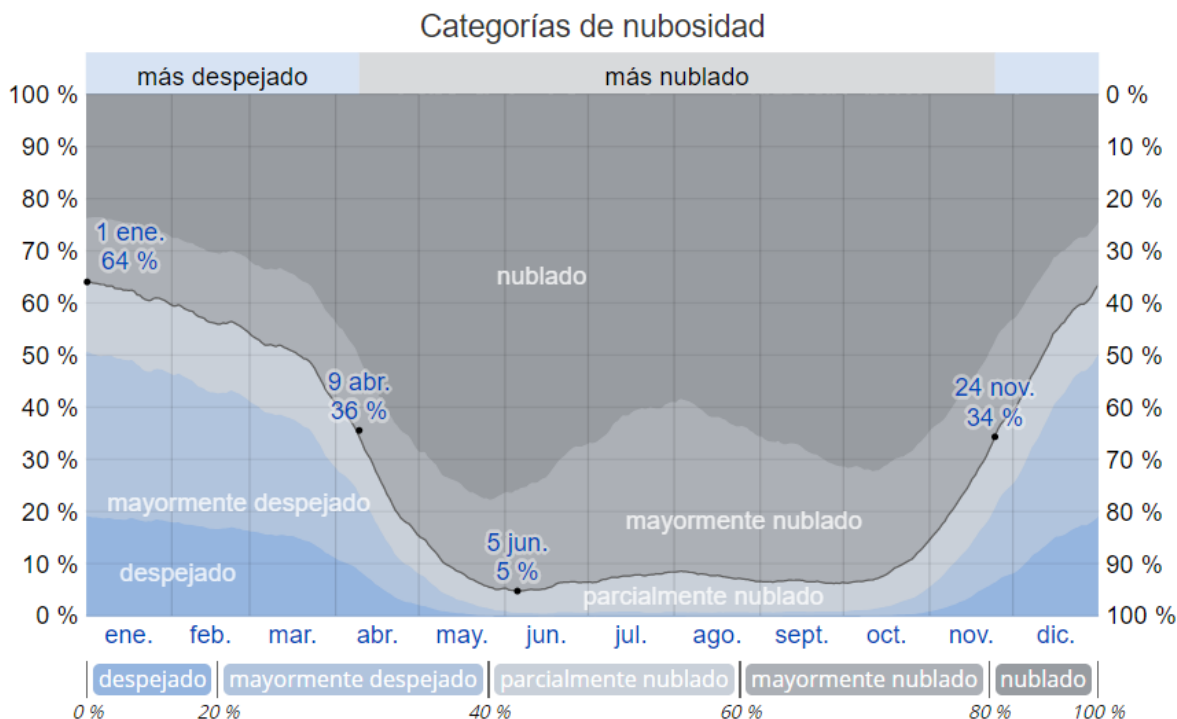
Gráfico 4. Promedios mensuales de temperatura y radiación en el cantón de Santa Ana. Fuente: Climate Consultant

7.5.2) NUBES

En Santa Ana, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía extremadamente en el transcurso del año.

La parte más despejada del año en Santa Ana comienza aproximadamente el 24 de noviembre; dura 4,5 meses y se termina aproximadamente el 9 de abril. El 1 de enero, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 64 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 36 % del tiempo.

La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 9 de abril; dura 7,5 meses y se termina aproximadamente el 24 de noviembre. El 5 de junio, el día más nublado del año, el cielo está nublado o mayormente nublado el 95 % del tiempo y despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 5 % del tiempo.



El porcentaje de tiempo pasado en cada banda de cobertura de nubes, categorizado según el porcentaje del cielo cubierto de nubes.

Gráfico 6. Porcentajes de nubosidad en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.wheatherspark.com

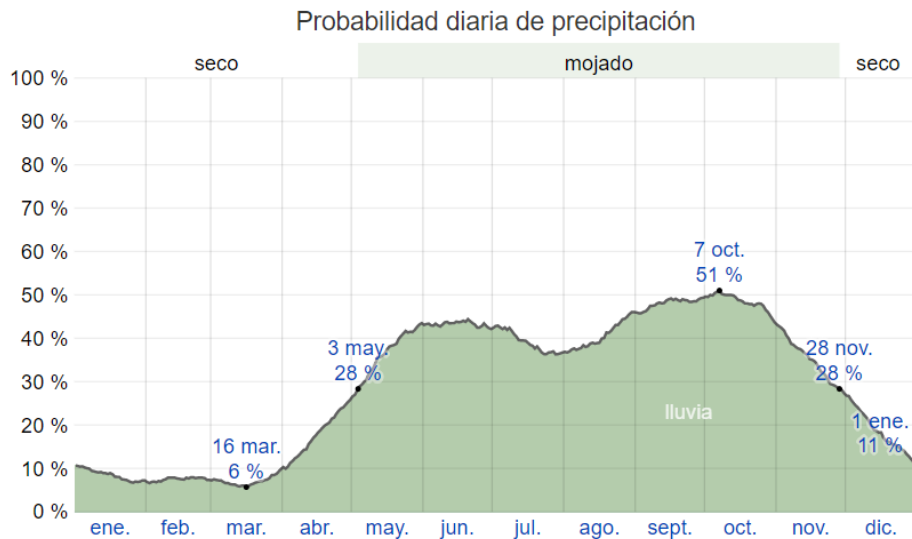
7.5.3) PRECIPITACIÓN

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Santa Ana varía considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 6,8 meses, de 3 de mayo a 28 de noviembre, con una probabilidad de más del 28 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 51 % el 7 de octubre.

La temporada más seca dura 5,2 meses, del 28 de noviembre al 3 de mayo. La probabilidad mínima de un día mojado es del 6 % el 16 de marzo.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solo lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 51 % el 7 de octubre.



El porcentaje de días en los que se observan diferentes tipos de precipitación, excluidas las cantidades ínfimas: solo lluvia, solo nieve, mezcla (llovió y nevó el mismo día).

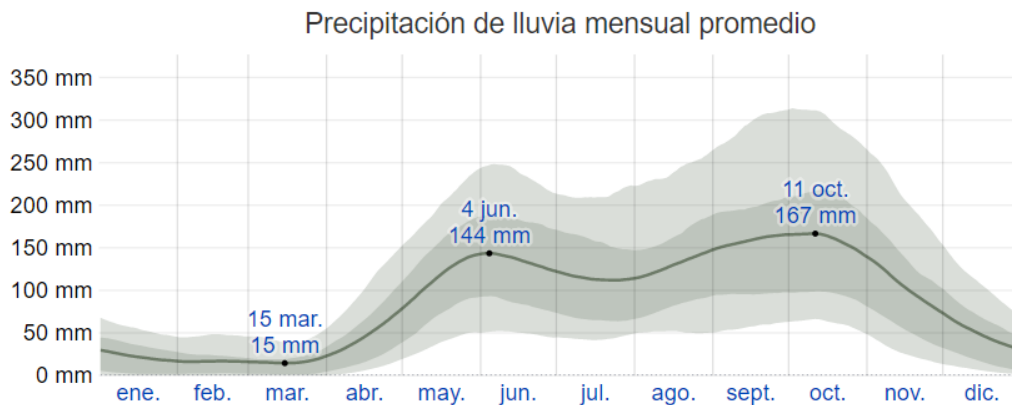
Gráfico 7. Probabilidades diarias de precipitación en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.wheatherspark.com

7.5.4) LLUVIA

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período móvil de 31 días centrado alrededor de cada día del año. Santa Ana tiene una variación extremada de lluvia mensual por estación.

Llueve durante el año en Santa Ana. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 11 de octubre, con una acumulación total promedio de 167 milímetros.

La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 15 de marzo, con una acumulación total promedio de 15 milímetros.



La lluvia promedio (línea sólida) acumulada en un período móvil de 31 días centrado en el día en cuestión, con las bandas de percentiles del 25° al 75° y del 10° al 90°. La línea delgada punteada es el equivalente de nieve en líquido promedio correspondiente.

Gráfico 8. Precipitación de lluvia mensual promedio en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.wheatherspark.com

7.5.5) SOLEAMIENTO

La duración del día en Santa Ana no varía considerablemente durante el año, solamente varía 42 minutos de las 12 horas en todo el año. En 2019, el día más corto es el 21 de diciembre, con 11 horas y 33 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de junio, con 12 horas y 42 minutos de luz natural.

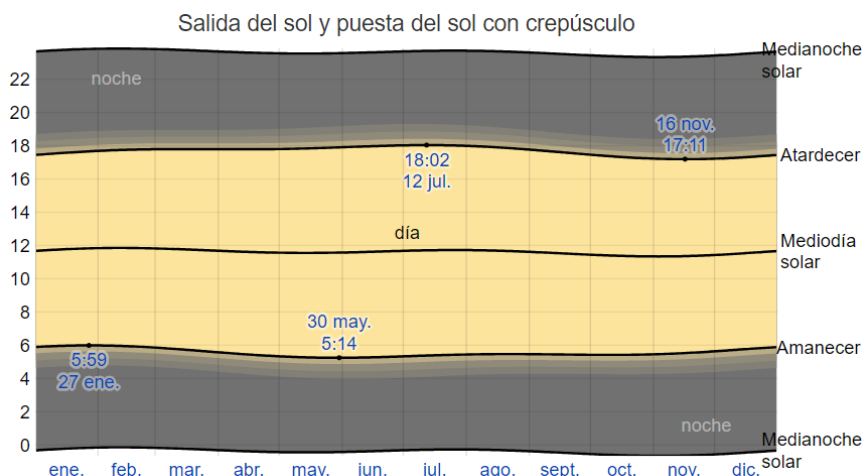


La cantidad de horas durante las cuales el sol está visible (línea negra). De abajo (más amarillo) hacia arriba (más gris), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total.

Gráfico 9. Horas de luz natural y crepúsculo en el cantón de Santa Ana. Fuente: [web es.weatherspark.com](http://web.es.weatherspark.com)

La salida del sol más temprana es a las 5:14 el 30 de mayo, y la salida del sol más tardía es 45 minutos más tarde a las 5:59 el 27 de enero. La puesta del sol más temprana es a las 17:11 el 16 de noviembre, y la puesta del sol más tardía es 51 minutos más tarde a las 18:02 el 12 de julio.

No se observó el horario de verano (HDV) en Santa Ana durante el 2023.



El día solar durante el año 2019. De abajo hacia arriba, las líneas negras son la medianoche solar anterior, la salida del sol, el mediodía solar, la puesta del sol y la siguiente medianoche solar. El día, los crepúsculos (civil, náutico y astronómico) y la noche se indican por el color de las bandas, de amarillo a gris.

Gráfico 10. Salida del sol y puesta del sol con crepúsculo en el cantón de Santa Ana. Fuente: [web es.weatherspark.com](http://web.es.weatherspark.com)

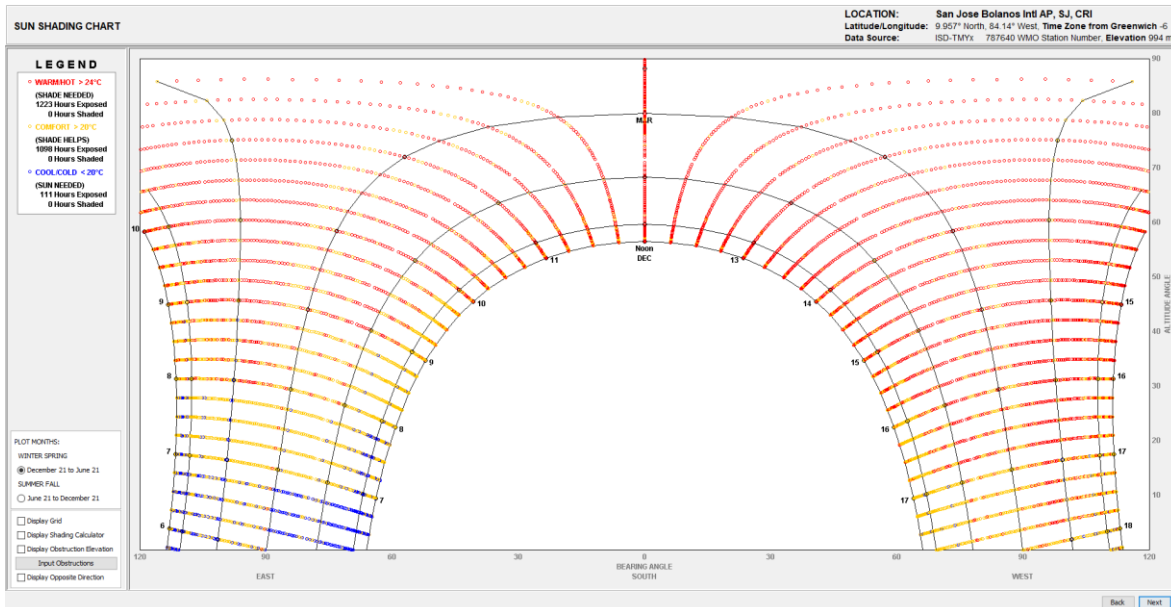


Gráfico 11. Gráfico de protección solar en el cantón de Santa Ana. Fuente: Climate Consultant

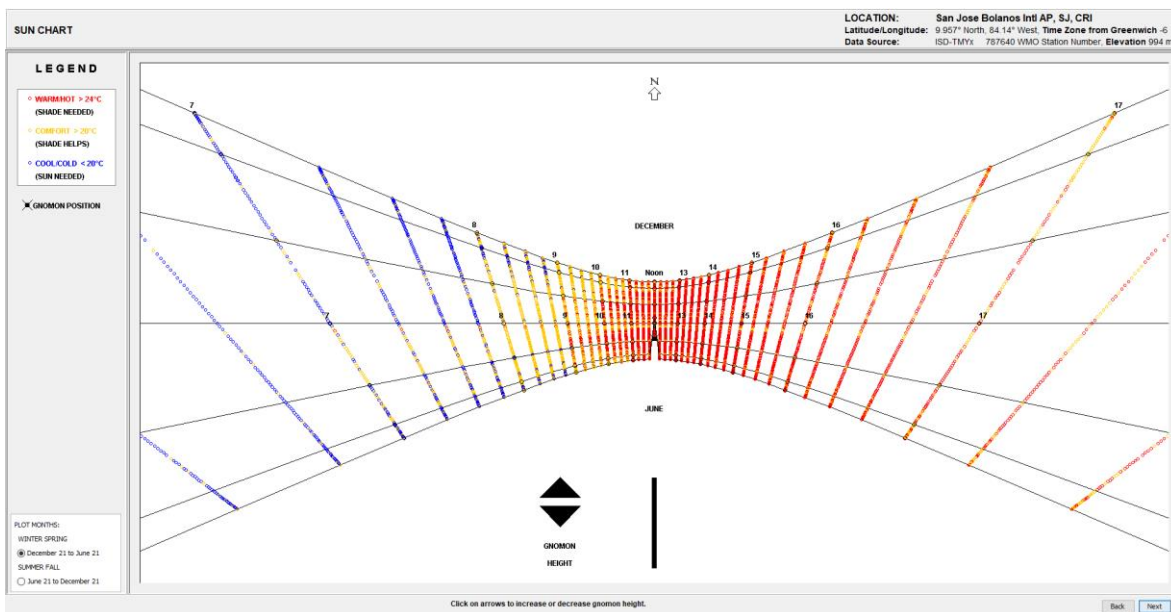


Gráfico 12. Tabla solar en el cantón de Santa Ana. Fuente: Climate Consultan

7.5.6) HUMEDAD

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

En Santa Ana la humedad percibida varía extremadamente.

El período más húmedo del año dura 7,9 meses, del 14 de abril al 10 de diciembre, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 20 % del tiempo. El día más húmedo del año es el 4 de junio, con humedad el 69 % del tiempo.

El día menos húmedo del año es el 24 de enero, con condiciones húmedas el 4 % del tiempo.

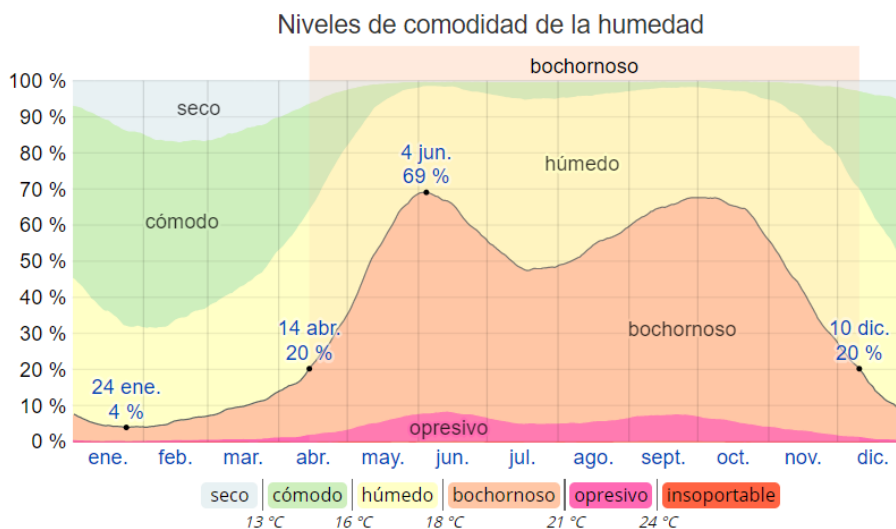


Gráfico 13. Niveles de comodidad de la humedad en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.wheatherspark.com

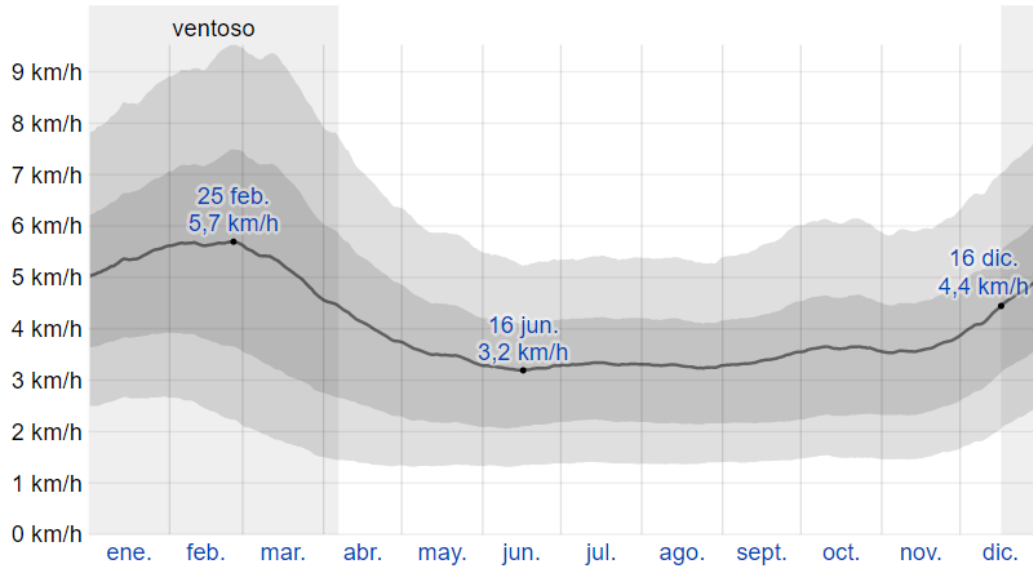
7.5.7) ANÁLISIS DE VIENTOS + SIMULACIÓN CON FLOW DESIGN

Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en Santa Ana tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año. La parte más ventosa del año dura 3,7 meses, del 16 de diciembre al 6 de abril, con velocidades promedio del viento de más de 4,4 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 25 de febrero, con una velocidad promedio del viento de 5,7 kilómetros por hora. El tiempo más calmado del año dura 8,3 meses, del 6 de abril al 16 de diciembre. El día más calmado del año es el 16 de junio, con una velocidad promedio del viento de 3,2 kilómetros por hora.

La dirección predominante promedio por hora del viento en Santa Ana varía durante el año.

Velocidad promedio del viento



El promedio de la velocidad media del viento por hora (línea gris oscuro), con las bandas de percentil 25° a 75° y 10° a 90°.

Gráfico 15. Velocidad promedio del viento en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.wheatherspark.com

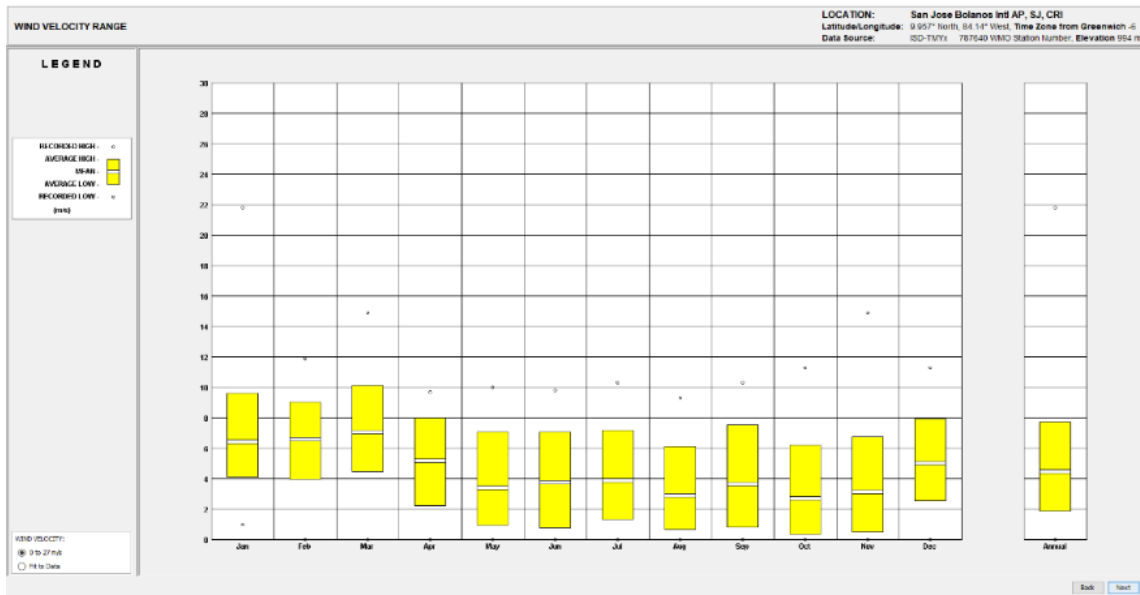
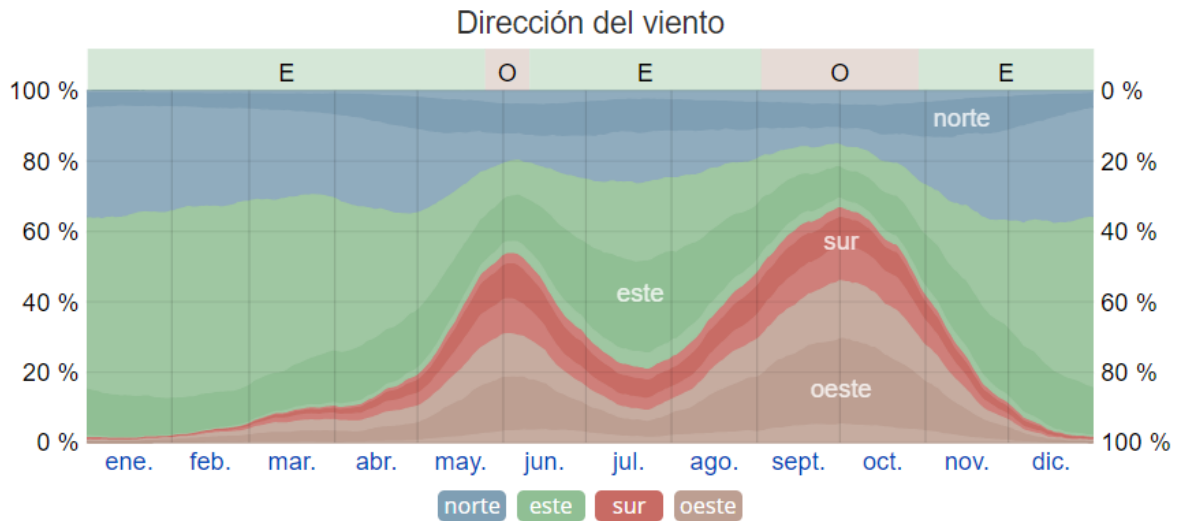


Gráfico 14. Rangos de velocidad del viento en el cantón de Santa Ana. Fuente: Climate consultant

El viento con más frecuencia viene del oeste durante 2,3 semanas, del 25 de mayo al 10 de junio y durante 1,9 meses, del 2 de septiembre al 29 de octubre, con un porcentaje máximo del 46 % en 30 de septiembre. El viento con más frecuencia viene del este durante 2,7 meses, del 10 de junio al 2 de septiembre y durante 6,9 meses, del 29 de octubre al 25 de mayo, con un porcentaje máximo del 53 % en 23 de julio.



El porcentaje de horas en las que la dirección media del viento viene de cada uno de los cuatro puntos cardinales, excluidas las horas en que la velocidad media del viento es menos de 1,6 km/h. Las áreas de colores claros en los límites son el porcentaje de horas que pasa en las direcciones intermedias implícitas (noreste, sureste, suroeste y noroeste).

Gráfico 16. Dirección del viento en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.weatherspark.com

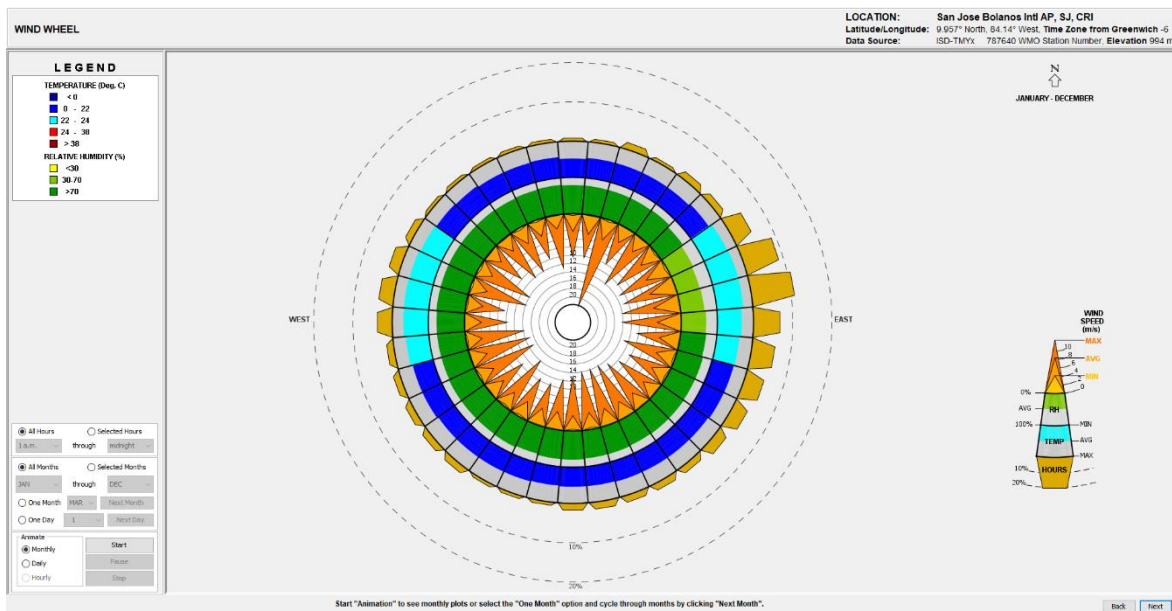


Gráfico 17. Rosa de vientos en el cantón de Santa Ana. Fuente: Climate Consultant

Para la simulación de vientos con el software Flow Design, se tomó la velocidad promedio en el distrito Pozos (9 m/s) y la dirección predominante de estos.

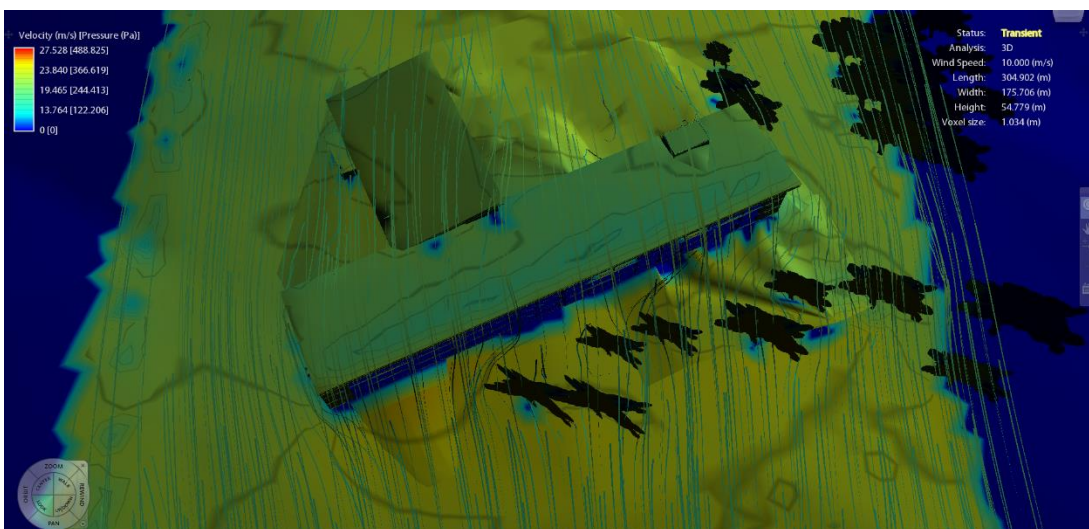
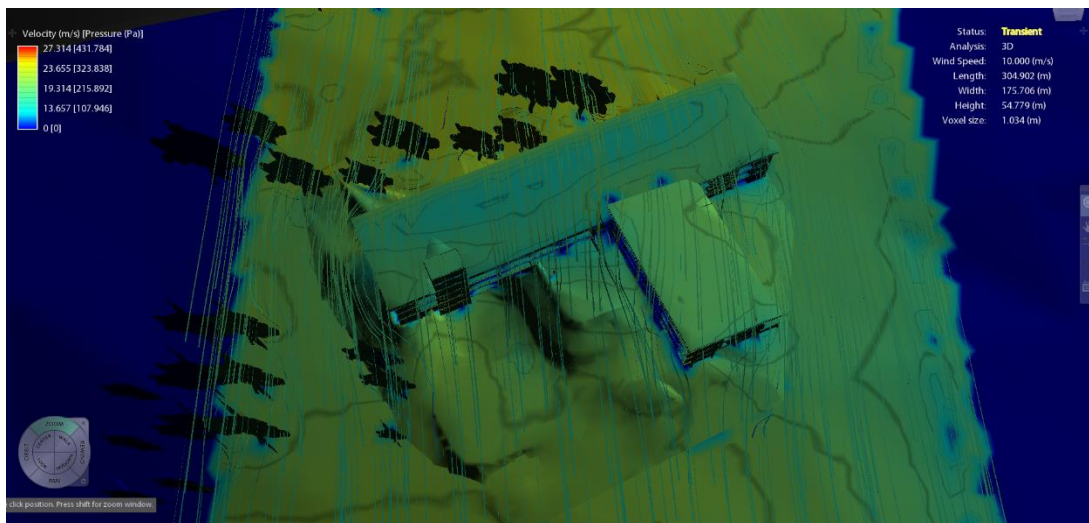
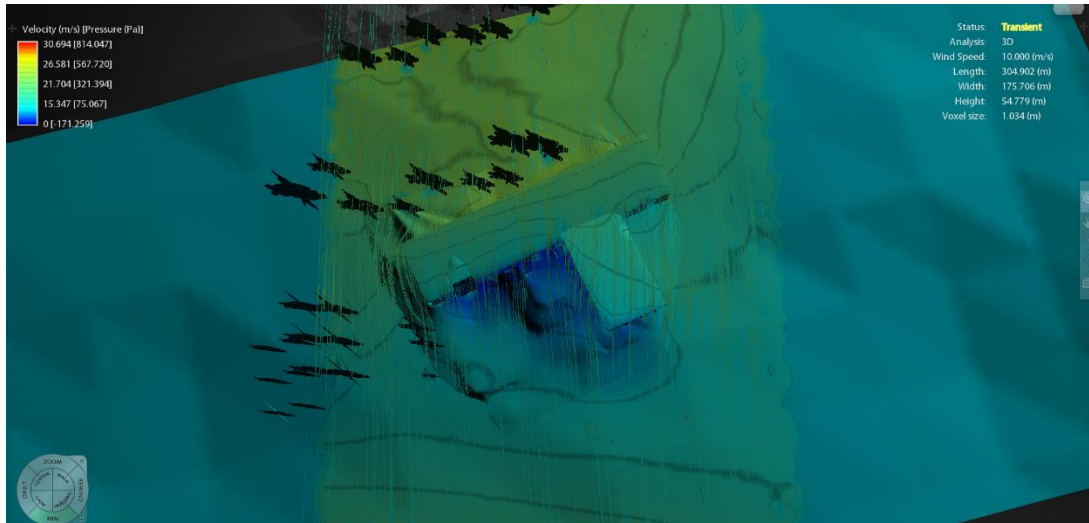
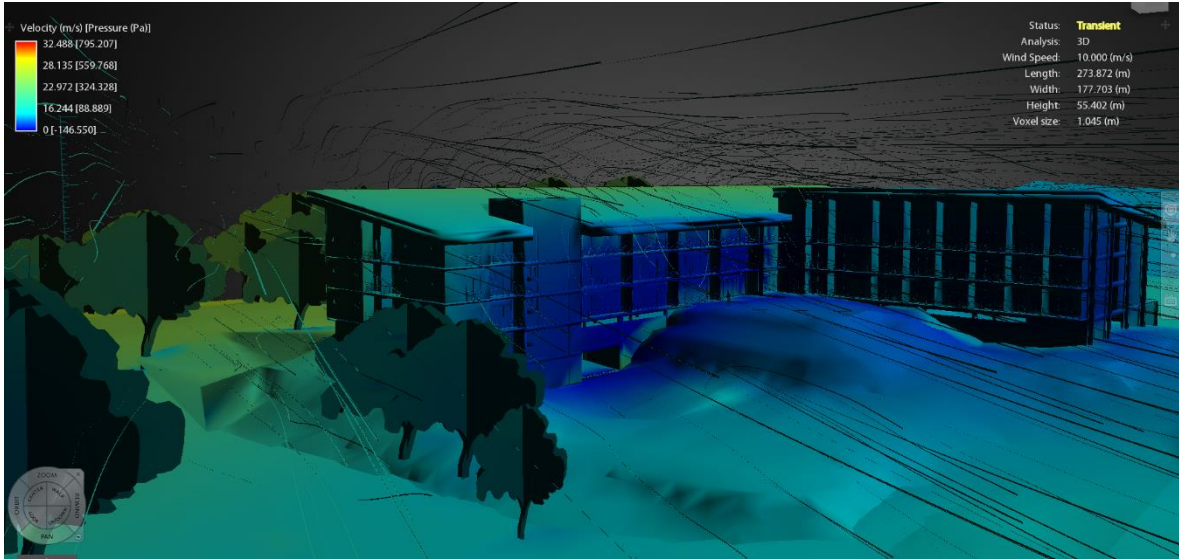


Ilustración 15. Simulación con túnel de vientos. Fuente: Elaboración propia con el software Flow Design



Teniendo en cuenta los resultados de la simulación de vientos, se puede apreciar que la fachada norte será la que reciba una mayor cantidad de vientos predominantes a lo largo del año, y la fachada sur recibirá una ventilación constante a manera de presión negativa cuando la velocidad del viento disminuya.

Gracias a la topografía del terreno, y al encontrarse los apartamentos a partir del tercer nivel del edificio, estos no tendrán grandes obstáculos para recibir al viento de manera directa y eso favorecerá la ventilación de cada aposento.

Otro aspecto que beneficia al edificio es el diseño de las terrazas, las cuales gracias a las divisiones entre apartamentos y el voladizo de cada terraza superior, forman una especie de nicho que funciona como parasol para las ventanas expuestas (no se recibe incidencia solar directa por más de 3 horas), permitiendo abrir las ventanas y ventilar el interior de los apartamentos durante gran parte del día.

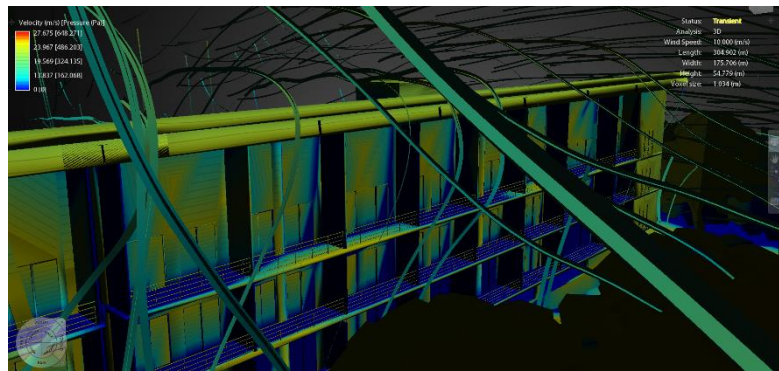
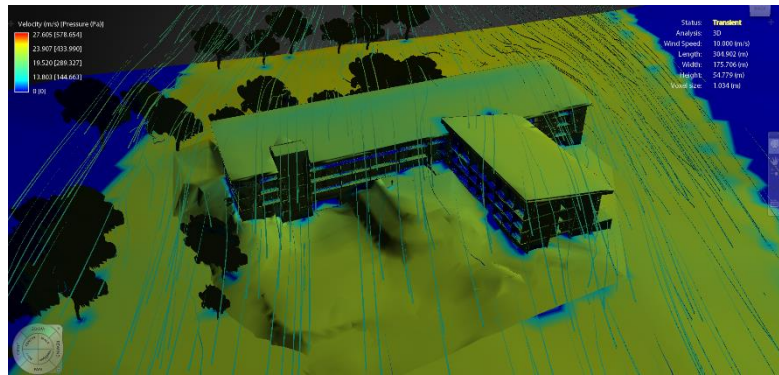
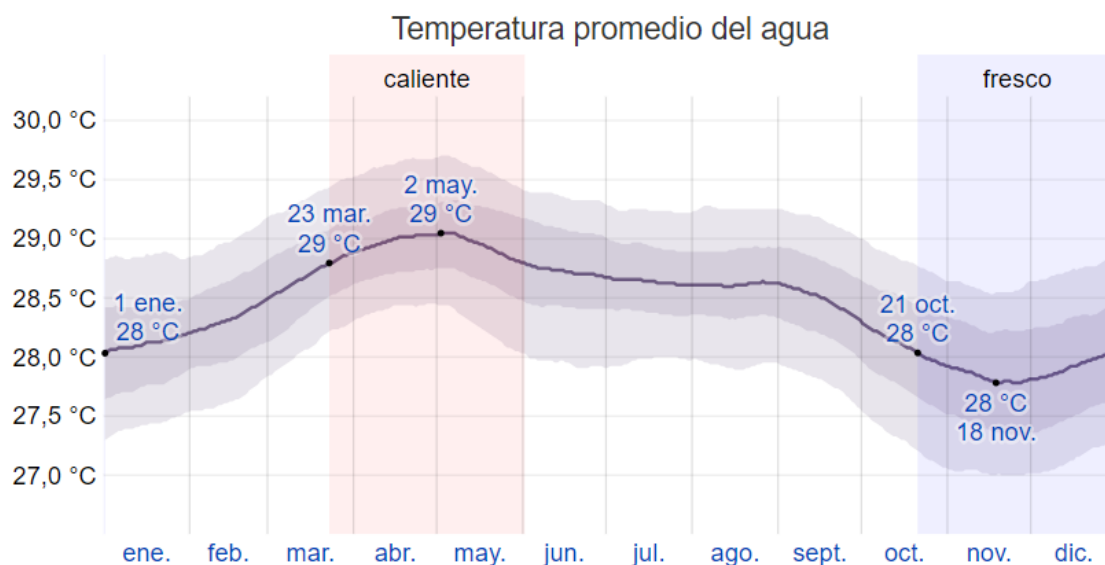


Ilustración 16. Simulación con túnel de vientos. Fuente: Elaboración propia con el software Flow Design

7.5.8) TEMPERATURA DEL AGUA

En la época del año en que el agua está más caliente, es decir, entre el 23 de marzo y el 1 de junio, es cuando se registran las temperaturas más altas en el cuerpo de agua en cuestión. Durante este período, la temperatura promedio supera los 29 grados Celsius, alcanzando su pico máximo el 2 de mayo, cuando se registra una temperatura promedio de 29 grados Celsius.

Por otro lado, la época del año en que el agua está más fría es entre el 21 de octubre y el 1 de enero. Durante este período, la temperatura promedio es inferior a 28 grados Celsius, alcanzando su mínimo el 18 de noviembre con una temperatura promedio de 28 grados Celsius. Es importante destacar que estas temperaturas pueden variar dependiendo de diversos factores como la ubicación geográfica, la profundidad del cuerpo de agua y las condiciones climáticas.



La temperatura diaria promedio del agua (línea púrpura), con las bandas de los percentiles 25° a 75° y 10° a 90°.

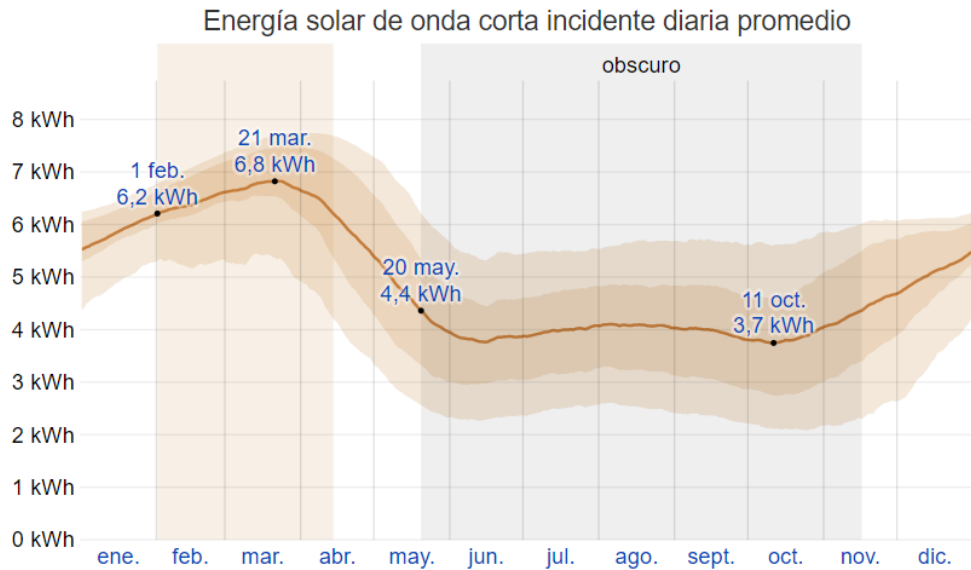
Gráfico 18. Temperatura promedio del agua en el cantón de Santa Ana. Fuente: web es.weatherspark.com

7.5.9) ENERGÍA SOLAR

Esta sección analiza la cantidad de energía solar de onda corta que llega a la superficie terrestre en una amplia zona geográfica, considerando los cambios estacionales en la duración del día, la elevación del sol y la absorción por parte de nubes y otros factores atmosféricos. La radiación de onda corta comprende la luz visible y la radiación ultravioleta.

La cantidad de energía solar de onda corta incidente experimenta variaciones importantes durante el año. El período más brillante, que dura 2,4 meses, va del 1 de febrero al 14 de abril, con un promedio diario de energía incidente por metro cuadrado superior a 6,2 kWh. El día más brillante es el 21 de marzo, con un promedio de 6,8 kWh.

Por otro lado, el período más oscuro del año dura 5,9 meses, desde el 20 de mayo hasta el 16 de noviembre, con un promedio diario de energía incidente por metro cuadrado inferior a 4,4 kWh. El día más oscuro es el 11 de octubre, con un promedio de 3,7 kWh.



La energía solar de onda corta promedio diaria que llega a la tierra por metro cuadrado (línea anaranjada), con las bandas de percentiles 25° a 75° y 10° a 90°.

Gráfico 19. Energía solar de onda corta incidente diaria promedio en el cantón de Santa Ana. Fuente: web.es.weatherspark.com

7.5.1) ANÁLISIS DE INCIDENCIA SOLAR

La buena orientación de la edificación es importante para garantizar una adecuada entrada de luz solar durante el día, lo que se traduce en una reducción en el uso de energía artificial para iluminación. Además, el recorrido solar permite que las fachadas norte y sur reciban la luz solar indirecta y difusa,

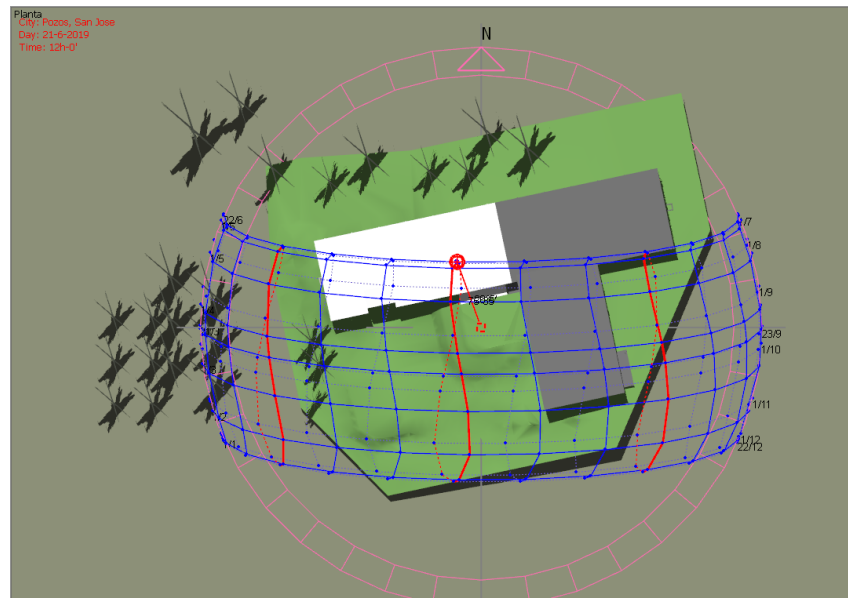


Ilustración 17. Análisis de incidencia solar. Fuente: Elaboración propia.

evitando la entrada de luz directa y cegadora en las horas centrales del día. Esto contribuye a un ambiente interior más agradable y saludable.

La fachada oeste, por otro lado, está diseñada para minimizar la entrada de luz solar directa en las tardes, lo que previene el sobrecalentamiento de los espacios internos. Esto también ayuda a reducir los costos de enfriamiento y a prolongar la vida útil de los acabados interiores y los muebles.

En resumen, la buena orientación de la edificación con respecto al recorrido solar es un factor crítico para garantizar una adecuada calidad de luz y una temperatura confortable en el interior de la edificación. Esto es esencial para garantizar un ambiente interior saludable y sostenible.

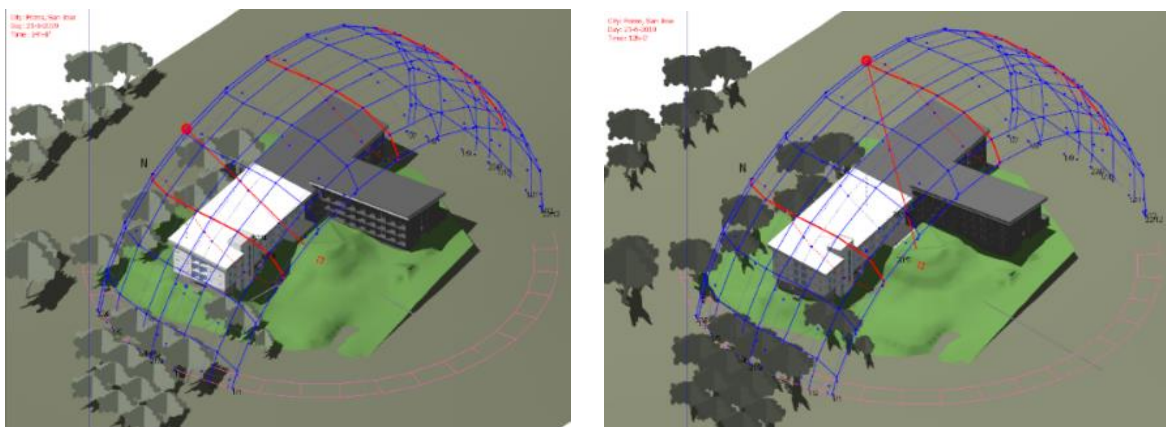


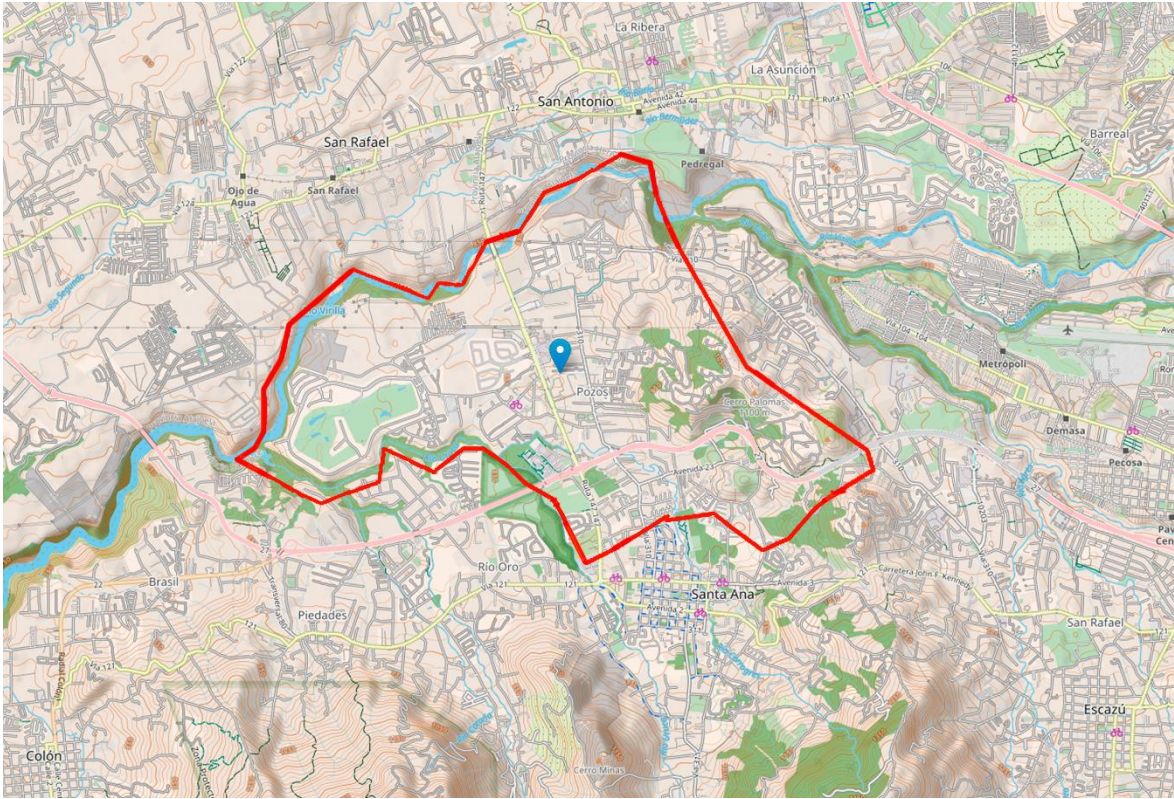
Ilustración 18. Análisis de incidencia solar. Fuente: Elaboración propia

7.5.1) TOPOGRAFÍA

Para fines de este informe, las coordenadas geográficas de Santa Ana son latitud: 9,933°, longitud: -84,183°, y elevación: 995 m.

La topografía en la zona cercana a Santa Ana es muy variada, con una amplia gama de altitudes y características geográficas. En un radio de 3 kilómetros alrededor de Santa Ana, se puede encontrar un cambio máximo de altitud de 662 metros, con una altura promedio sobre el nivel del mar de 992 metros. A medida que nos alejamos de Santa Ana, la variedad de altitudes sigue siendo importante, con un cambio máximo de 2.016 metros en un radio de 16 kilómetros y un cambio máximo de 3.489 metros en un radio de 80 kilómetros.

En cuanto a la vegetación, en un radio de 3 kilómetros de Santa Ana, se puede encontrar una gran cantidad de pradera, que cubre aproximadamente el 72% de la zona, junto con un 18% de árboles. A medida que nos alejamos de Santa Ana, la proporción de pradera y árboles cambia, con un 47% de pradera y un 36% de árboles en un radio de 16 kilómetros y un 48% de árboles y un 19% de agua en un radio de 80 kilómetros. En general, se puede concluir que la zona alrededor de Santa Ana es una combinación de terreno montañoso y llano, con una amplia variedad de vegetación.



Mapa 4. Distrito Pozos. Fuente: Google maps.

7.5.2) HALLAZGOS SEGÚN LA ZONA DE CONFORT CLIMÁTICO

7.5.2.1) CON RESPECTO A LA TEMPERATURA

En Santa Ana, las temperaturas son elevadas a lo largo del año. Sin embargo, se pueden controlar parcialmente con una buena ventilación y protección en las ventanas. Gracias a la geometría del edificio, el diseño de sus terrazas que forman un nicho, la orientación norte y la buena protección de las fachadas, los apartamentos mantendrán temperaturas confortables sin incidencia solar directa. La apertura de las puertas de la terraza y los apartamentos mejorará la circulación del aire.

7.5.2.2) CON RESPECTO A LAS NUBES, HUMEDAD Y LAS PRECIPITACIONES

Santa Ana presenta altos porcentajes de nubosidad y lluvia a lo largo del año, lo que genera un clima cálido y húmedo tanto de día como de noche. Una buena ventilación, tanto natural como artificial, es esencial para evitar problemas de humedad y mantener un nivel de confort estable. Gracias a la altura de los apartamentos, estos recibirán viento directo sin obstáculos en cada uno de sus ambientes.

7.5.3) RECOMENDACIONES SEGÚN LA ZONA DE CONFORT CLIMÁTICO

Nuestro proyecto se encuentra en una zona con un clima variable durante el año, lo que lo hace susceptible a ganancias térmicas constantes en el interior del edificio si no está debidamente protegido. Para determinar si hay una ganancia térmica real, es necesario realizar un análisis de incidencia solar en el edificio. Este análisis debe comenzar identificando las fachadas más afectadas por la incidencia solar durante un periodo prolongado del año y, luego, examinar con detalle las aperturas más expuestas en esas fachadas, así como todos los materiales de sus cerramientos.

Además, cada apartamento cuenta con la ventaja de obtener confort térmico mediante técnicas de ventilación natural pasivas. A continuación, se describen algunas de estas técnicas que deben ser implementadas en zonas climáticas similares y que, en gran medida, ya se encuentran en el diseño de nuestro edificio.

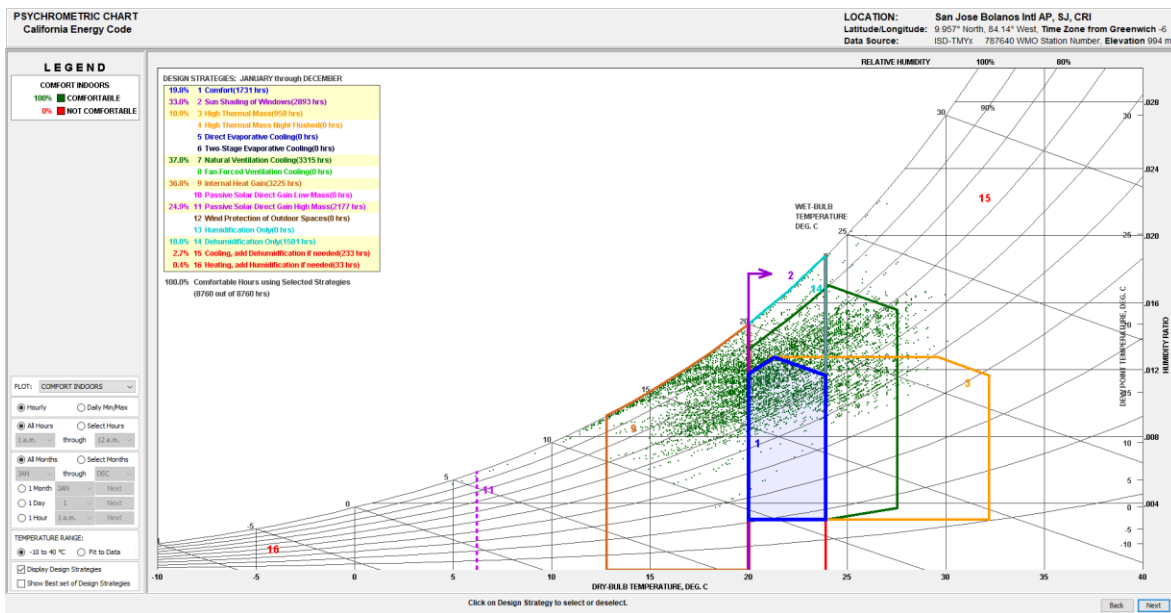


Gráfico 20. Carta psicrométrica para el cantón de Santa Ana. Fuente: Climate Consultant

Algunas técnicas propuestas para la climatización de la edificación son las siguientes:

1. Incorporar sombreadores en las fachadas y en las ventanas para proteger contra el sol directo.
2. Implementar ventilación cruzada en los apartamentos para aprovechar las corrientes de aire y reducir la necesidad de aire acondicionado.
3. Utilizar materiales reflectantes en las cubiertas y los techos para reducir la absorción de calor
4. Implementar un sistema de ventilación mecánica para reducir la humedad y mejorar el intercambio de aire en el interior del edificio.
5. Proteger las fachadas sur y oeste con elementos arquitectónicos para reducir la radiación solar directa.

6. Incorporar un sistema de control de iluminación y ventilación para maximizar el uso de la luz natural y reducir la necesidad de energía artificial.
7. Considerar la instalación de paneles solares para reducir la dependencia de la energía eléctrica.
8. Incorporar vegetación en el paisaje y en las terrazas para mejorar la calidad del aire y reducir la temperatura ambiente.

Estas recomendaciones pueden variar dependiendo de la ubicación exacta de cada uno de los apartamentos al interior del edificio, la orientación y la exposición a los elementos climáticos, así como de las necesidades y preferencias de los habitantes. Es importante consultar a un especialista en climatización y arquitectura para recibir asesoría personalizada.

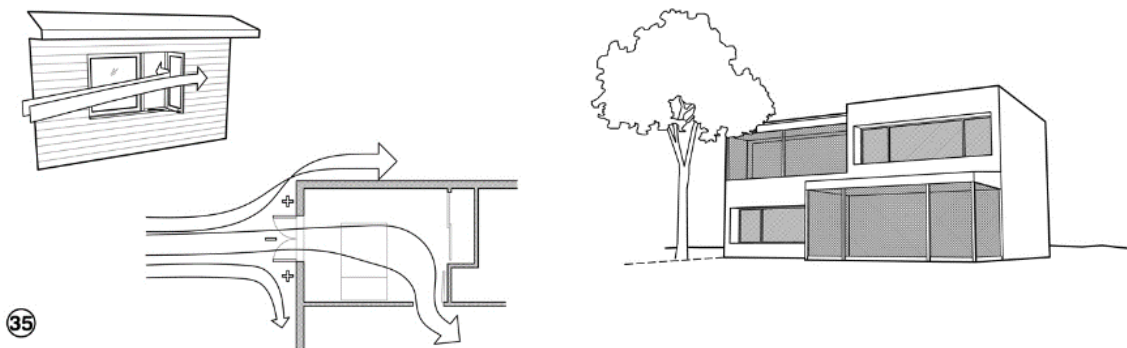


Ilustración 19. Técnicas propuestas para la climatización natural. Fuente: Climate Consultant

Una buena ventilación natural puede reducir o eliminar el aire acondicionado en climas cálidos, si las ventanas están bien sombreadas y orientadas hacia las brisas predominantes. Los porches y patios con mosquiteros pueden proporcionar un enfriamiento de confort pasivo mediante ventilación en climas cálidos y pueden prevenir problemas de insectos.

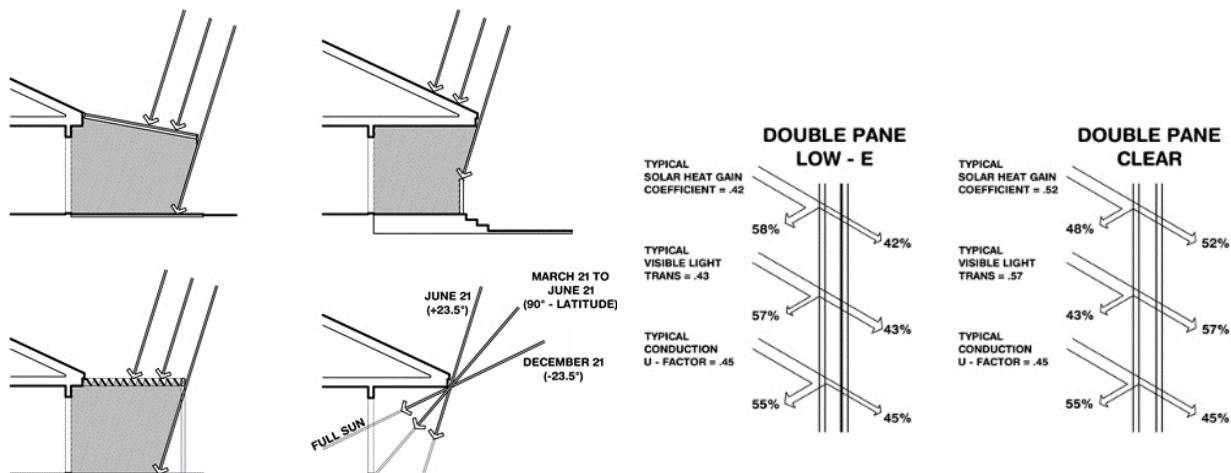


Ilustración 20. Técnicas propuestas para la climatización natural. Fuente: Climate Consultant

Los voladizos de las ventanas (diseñados para esta latitud) o los parasoles operables (toldos que se extienden en verano) pueden reducir o eliminar el aire acondicionado. Para el caso de estudio,

las terrazas se encuentran enmarcadas por paredes y un entepiso que forma un nicho, los ángulos de proyección aseguran la protección de la incidencia solar directa y reducen las probabilidades del ingreso de lluvia al interior. Proporcionar vidriado de alto rendimiento de doble panel (Low-E) en el oeste, norte y este, pero despejado en el sur para obtener la máxima ganancia solar pasiva.

7.6) CONSTRUCTIVIDAD

7.6.1) MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

La Residencia Vertical Urban Flats cuenta con una sólida estructura que combina marcos y muros de concreto armado, mientras que los techos están soportados por vigas de acero. En el interior de los apartamentos, se utilizan paredes divisorias de 12 cm de grosor, las cuales cuentan con un forro para la instalación de tuberías mecánicas y eléctricas. Los pisos exteriores están contruidos con adoquines, mientras que en el interior se utilizan pisos de porcelanato.

Además, los entepisos están diseñados con una estructura de viguetas pretensadas con resistencia al juego de 2 horas. Los cerramientos exteriores se componen de muros de concreto armado y paredes de bloques de concreto, mientras que en el interior se utilizan paredes de concreto que ofrecen una resistencia al fuego de más de dos horas, y que sirven para dividir los apartamentos. Por otro lado, los cielos están hechos con una estructura metálica de Furring Channel calibre 26 con angulares perimetrales, lámina de gypsum, empastado y lijado, y tres capas de masilla con terminado liso y sin marcas, que se completan con un acabado en pintura.

En cuanto a las ventanas, se utilizan ventanas con marco de aluminio anodizado en color natural y vidrio crudo de 6mm de espesor, que aseguran la entrada de la luz natural y brindan una excelente vista al exterior.

La Residencia Vertical Urban Flats cuenta con un diseño minimalista que se caracteriza por la simplicidad en las formas y la ausencia de ornamentos excesivos. Los materiales utilizados en la construcción son de media alta calidad, lo que asegura una buena durabilidad y resistencia.

En cuanto a los acabados, los pisos están revestidos con porcelanato, lo que brinda un aspecto moderno y elegante al espacio. El cielo está contruido con láminas de gypsum, que permiten una fácil instalación de las luces y aportan una superficie lisa y uniforme.

Los cerramientos internos son livianos, lo que permite una fácil personalización de los espacios según las necesidades de cada habitante. Los cerramientos externos están compuestos por paredes de bloques de concreto, que aseguran una excelente resistencia y aislamiento térmico.

La sala está diseñada para ofrecer un espacio acogedor y confortable para compartir con la familia y amigos. Se puede apreciar una combinación de tonos neutros y claros, lo que aporta luminosidad y amplitud al ambiente. Los muebles son de líneas simples y elegantes, con una disposición que permite el máximo aprovechamiento del espacio.

El comedor se encuentra en un ambiente integrado con la sala, lo que brinda una sensación de continuidad y armonía en el espacio. La mesa de comedor es de líneas sencillas y elegantes, y las sillas son de diseño moderno y cómodo.

Las habitaciones son amplias y luminosas, con una decoración minimalista y elegante. Las paredes están revestidas con pintura de tonos suaves y cálidos, que crean un ambiente relajante y acogedor. Los armarios empotrados están diseñados para maximizar el espacio de almacenamiento.

La cocina está diseñada con un estilo moderno y funcional. Los armarios y electrodomésticos están integrados en la pared, lo que permite un fácil acceso y uso. La encimera está construida con materiales resistentes y fáciles de limpiar, y se encuentra en un espacio abierto que conecta con el comedor.

Los baños están revestidos con materiales de alta calidad, como el porcelanat, que aportan un aspecto elegante y sofisticado. Los sanitarios y grifos son de diseño moderno y de alta calidad, con una disposición que permite el máximo aprovechamiento del espacio.

En conclusión, la Residencia Vertical Urban Flats cuenta con acabados modernos y elegantes que aportan confort, funcionalidad y estética en cada uno de sus espacios. La combinación de materiales de alta calidad y diseño minimalista crea un ambiente armonioso y acogedor que invita a disfrutar de la vida urbana con estilo.



DT-02
EDU-AB02
DETALLE DE COCINA | PERSPECTIVA 1
1:1
ACOTADO: METROS



DT-03
EDU-AB02
DETALLE DE COCINA | PERSPECTIVA 2
1:1
ACOTADO: METROS

Ilustración 21. Detalles de Cocina | Perspectivas 1 y 2. Fuente: Proyecto Residencial Urban Flats

7.6.2) VIDA ÚTIL Y OPERATIVIDAD DEL PROYECTO

Existen dos formas distintas para medir la vida útil de los edificios y de sus partes. La primera y la más recomendable para empezar a diseñar un inmueble es la que indica el método por factores de ISO 15686, que implica estimar una vida útil a partir de una serie de factores de durabilidad y de una vida útil de referencia, que en materia arquitectónica llamamos vida de diseño. La segunda forma es calcular la vida útil y medir la durabilidad por componente constructivo o partes del edificio a través de pruebas de envejecimiento acelerado en laboratorio, lo cual es demasiado costoso económicamente y muy tardado para fines de diseño arquitectónico, por lo que esta opción generalmente es descartada en etapas tempranas de los proyectos (Hernández, 2015).

Es muy recomendable utilizar la norma de ISO 15686 para estimar la vida útil de los edificios, tomando en consideración que no es un método exacto y depende directamente del análisis y la experiencia del diseñador, pero que sí es muy útil para darnos una idea aproximada de cuánto puede durar un inmueble.

Los siguientes son los factores de durabilidad que el método de ISO 15686 utiliza, y que arquitectos e ingenieros debemos tomar en cuenta cuando iniciamos la planeación y el diseño de un edificio o de una infraestructura urbana:

- a) **Calidad del diseño arquitectónico y constructivo.** Incluye principalmente la calidad de los trabajos a nivel de proyecto. La calidad depende en mucho de la experiencia del diseñador y de su preparación (capacitación, certificación y que sea apto para tales trabajos). (“Propuesta Matriz de Factores para la Estimación de la Vida ...”)
- b) **Calidad de los materiales de construcción.** La calidad de los materiales depende de su fabricación y manufactura, principalmente, que cumplan con las normas técnicas para cubrir las necesidades funcionales y ambientales de las edificaciones.
- c) **Tipo de medio ambiente interior del edificio.** Condiciones como la temperatura, ventilación, iluminación, humedades, etcétera, influirán directamente en el deterioro de los componentes constructivos.
- d) **Tipo de medio ambiente exterior del lugar.** Factores como el viento, humedades, lluvia ácida, radiación o ciertos hongos del ambiente van a influir directamente en el deterioro de los componentes constructivos.
- e) **Calidad de la mano de obra.** Es muy importante que las personas que vayan a ejecutar los trabajos de construcción e instalaciones estén plenamente capacitadas y preparadas para tales fines.
- f) **Uso que se le dará al edificio.** El uso que se espera que tenga el inmueble influye en la degradación y el deterioro del edificio y de sus partes. Esto se debe considerar tanto para el diseño de este como para cuando el edificio se esté utilizando.
- g) **Tipo y grado de mantenimiento.** El nivel y la calidad de los trabajos de mantenimiento permitirán directamente o no que el edificio alcance su vida útil estimada.
- h) **Nota:** esta norma técnica divide en dos variables el ambiente: interno y externo (C y D); aunque los dos se refieren al medio o entorno de la edificación, de acuerdo con su localización actúan de diferente manera sobre los componentes de construcción.

7.6.2.1) MÉTODO POR FACTORES DE ISO 15686

- 1) Primero se determina qué tipo de edificio es y su ubicación, para que con base en la Tabla 26 se determine la vida útil de diseño por categoría de edificio.
- 2) En segundo lugar, se designan los factores más relevantes para la durabilidad del proyecto y se asigna un valor para la durabilidad del proyecto y se asigna un valor para cada uno de la siguiente manera: 0.8 = bajo; 1 = medio y 1.2 = alto (véase la Tabla 2). Con eso se ajusta la vida útil de diseño (99 años) y se estima de acuerdo con el siguiente paso.
- 3) Procedemos con la determinación y estimación de la vida útil de acuerdo con la siguiente fórmula:

Categoría de edificios	Vida útil de diseño por categoría (años)	Ejemplos
Temporales	Hasta 10	Construcciones no permanentes, oficinas de ventas, edificios de exhibición temporal, construcciones provisionales.
Vida media	25-49	La mayoría de los edificios industriales y la mayoría de las estructuras para estacionamientos.
Vida larga	50-99	La mayoría de los edificios residenciales, comerciales, de oficinas, de salud, de educación.
Permanentes	Más de 100	Edificios monumentales, de tipo patrimoniales (museos, galerías de arte, archivos generales, etcétera).

Tabla 8. Vida útil de diseño (VUD) por categoría o tipos de edificios. Fuente: Canadian Standards Association, 2001; Australian Building Codes Board, 2006; International Standards Organization, 2000.

$VUE = VUD (A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)$, donde VUE es la vida útil estimada, VUD es la vida útil de diseño, y de A a G son los factores que se inciden en la vida útil del componente constructivo.

Una vez que se analizan los factores se determinan los valores (0.8, 1.0 o 1.2) para cada uno, según las condiciones del proyecto y de acuerdo con la experiencia del proyectista.

Se sustituyen los valores en la fórmula:

$$VUE = 99 \times 1.2 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.2$$

$$VUE = 205.28 \text{ años}$$

De acuerdo con la asignación de valores de los respectivos factores de durabilidad, para el caso del ejemplo se estima que el Condominio durará 205.28 años. No obstante, se enfatiza que cada uno de estos factores de evaluación podrían variar en el tiempo, reduciendo considerablemente el valor obtenido mediante esta metodología.

Para asegurar el cumplimiento de por lo menos la vida útil base (99 años) el diseñador del edificio tendrá que poner especial atención en los puntos siguientes:

- Rediseño de la estructura del proyecto para incrementar su durabilidad y, por consecuencia, su vida útil. Al ser un edificio basado en una estructura y cimentación de concreto armado, se recomienda evitar la acumulación de humedades en los elementos y alejar agentes corrosivos, como lluvia ácida, moho y otros compuestos en el aire de las ciudades.
- Subsistemas que constan de componentes, materiales y sistemas de instalaciones y servicios, incluidos sistemas constructivos y de montaje de instalaciones, así como equipo instalado.
- Criterios de diseño sustentable de cada uno de los subsistemas anteriores, que incluyan factores ambientales.
- Selección de materiales durables (que no deban ser reemplazados frecuentemente) y de bajo mantenimiento; así como componentes de construcción que puedan soportar la radiación ultravioleta, los cambios bruscos de temperatura y humedad, la condensación y el desgaste, el deterioro por todo el tráfico que se espera debido al uso y ocupación del inmueble, y por las condiciones del ambiente interior y exterior.
- Diseño arquitectónico flexible para que el edificio
- se adapte a cambios durante su vida útil y sea también de fácil mantenimiento. Es recomendable usar patrones de diseño establecidos y de origen confiable, previamente probados, que nos pueden ayudar a cubrir algunas de nuestras necesidades en el desarrollo del proyecto.
- Sistemas constructivos de rápida construcción e instalación, como los prefabricados a través de la modulación de espacios; además, diseñados pensando en su fácil y económico desmantelamiento o desconstrucción al término de su vida útil.

Factores	Valores asignados al Proyecto: Condominio Residencial Vertical Urban Flats
A. Nivel o grado del diseño arquitectónico, constructivo y de sus instalaciones.	1.2
B. Calidad de los materiales y componentes de construcción.	1.2
C. El medio ambiente del interior del edificio.	1.0
D. El medio ambiente externo al edificio, como el clima y la contaminación urbana.	1.0
E. Calidad y nivel de la mano de obra.	1.2
F. Uso del edificio con base en manuales y especificaciones realizadas por los diseñadores y constructores para una mejor operabilidad del inmueble.	1.0
G. Grado o nivel de mantenimiento de acuerdo con las especificaciones asentadas en el manual de mantenimiento.	1.2

Tabla 9. Factores para la estimación de la vida útil del edificio (ejemplo). Fuente: Elaboración del autor con base en el método por factores de ISO 15686 y criterios tomados de la experiencia como arquitecto y constructor.

7.7) MODELO MULTICRITERIO PRELIMINAR

A continuación, se presenta un análisis detallado de la Matriz Multicriterio y los resultados obtenidos de la evaluación realizada. Para facilitar la comprensión y accesibilidad de los datos, se ha incluido la evaluación completa en formato electrónico, en un archivo de Microsoft Excel, que se encuentra disponible en el CD que acompaña este documento físico.

TABLA MULTICRITERIO PARA EVALUACION DE PROYECTO: CONDOMINIO RESIDENCIAL VERTICAL "URBAN FLATS" (Versión ACTUAL)					
TABLA RESUMEN: PESO RELATIVO					
FÍSICO - AMBIENTAL					
SUBCOMPONENTES	No	VARIABLE	ESTADOS	Puntos	PUNTAJE Obtenido
Aspectos físico espaciales	1	Ubicación del proyecto: emplazamiento y aprovechamiento de recursos bioclimáticos	Se presenta un análisis del emplazamiento que refleje el balance entre el recorrido solar y la dirección del viento que beneficia al 100% de los espacios	3	3
			Se presenta un análisis del emplazamiento que refleje el balance entre el recorrido solar y la dirección del viento que beneficia al 75% de los espacios	2	
			Se presenta un análisis del emplazamiento que refleje el balance entre el recorrido solar y la dirección del viento que beneficia al 50% de los espacios	1	
			Se presenta un análisis del emplazamiento que refleje el balance entre el recorrido solar y la dirección del viento que beneficia al 25% de los espacios	0	
	2	Impacto al entorno por la duración de la etapa constructiva	La construcción del edificio se efectúa en 6 meses o menos	3	0
			La construcción del edificio se efectúa entre 6- 9 meses	2	
			La construcción del edificio se efectúa entre 9- 12 meses	1	
			La construcción del edificio se efectúa en un periodo mayor a 12 meses	0	
Aspectos energéticos	3	Selección de materiales de baja energía embebida	(madera cultivada, bloque concreto, mosaico) Sistema artesanal	3	0
			(concreto, madera cultivada –vidrio, cerámica) Semi artesanal	2	
			(concreto, vidrio endurecido, acero, porcelanatos) Media tecnología	1	
			(acero inoxidable, enchapes de aluminio y otros, vidrio endurecido, porcelanatos y otros) Alta tecnología	0	
Constructividad (Materiales y sistemas constructivos)	4	Metálicos: -Aluminio -Acero -Cobre -Hierro	Más del 75% de los elementos metálicos utilizados en el proyecto constan de metales con menor factor de energía embebida y el uso general de los elementos metálicos se hace de manera racionalizada en la estructura principal y secundaria, evitándolos en acabados.	3	1
			Más del 50% de los elementos metálicos utilizados en el proyecto constan de metales con menor factor de energía embebida y el uso general de los elementos metálicos se hace de manera racionalizada en la estructura principal y secundaria, evitándolos en acabados.	2	
			Más del 25% de los elementos metálicos utilizados en el proyecto constan de metales con menor factor de energía embebida y el uso general de los elementos metálicos se hace de manera racionalizada en la estructura principal y secundaria, evitándolos en acabados.	1	
			Menos del 25% de los elementos metálicos utilizados en el proyecto constan de metales con menor factor de energía embebida y el uso general de los elementos metálicos se hace de manera racionalizada en la estructura principal y secundaria, evitándolos en acabados.	0	
	4			12	4

CUADRO RESUMEN		Unidad
Total de variables Físico Ambientales	4	variables
Total de puntos alcanzables	12	puntos
Total de puntos obtenidos	4	puntos
Valor porcentual	33.33	%

Tabla 10. Modelo Multicriterio: Peso relativo Físico-Ambiental (Versión Actual). Fuente: Elaboración propia

El proyecto arquitectónico en cuestión ha sido cuidadosamente planificado para garantizar una ubicación y una orientación que permitan aprovechar al máximo los recursos bioclimáticos de la zona, evitando los impactos negativos. La geometría del edificio ha sido diseñada para protegerlo de los vientos y la incidencia solar directa, contribuyendo así a mantener un buen nivel de confort interior.

Sin embargo, el uso de sistemas constructivos como el concreto armado tiene su lado negativo, ya que durante la etapa de construcción, puede generar impactos significativos en el medio ambiente y

en la comunidad circundante, debido a la duración de la construcción y a la alta energía embebida de la mayoría de los materiales utilizados.

Para minimizar este impacto, se ha adoptado un enfoque sostenible en la selección de materiales. Al menos un 25% de los metales con menor factor de energía embebida, como el aluminio, acero, cobre y hierro, se están utilizando de manera racional en la estructura principal y secundaria del edificio, evitándolos en los acabados. De esta manera, se busca minimizar la huella de carbono del proyecto y mejorar su sostenibilidad a largo plazo.

SOCIO - CULTURAL					
SUBCOMPONENTES	No	VARIABLE	ESTADOS	Puntos	PUNTAJE Obtenido
Aspectos psicosociales	1	Fomentar la conciencia ambiental, protección y recuperación de entornos naturales de la comunidad	Participación activa y con iniciativas en el fomento de la conciencia ambiental, protección y recuperación de entornos naturales en la comunidad	3	3
			Participación pasiva en el fomento de la conciencia ambiental, protección y recuperación de entornos naturales en la comunidad	2	
			Participación pasiva en el fomento de la conciencia ambiental	1	
			No se fomenta la conciencia ambiental, protección y recuperación de entornos naturales en la comunidad	0	
	2	Adaptabilidad e integración armónica al perfil urbano y tipologías arquitectónicas existentes	Buena integración: Diseño, texturas y materiales acorde con el perfil urbano	3	3
			Mediana integración	2	
			Poca integración	1	
			El edificio no presenta un diseño, texturas ni materiales acordes al perfil	0	
	3	Espacios dentro del proyecto para el desarrollo de actividades sociales, culturales, de relajación (pasivas)	El proyecto cuenta con tres o mas espacios para estas actividades	3	3
			El proyecto cuenta con dos espacios para estas actividades	2	
			El proyecto cuenta con un espacios para estas actividades	1	
			El proyecto no ofrece ningún espacio para desarrollar estas actividades	0	
Función	4	Perturbación del entorno social durante la construcción (Contaminación del suelo y aire, contaminación visual y sónica)	El proceso constructivo produce una perturbación mínima al entorno social, además, los tiempos de construcción son mínimos debido al sistema implementado	3	0
			El proceso constructivo produce una perturbación media al entorno social, además, los tiempos de construcción son medios debido al sistema implementado	2	
			El proceso constructivo produce una perturbación alta al entorno social, sin embargo, los tiempos de construcción son mínimos debido al sistema implementado	1	
			El proceso constructivo produce una perturbación alta al entorno social, además, los tiempos de construcción son altos debido al sistema implementado	0	
	4			12	9

CUADRO RESUMEN		Unidad
Total de variables Socio Culturales	4	variables
Total de puntos alcanzables	12	puntos
Total de puntos obtenidos	9	puntos
Valor porcentual	75.00	%

Tabla 11. Modelo Multicriterio: Peso relativo Socio-Cultural (Versión Actual). Fuente: Elaboración propia

El proyecto arquitectónico es un ejemplo de cómo la arquitectura puede ser una herramienta para crear un espacio habitable y atractivo, que se integre armoniosamente en el entorno urbano. Su diseño geométrico y la selección cuidadosa de texturas y materiales le confieren un aspecto elegante y coherente con el entorno. Además, la inclusión de espacios para actividades sociales, culturales y de ocio, hacen del edificio un lugar versátil y atractivo para los habitantes.

Sin embargo, el proceso de construcción de proyectos de este tipo también conlleva desafíos importantes. Durante la etapa de construcción, puede haber una serie de impactos negativos en el entorno social, como la contaminación del suelo y del aire, la contaminación visual y acústica, y una mayor duración de la construcción. Estos impactos pueden tener un efecto negativo en la calidad de vida de la comunidad circundante y deben ser cuidadosamente considerados durante el desarrollo del proyecto para minimizar su impacto.

ECONÓMICO - FINANCIERO						
SUBCOMPONENTES	No	VARIABLE	ESTADOS	Puntos	PUNTAJE Obtenido	
La constructividad	Manejo y montaje	1	Velocidad de ensamble de los elementos constructivos	El sistema constructivo cuenta con piezas de fácil ensamble (no se necesita mano de obra muy calificada)	3	0
				El sistema constructivo cuenta con piezas de ensamble complejas (se necesita mano de obra calificada)	2	
				El sistema constructivo no cuenta con piezas de ensamble eficientes, aunque no se necesite mano de obra muy calificada	1	
				El sistema constructivo es artesanal o conlleva mucho tiempo entre fases constructivas	0	
	Uso adecuado de materiales	2	Se utilizan sistemas constructivos livianos no estructurales que representan reducción de peso de la edificación kg/m2	Se presenta evidencia documental de que la edificación ha sido diseñada con sistemas constructivos con pesos menores a 90 kg/m2 en al menos tres de los siguientes componentes: cubiertas, cerramientos, divisiones internas	3	1
				Se presenta evidencia documental de que la edificación ha sido diseñada con sistemas constructivos con pesos menores a 90 kg/m2 en al menos dos de los siguientes componentes: cubiertas, cerramientos, divisiones internas	2	
				Se presenta evidencia documental de que la edificación ha sido diseñada con sistemas constructivos con pesos menores a 90 kg/m2 en al menos uno de los siguientes componentes: cubiertas, cerramientos, divisiones internas	1	
				No se presenta evidencia documental de que la edificación ha sido diseñada con sistemas constructivos con pesos menores a 90 kg/m2 en alguno de los siguientes componentes: cubiertas, cerramientos, divisiones internas	0	
Costos	Construcción	3	Constructibilidad - Resolución e inclusión de conceptos constructivos en la fase de diseño de planos, planificación, estandarización, modulación, uso adecuado de materiales	a- Estricta conceptualización y manejo de la técnica constructiva	3	2
				b- Buena conceptualización y manejo de técnica constructiva	2	
				c- Regular conceptualización y aceptable manejo de técnica constructiva	1	
				d- Mala conceptualización y mala manejo de técnica constructiva	0	
El grado tecnológico del proceso	Materiales de bajo consumo energético	4	Inversión en materiales producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de invernadero, u otro criterio de sostenibilidad	Al menos el 50% de los materiales han sido producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de invernadero, u otro criterio de sostenibilidad	3	3
				Al menos el 40% de los materiales han sido producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de invernadero, u otro criterio de sostenibilidad	2	
				Al menos el 30% de los materiales han sido producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de invernadero, u otro criterio de sostenibilidad	1	
				Menos del 30% de los materiales han sido producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de invernadero, u otro criterio de sostenibilidad	0	
		4			12	6

CUADRO RESUMEN		Unidad
Total de variables Económico Financieras	4	variables
Total de puntos alcanzables	12	puntos
Total de puntos obtenidos	6	puntos
Valor porcentual	50.00	%

	Puntos	Peso Relativo
RESULTADO	4	21.05%
IDENTIDAD DEL PROYECTO, ENTORNO Y TRANSPORTE	4	21.05%
CONFIGURACIÓN DEL EDIFICIO Y BIENESTAR ESPACIAL	9	47.37%
SUSTENTABILIDAD	6	31.58%
Total	19	100.00%

Tabla 12. Modelo Multicriterio: Peso relativo Económico-Financiero y Cuadro Resumen (Versión Actual). Fuente: Elaboración propia

El sistema constructivo de muros de carga, columnas y vigas de concreto armado es un sistema constructivo artesanal que conlleva mucho tiempo, debido a su baja velocidad de ensamble de los elementos constructivos. Además, se presenta evidencia documental de que la edificación ha sido diseñada con sistemas constructivos con pesos mayores a los 90 kg/m2 en la mayoría de sus elementos, con excepción de los techos.

Sin embargo, a pesar de esto, no deja de ser un sistema confiable, con una resolución constructiva en la fase de diseño, planificación, estandarización, modulación, uso adecuado de materiales y el manejo de la técnica por el personal. Otra de las ventajas del sistema constructivo es que la inversión en materiales producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y otros criterios de sostenibilidad constan de al menos un 50%.

TABLA MULTICRITERIO FINAL

Proyecto evaluado: **CONDOMINO RESIDENCIAL VERTICAL "URBAN FLATS" - ACTUAL**

FISICO - AMBIENTAL	CUADRO RESUMEN		Unidad	Resultado
	Total de criterios de sostenibilidad Físico - Ambiental	46	variables	68.84%
	Total de puntos alcanzables	138	puntos	
	Total de puntos obtenidos	95	puntos	
	Valor porcentual	68.84%	%	
SOCIO - CULTURAL	CUADRO RESUMEN		Unidad	Resultado
	Total de criterios de sostenibilidad Socio - Cultural	21	variables	87.30%
	Total de puntos alcanzables	63	puntos	
	Total de puntos obtenidos	55	puntos	
	Valor porcentual	87.30%	%	
ECONÓMICO - FINANCIERO	CUADRO RESUMEN		Unidad	Resultado
	Total de criterios de sostenibilidad Económico - Financiero	32	variables	70.83%
	Total de puntos alcanzables	96	puntos	
	Total de puntos obtenidos	68	puntos	
	Valor porcentual	70.83%	%	

El proyecto arquitectónico tiene como objetivo maximizar el aprovechamiento de los recursos bioclimáticos y garantizar un buen nivel de confort interior, mediante un diseño geométrico adecuado y la selección de materiales sostenibles. La adopción de un enfoque sostenible en la selección de materiales incluye el uso de al menos un 25% de metales con menor factor de energía embebida en la estructura principal y secundaria del edificio, lo que busca minimizar la huella de carbono y mejorar la sostenibilidad a largo plazo. Además, el proyecto es un ejemplo de cómo la arquitectura puede ser una herramienta para crear un espacio habitable y atractivo, que se integre armoniosamente en el entorno urbano.

Sin embargo, durante la etapa de construcción, el proyecto puede generar impactos negativos en el entorno social y ambiental, como la contaminación del suelo y del aire, la contaminación visual y acústica y una mayor duración de la construcción. Estos impactos deben ser cuidadosamente considerados para minimizar su impacto. Además, el sistema constructivo de muros de carga, columnas y vigas de concreto armado es un sistema artesanal que requiere mucho tiempo, pero es confiable y ofrece una inversión en materiales producidos bajo estándares de sostenibilidad de al menos un 50%.

FASE III: VALIDACIÓN

Distrito Pozos de Santa Ana, San José, Costa Rica

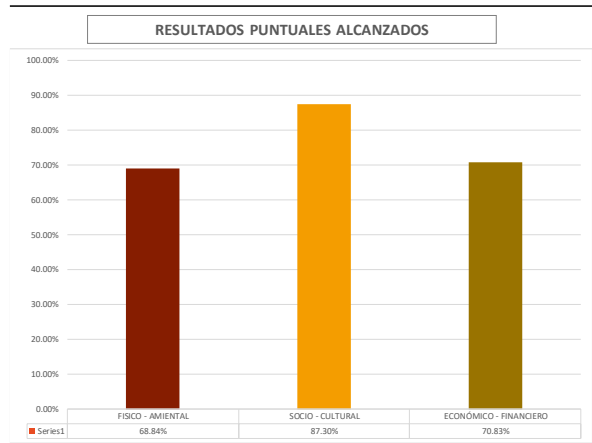


Tabla 13. Tabla Modelo Multicriterio final (Versión Actual).
Fuente: Elaboración propia

La evaluación inicial con el Modelo Multicriterio muestra que el proyecto actual presenta un alto potencial de éxito con un porcentaje del 78.21%, lo cual es un resultado prometedor para la primera evaluación. Para la segunda evaluación, se espera mejorar aún más este resultado, siguiendo las variables con peor evaluación en cuanto a peso relativo.

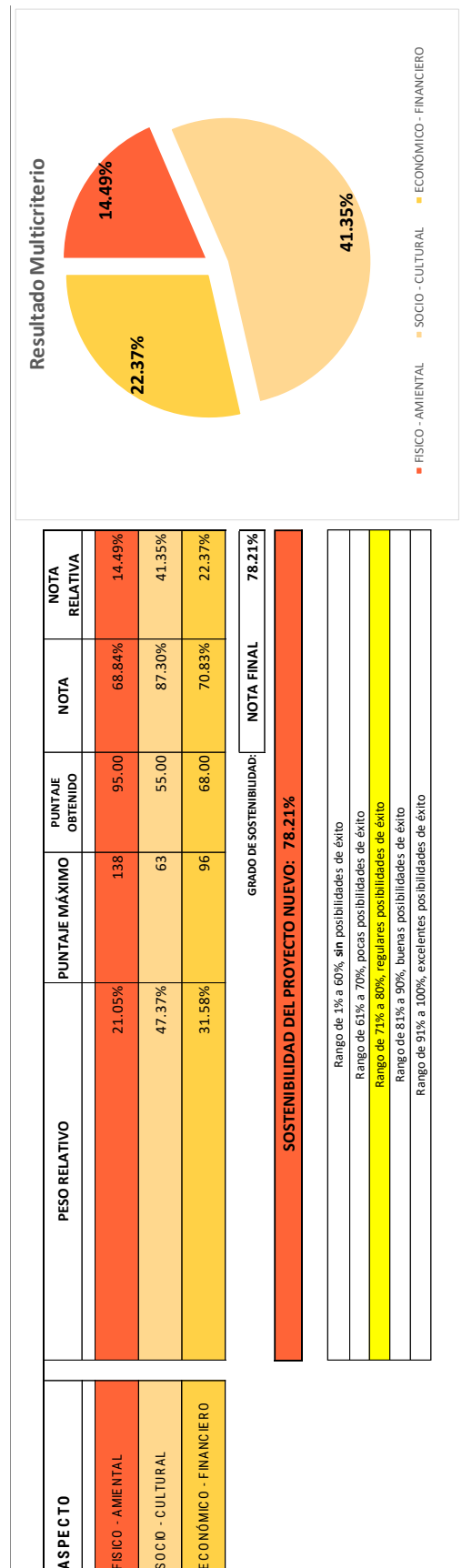


Tabla 14. Probabilidades de éxito del proyecto según el Modelo Multicriterio (Versión Actual). Fuente: Elaboración propia

7.7.1) PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN BASADAS EN PRIMERO RESULTADOS DEL MODELO MULTICRITERIO

Físico - Ambiental		ECONÓMICO - FINANCIERO	
2	Impacto al entorno por la duración de la etapa constructiva	0	1
3	Selección de materiales de baja energía embebida	0	2
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Sistema mecano + pernos <input type="checkbox"/> Paneles de microconcreto <input type="checkbox"/> Uso racionalizado de materiales teniendo en cuenta su impacto ambiental <input type="checkbox"/> Aislamientos termoacústicos 		<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Velocidad de ensamble de los elementos constructivos <input type="checkbox"/> Se utilizan sistemas constructivos livianos no estructurales que representan reducción de peso de la edificación kg/m2 <input type="checkbox"/> Tiempos de construcción <input type="checkbox"/> Costos por mantenimiento 	
SOCIO - CULTURAL			
4	Perturbación del entorno social durante la construcción (Contaminación del suelo y aire, contaminación visual y sónica)	0	
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Análisis de incidencia solar <input type="checkbox"/> Análisis de procedencia de ruidos <input type="checkbox"/> Protección contra incendios 			

Tabla 15. Propuestas de intervención basadas en el resultado del Modelo Multicriterio (Versión Actual). Fuente: Elaboración propia

7.8) TABLA DE HALLAZGOS DE LA FASE 1

La fase 1 de la investigación del condominio residencial vertical Urban Flats ha producido hallazgos interesantes sobre el sistema constructivo y su entorno. La investigación busca cambiar el sistema constructivo actual de columnas, vigas y muros de concreto a un sistema de columnas y vigas de acero tipo mecano con componentes y pernos.

TABLA DE HALLAZGOS DE LA FASE 1

Tema	Descripción
Temperaturas	Las temperaturas son elevadas pero se pueden controlar parcialmente con buena ventilación y protección en ventanas, terrazas y fachadas. Se recomiendan técnicas como sombreadores, ventilación cruzada, materiales reflectantes, sistema de ventilación mecánica, protección de fachadas, control de iluminación y ventilación, paneles solares y vegetación.
Nubosidad, humedad y precipitaciones	La zona presenta altos porcentajes de nubosidad, humedad y precipitaciones, por lo que una buena ventilación es esencial para mantener un nivel de confort.
Arquitectura bioclimática	El proyecto busca aprovechar al máximo los recursos bioclimáticos de la zona para reducir o eliminar el uso de aire acondicionado. Se logra a través de buena ventilación natural, orientación de las ventanas hacia las brisas, uso de porches y patios con mosquiteros, diseño geométrico para protegerse de los vientos y la incidencia solar directa y selección sostenible de materiales.
Desafíos de construcción	El proceso de construcción conlleva desafíos como impactos negativos en el medio ambiente y la comunidad circundante. El sistema constructivo requiere tiempo pero es necesario para asegurar la durabilidad y seguridad estructural del edificio.
Norma ISO 15686	La norma iso 15686 es la forma recomendada para estimar la vida útil de los edificios. Toma en cuenta factores de durabilidad como la calidad del diseño arquitectónico y constructivo, calidad de materiales de construcción, medio ambiente interior y exterior, calidad de mano de obra, uso del edificio, tipo y grado de mantenimiento. No es exacta y depende del análisis y experiencia del diseñador.
Método por factores	El método por factores es una técnica utilizada para estimar la vida útil de edificios y estructuras. Se basa en la asignación de un puntaje a cada elemento de la estructura, teniendo en cuenta diferentes factores. Es aproximativo y subjetivo en parte, por lo que no garantiza exactitud. Se recomienda consultar la norma iso 15686 y utilizar métodos predictivos y pruebas de envejecimiento acelerado en el laboratorio cuando se requiera mayor exactitud.

Tabla 16. Hallazgos de la fase 1. Fuente: Elaboración propia.

7.9) TABLA DE RECOMENDACIONES DE LA FASE 1

La investigación del condominio residencial vertical Urban Flats busca realizar un importante cambio en su sistema constructivo, pasando de columnas, vigas y muros de concreto a un sistema de columnas y vigas de acero tipo mecano con componentes y pernos. En la fase 1 de la investigación, se han encontrado recomendaciones esenciales para mejorar la climatización, el diseño arquitectónico, la durabilidad y el método de estimación de la vida útil del edificio.

TABLA DE RECOMENDACIONES DE LA FASE 1

Tema	Recomendación
Climatización	Incorporar técnicas como sombreadores, ventilación cruzada, materiales reflectantes, sistema de ventilación mecánica, protección de fachadas, control de iluminación y ventilación, paneles solares y vegetación. Se recomienda consultar a un especialista en climatización y arquitectura para recibir asesoría personalizada.
Diseño arquitectónico	Aprovechar los recursos bioclimáticos de la zona, buena ventilación natural, orientación de las ventanas hacia las brisas, utilización de porches y patios con mosquiteros, diseño geométrico cuidadoso para proteger del viento y la incidencia solar directa, enfoque sostenible en la selección de materiales.
Durabilidad	Utilizar la norma iso 15686 para estimar la vida útil del edificio. Tener en cuenta factores como la calidad del diseño arquitectónico y constructivo, la calidad de los materiales de construcción, el tipo de medio ambiente interior y exterior, la calidad de la mano de obra, el uso del edificio, el tipo y grado de mantenimiento, etc.
Método de estimación de la vida útil	Utilizar el método por factores como herramienta aproximativa. Consultar la norma iso 15686 para ampliar conocimiento sobre el método y revisar detalles técnicos. Utilizar métodos predictivos, modelos matemáticos y pruebas de envejecimiento acelerado de materiales en el laboratorio si se requiere mayor exactitud.

Tabla 17. Tabla de recomendaciones de la fase 1. Fuente: Elaboración propia.

FASE 2: CONFIGURACIÓN

La fase 2 de la investigación tiene como objetivo profundizar en el análisis de los componentes del sistema constructivo propuesto, que consta de columnas y vigas metálicas con conexiones apernadas y uniones tipo mecano. El sistema estructural tipo mecano es un sistema constructivo en el que las conexiones entre las diferentes partes de la estructura se realizan a través de elementos mecánicos, como tornillos, tuercas y arandelas. Este sistema es comúnmente utilizado en la construcción de edificios de acero y se considera una alternativa más rápida y eficiente a otros sistemas constructivos, como las conexiones soldadas. La seguridad y la eficacia del sistema estructural tipo mecano dependen de la correcta instalación y diseño de las conexiones mecánicas, por lo que es importante investigar y evaluar estos aspectos antes de su uso en la construcción.

Es importante analizar los tipos de conexiones y los tipos de fallas de las uniones de un sistema estructural tipo mecano porque las conexiones son un componente crítico en la estructura, ya que deben garantizar la transmisión de cargas entre los componentes y el cumplimiento de las funciones estructurales. El conocimiento de los diferentes tipos de conexiones y su clasificación permitirá seleccionar la más adecuada para cada situación y asegurar la estabilidad y seguridad de la estructura.

Además, el análisis de los modos de falla en las uniones permitirá prevenir posibles fallos en la estructura y garantizar la integridad de esta ante cargas dinámicas y estáticas. Esto es esencial para garantizar la seguridad de las personas que utilizarán el edificio y la protección de los bienes alojados en el mismo.

El diseño en cortante y tensión es un aspecto crucial en la construcción de estructuras. Cortante y tensión son las dos cargas principales que actúan sobre un componente estructural y se deben tener en cuenta al diseñar los componentes y las conexiones para garantizar que la estructura sea segura y capaz de resistir las cargas a las que está sometida.

Los métodos de instalación también son cruciales para garantizar la seguridad y la eficiencia en la construcción. La correcta instalación de los componentes y conexiones asegura que se estén utilizando de manera adecuada y que cumplan con los requisitos de diseño y las normativas de seguridad.

En un sistema estructural tipo mecano, existen tres tipos principales de conexiones: viga-viga, viga-columna y base-columna.

- a) La conexión viga-viga se refiere a la unión de dos vigas horizontales en un punto de apoyo. Esta conexión es importante para transmitir las cargas horizontales a través de la estructura.
- b) La conexión viga-columna es la unión entre una viga y una columna vertical, y es responsable de transferir las cargas verticales a la base de la estructura.
- c) La conexión base-columna se refiere a la unión entre la base de una columna y el suelo. Esta conexión es importante para transferir las cargas verticales al suelo y garantizar la estabilidad de la estructura.

El arriostramiento es un aspecto importante en cualquier sistema estructural, ya que ayuda a mejorar la resistencia y estabilidad de la estructura. En un sistema estructural tipo mecano, el arriostramiento consiste en la adición de elementos de refuerzo horizontales, como cables o barras, que ayudan a controlar las deformaciones y reducir las tensiones en las conexiones. La ubicación de los arriostres depende de la distribución arquitectónica y funcional del edificio, por lo que es importante tener en cuenta estos factores durante el diseño.

El rediseño de un edificio con un sistema constructivo de concreto armado a un sistema constructivo de acero tipo mecano presenta varios desafíos que deben ser abordados para garantizar la seguridad y la eficiencia del edificio. Uno de los mayores desafíos es la diferencia en la resistencia, ya que el concreto armado y el acero tipo mecano tienen propiedades mecánicas y comportamientos distintos. Por lo tanto, es necesario ajustar los cálculos de resistencia y capacidad de carga para el nuevo sistema, lo que se logra conociendo los requisitos de diseño para el sistema de acero.

Además de la diferencia en la resistencia, el costo de la construcción también puede variar dependiendo del sistema constructivo utilizado, lo que requiere una planificación cuidadosa y una consideración adecuada de los presupuestos y costos a largo plazo.

Otro desafío importante en el rediseño de un edificio es la necesidad de conocer las consideraciones legales y normativas. Es crucial revisar y cumplir con todas las normativas y regulaciones aplicables a la construcción y el uso del edificio, incluyendo los requisitos de seguridad, salubridad, accesibilidad y medio ambiente. Esto no solo garantiza la seguridad y la eficiencia del edificio, sino que también puede prevenir cualquier problema legal o financiero en el futuro.

En resumen, el rediseño de un edificio con un sistema constructivo de concreto armado a un sistema constructivo de acero tipo mecano presenta varios desafíos que deben ser abordados de manera cuidadosa y detallada para garantizar el éxito del proyecto y el bienestar de los usuarios del edificio.

Por último, El Código Sísmico de Costa Rica prescribe consideraciones específicas para el diseño y construcción de edificios con estructuras de acero y uniones apernadas. Estas consideraciones incluyen los requisitos para el acero estructural, los planos y especificaciones, los planos de taller, la ductilidad local de los diferentes tipos de sistemas sismorresistentes, el espesor mínimo para elementos del sistema sismorresistente y los requisitos generales para el diseño de elementos y conexiones.

El diseño de las uniones apernadas requiere una evaluación detallada de factores como la resistencia y rigidez de las conexiones, la geometría de los componentes y las características de los materiales. Además, es importante cumplir con los requisitos mínimos de seguridad para garantizar la integridad y seguridad de la estructura durante un sismo.

Es crucial cumplir con estos requisitos para prevenir posibles daños o colapsos a la estructura y garantizar la seguridad de las personas que se encuentren en el edificio.

CAPÍTULO 8 - TEORÍA: ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE COMPONENTES Y PERNOS

Las estructuras de acero se clasifican principalmente en función de su grado de rigidez, son básicamente tres:

- a) Conexiones simples o de corte
- b) Conexiones rígidas (FR)
- c) Conexiones semi rígidas (PR).

a1 - Conexión (inglés *connection*) la combinación de elementos estructurales y elementos de unión para transmitir fuerzas entre dos o más miembros (AISC 360/2010, traducción oficial al español por ALACERO).

a2 - Junta (inglés *joint*) el área donde se unen dos o más extremos, superficies o bordes, y que incluye las placas, angulares, pernos, remaches y soldaduras empleados.

Se clasifican en juntas soldadas y juntas empernadas y por **nodo** (inglés *connection assembly, node*).

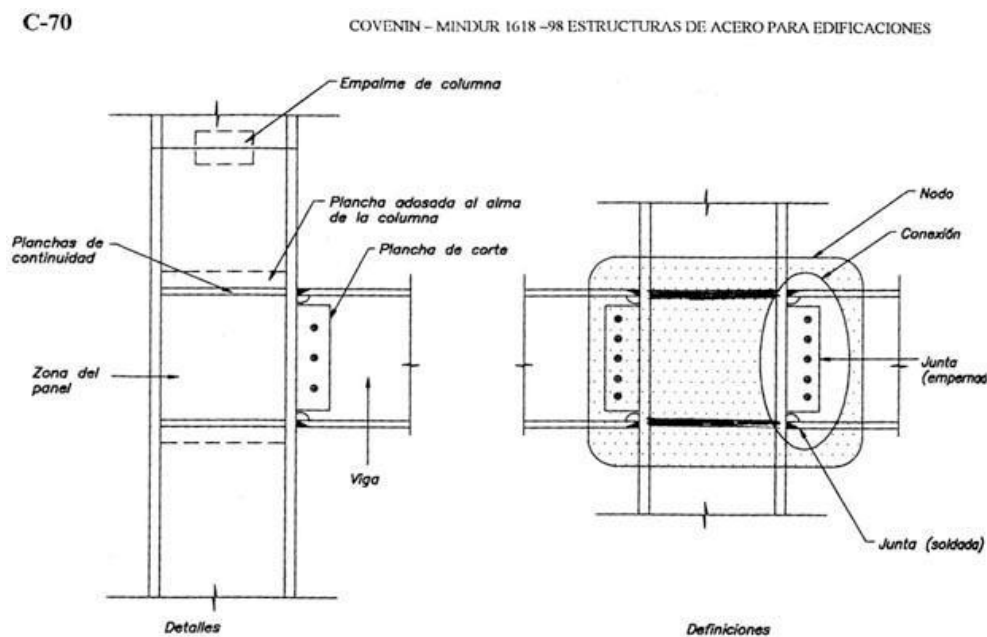


FIGURA C-11.1. Elementos de una conexión de momento en pórticos. (Detallado anterior al terremoto de Northridge 1994).

Ilustración 23. Elementos de una conexión de momento en pórticos (Detallado anterior al terremoto de Northridge 1994). Fuente: Estructuras de Acero para Edificaciones. Método de los Estado Límites

8.1.1) TIPOS DE CONEXIONES ESTRUCTURALES PARA EDIFICIOS

1. Conexión viga-columna de esquina
2. Conexión viga-columna
3. Conexión de viga secundaria a viga principal
4. Empalme de columna y de cabezal
5. Placa base de columna
6. Conexión de larguero de techo y de fachada

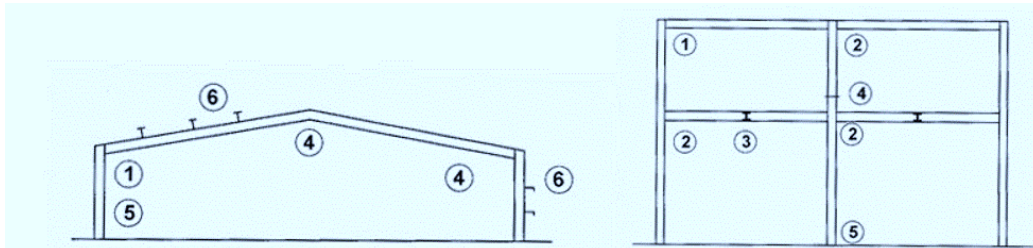


Ilustración 24. Tipos de conexiones estructurales para edificios. Fuente: Revisión, elaboración del guión y locución a cargo del Dpto. de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile con coordinación del Ing. Ricardo Herrera.

8.1.2) CLASIFICACIÓN

- a. Por tipo de conectores
 - Remaches (en desuso)
 - Soldadura
 - Tornillos de alta resistencia ASTM A325 y ASTM 490
- b. Por rigidez de la conexión
 - Flexible
 - Semirrígida
 - Rígida
- c. Por elementos de conexión
 - Ángulos
 - Placas y ángulos
 - Ángulos de asiento
 - Perfiles Te
- d. Por fuerza que transmiten
 - Fuerza cortante (conexión flexible)
 - Fuerza cortante y momento flexionante (conexión rígida o semirrígida)
 - Fuerzas internas de tensión y compresión (armaduras y contraventeos)

- e. Por lugar de fabricación
 - Conexiones de taller (hechas en el taller de fabricación de estructuras metálicas)
 - Conexiones de campo (fabricadas en el taller y armadas en el sitio de la obra)
- f. Por mecanismo de resistencia de la conexión
 - Conexiones por fricción
 - Conexiones por aplastamiento

Todas las variables mencionadas son relevantes en la toma de decisión del proyecto (análisis, diseño y detallado), la fabricación, el montaje, la inspección y el control y el aseguramiento de la calidad, partiendo por el concepto estructural. Se deberán tener especialmente en consideración *las* condiciones específicas y locales del proyecto, como: (“UNIONES Y CONEXIONES EN ESTRUCTURAS DE ACERO - Blogger”)

- a.* Accesibilidad
- b.* Transporte
- c.* Visibilidad de la conexión
- d.* Disponibilidad de talleres
- e.* Mano de obra calificada
- f.* Equipamiento local

8.1.2.1) VENTAJAS / DESVENTAJAS DE LAS CONEXIONES APERNADAS

8.1.2.2) VENTAJAS

Las juntas atornilladas presentan una serie de ventajas que las hacen una opción popular en la construcción. En primer lugar, la rapidez en el proceso de atornillado significa que se puede avanzar más rápido en la ejecución de la obra. Además, la ausencia de la necesidad de mano de obra especializada significa que el personal de construcción no requiere un alto nivel de habilidad técnica para realizar la tarea.

Otra ventaja importante es la posibilidad de realizar una inspección visual sencilla y económica. Esto significa que se puede detectar cualquier problema o desgaste en las piezas con facilidad y a un bajo costo. Además, en caso de ser necesario, la facilidad para sustituir piezas dañadas es otro factor importante que contribuye a la eficiencia y la calidad de la obra.

En general, las juntas atornilladas ofrecen una mayor calidad en la obra, lo que se traduce en una construcción más segura y duradera. Además, la combinación de rapidez, eficiencia y calidad significa que se pueden ahorrar tiempo y costos en el proceso de construcción.

8.1.2.3) DESVENTAJAS

Estos aspectos negativos deben ser considerados cuidadosamente al momento de decidir si se utilizará una junta atornillada en un proyecto de construcción. El mayor trabajo en taller significa que se requiere más tiempo y esfuerzo para fabricar las piezas y ensamblarlas correctamente, lo que puede aumentar los costos y el tiempo de ejecución. La elaboración cuidadosa de los planos de taller y de montaje es crucial para garantizar una correcta ejecución de la obra y evitar errores que puedan afectar la calidad y la seguridad de la estructura. La necesidad de una mayor precisión en la geometría con tolerancias al milímetro puede hacer que el proceso de fabricación y montaje sea más complicado y requiera más tiempo. Además, el mayor peso de la estructura puede requerir un mayor soporte y refuerzo, lo que puede aumentar los costos y la complejidad del proyecto. Finalmente, un menor amortiguamiento puede ser un problema en aplicaciones que requieren una buena resistencia a las vibraciones y los cargas dinámicas. En resumen, es importante evaluar cuidadosamente estos aspectos negativos antes de decidir si utilizar una junta atornillada es la mejor opción para un proyecto en particular.

8.2) CONEXIONES VIGA-COLUMNA

Las conexiones entre las vigas y las columnas son una de las conexiones más frecuentes en las estructuras de acero y concebirlas y diseñarlas correctamente corresponde no sólo a una decisión de cálculo estructural sino de manera muy significativa, a una decisión del proyecto y la construcción.

"La conexión entre vigas y columnas se puede resaltar expresivamente en el edificio, dependiendo de su visibilidad. (Acero, 2018)

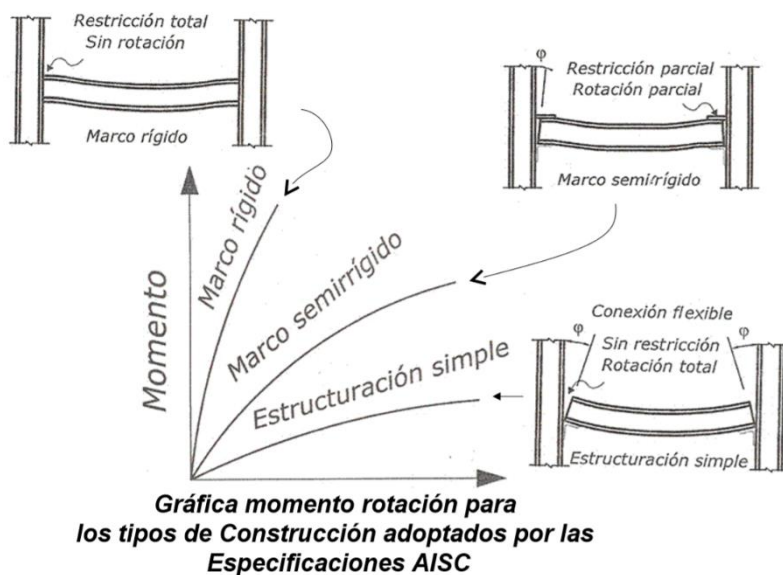


Ilustración 25. Gráfica momento rotación para los tipos de Construcción adoptados por las Especificaciones AISC. (Acero, 2018)

La gráfica momento-rotación (también conocida como diagrama de momento-rotación) es una representación gráfica de la relación entre el momento flector y la rotación en un elemento estructural,

como una viga o un pilar de acero. Esta gráfica se utiliza para determinar el comportamiento elástico y elástico-plástico de los elementos estructurales y es esencial para el diseño de estructuras de acero.

En el caso de los tipos de construcción adoptados por las especificaciones AISC (American Institute of Steel Construction) para elementos de acero, existen diferentes tipos de gráficas momento-rotación dependiendo del tipo de elemento estructural y del material utilizado. Algunos de los tipos más comunes incluyen:

- a. Gráficas momento-rotación para vigas simples: Estas gráficas muestran la relación entre el momento y la rotación en vigas simples de acero.
- b. Gráficas momento-rotación para vigas compuestas: Estas gráficas muestran la relación entre el momento y la rotación en vigas compuestas de acero y concreto.
- c. Gráficas momento-rotación para pórticos: Estas gráficas muestran la relación entre el momento y la rotación en pórticos de acero.
- d. Gráficas momento-rotación para elementos con sección compuesta: Estas gráficas muestran la relación entre el momento y la rotación en elementos de acero con secciones compuestas, como vigas dobles o pórticos compuestos.

Es importante tener en cuenta que estas gráficas momento-rotación están basadas en las especificaciones y cálculos estructurales determinados por AISC y se deben utilizar en combinación con otras herramientas y métodos para garantizar un diseño estructural seguro y eficiente.

a. Conexiones flexibles

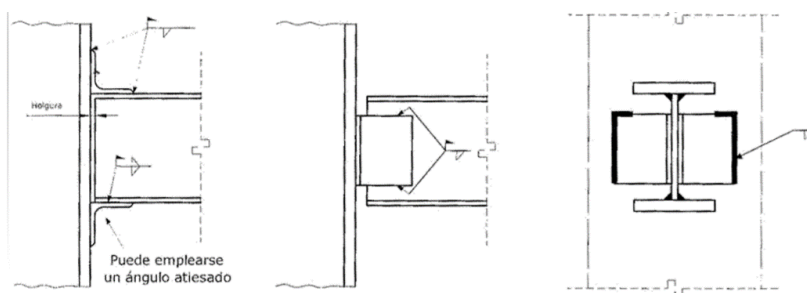


Ilustración 26. Ejemplos de conexiones flexibles. Fuente: Revisión, elaboración del guion y locución a cargo del Dpto. de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile con coordinación del Ing. Ricardo Herrera.

Las conexiones flexibles en un sistema estructural mecano son aquellas que permiten movimiento y deformación en la conexión sin que se produzcan daños en la estructura ni en los componentes conectados. Estas conexiones son esenciales para permitir la expansión y contracción termal y el movimiento debido a la carga en los edificios y estructuras.

Las conexiones flexibles en un sistema estructural mecano pueden ser de dos tipos:

1. Conexiones de resorte: Estas conexiones utilizan elementos elásticos, como resortes o muelles, para permitir el movimiento y la deformación en la conexión.
2. Conexiones de bisagra: Estas conexiones permiten rotación y movimiento en dos direcciones y se pueden utilizar para conectar vigas y columnas.

Es importante destacar que la elección del tipo de conexión flexible adecuada dependerá del tipo de estructura, del material utilizado y de los requisitos específicos de la aplicación. También es

importante seguir las especificaciones y normativas correspondientes para garantizar una conexión flexible segura y eficiente.

b. Conexiones rígidas

Las conexiones rígidas en un sistema estructural mecano son aquellas que no permiten movimiento ni deformación en la conexión, es decir, transmiten las cargas sin deformarse. Estas conexiones son esenciales para mantener la estabilidad y la rigidez de la estructura.

Las conexiones rígidas en un sistema estructural mecano pueden ser de dos tipos:

1. Conexiones soldadas: Estas conexiones se realizan mediante soldadura, uniendo las piezas mediante un proceso de fusión. La conexión resultante es rígida y no permite movimiento ni deformación.
2. Conexiones de brida: Estas conexiones consisten en una brida que se atornilla o se sujeta mediante pernos a dos o más piezas. La brida crea una conexión rígida que no permite movimiento ni deformación en la conexión.

Es importante destacar que la elección del tipo de conexión rígida adecuada dependerá del tipo de estructura, del material utilizado y de los requisitos específicos de la aplicación. También es importante seguir las especificaciones y normativas correspondientes para garantizar una conexión rígida segura y eficiente.

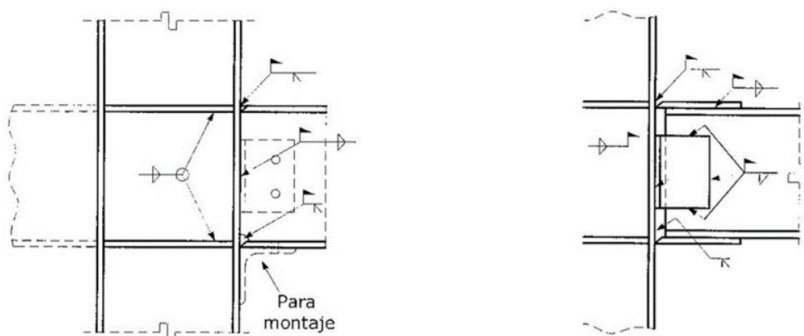


Ilustración 27. Tipos de conexión Viga-Columna. Fuente: Revisión, elaboración del guion y locución a cargo del Dpto. de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile con coordinación del Ing. Ricardo Herrera.

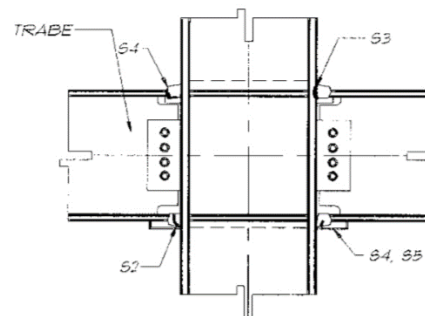
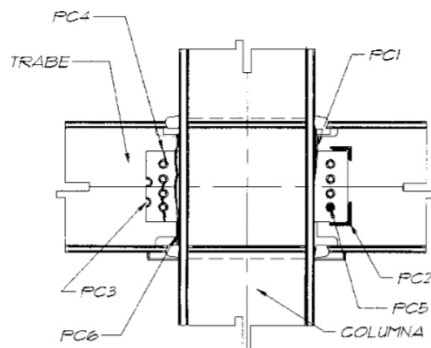
8.2.1) DAÑOS EN CONEXIONES

A continuación se describen los daños típicos en los diferentes elementos de acero estructural:

1. Daños típicos en vigas de acero
 - Fatiga: la fatiga puede ser causada por cargas repetitivas y puede resultar en grietas en la sección transversal de la viga.
 - Corrosión: la corrosión puede reducir la sección útil de la viga y debilitar la estructura.
 - Exceso de deformación: la deformación excesiva puede resultar en tensiones residuales y debilitar la estructura.
2. Daños típicos en columnas de acero:

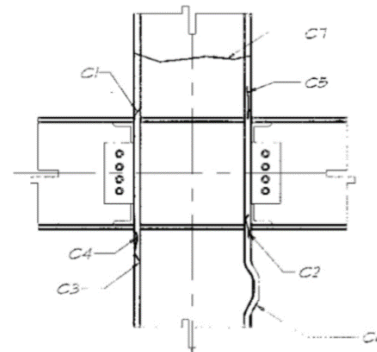
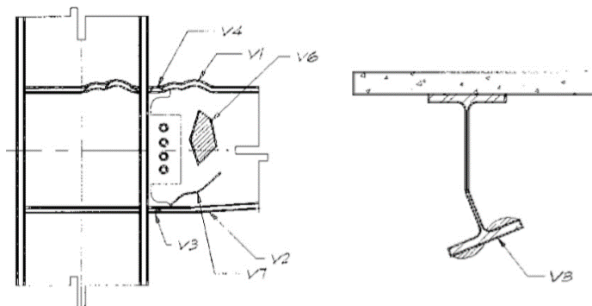
- Fatiga: la fatiga puede ser causada por cargas repetitivas y puede resultar en grietas en la sección transversal de la columna.
 - Corrosión: la corrosión puede reducir la sección útil de la columna y debilitar la estructura.
 - Exceso de deformación: la deformación excesiva puede resultar en tensiones residuales y debilitar la estructura.
3. Daños típicos en placas de cortante:
 - Desgaste: el desgaste puede ser causado por cargas repetitivas y puede resultar en una reducción de la sección útil de la placa.
 - Corrosión: la corrosión puede reducir la sección útil de la placa y debilitar la estructura.
 4. Daños típicos en soldaduras:
 - Fatiga: la fatiga puede ser causada por cargas repetitivas y puede resultar en grietas en la soldadura.
 - Corrosión: la corrosión puede reducir la sección útil de la soldadura y debilitar la estructura.
 5. Daños típicos en conexiones soldadas viga-columna:
 - Fatiga: la fatiga puede ser causada por cargas repetitivas y puede resultar en grietas en la soldadura.
 - Corrosión: la corrosión puede reducir la sección útil de la soldadura y debilitar la estructura.
 - Exceso de deformación: la deformación excesiva puede resultar en tensiones residuales y debilitar la conexión.

Es importante monitorear regularmente estos elementos y realizar inspecciones periódicas para detectar y prevenir los daños antes de que afecten la integridad y seguridad de la estructura.



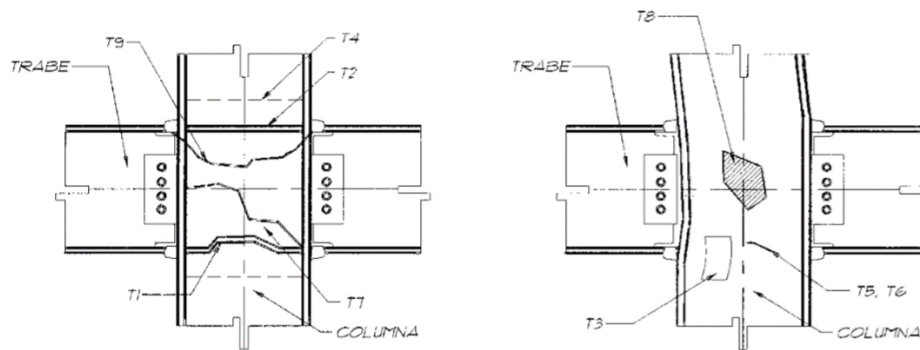
DAÑOS TÍPICOS EN PLACAS DE CORTANTE

DAÑOS TÍPICOS EN SOLDADURAS



DAÑOS TÍPICOS EN VIGAS

DAÑOS TÍPICOS EN COLUMNAS



DAÑOS TÍPICOS EN CONEXIONES SOLDADAS VIGA-COLUMNA

Ilustración 28. Daños en estructuras de acero como consecuencias de sismos intensos. Fuente: Revisión, elaboración del guion y locución a cargo del Dpto. de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile con coordinación del Ing. Ricardo Herrera.

8.3) CONEXIONES VIGA-VIGA

8.4) CONEXIONES BASE-COLUMNA

"Las columnas se definen básicamente como elementos que están sometidos a esfuerzos axiales de compresión, aunque ocasionalmente sometidos a esfuerzos horizontales (**viento y sismo**) que pueden introducir solicitaciones importantes de tracción, flexión y hasta torsión." ("Conexiones base-columna - Arquitectura en Acero")

En las estructuras de acero, las columnas se pueden formar a partir de las múltiples posibilidades y variedades de perfiles conformados y/o laminados y también a partir de soluciones soldadas y de la combinación de varias de estas alternativas. La geometría y disposición de las columnas dependerá de cada proyecto y del modelo estructural que lo ordene.

Todas las columnas, independientes de su diseño, deberán transmitir los esfuerzos al terreno a través de las fundaciones. En ese contexto, la conexión de la columna a la fundación es un

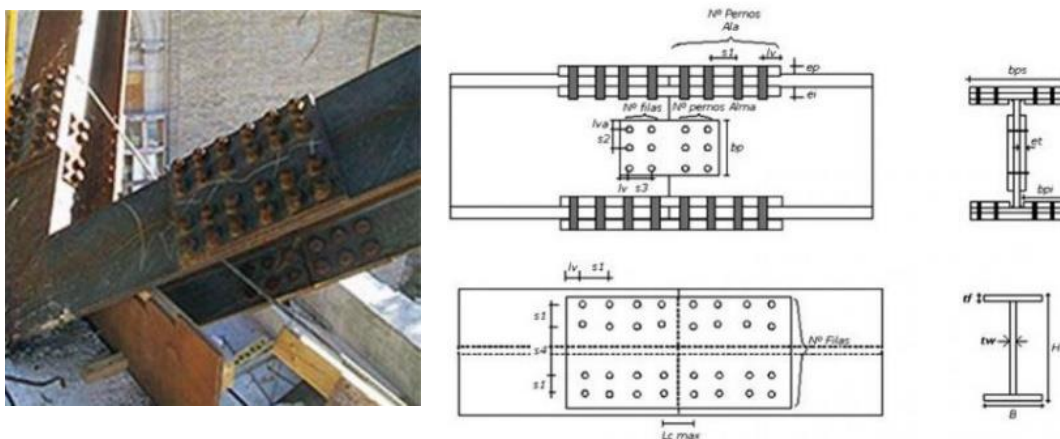


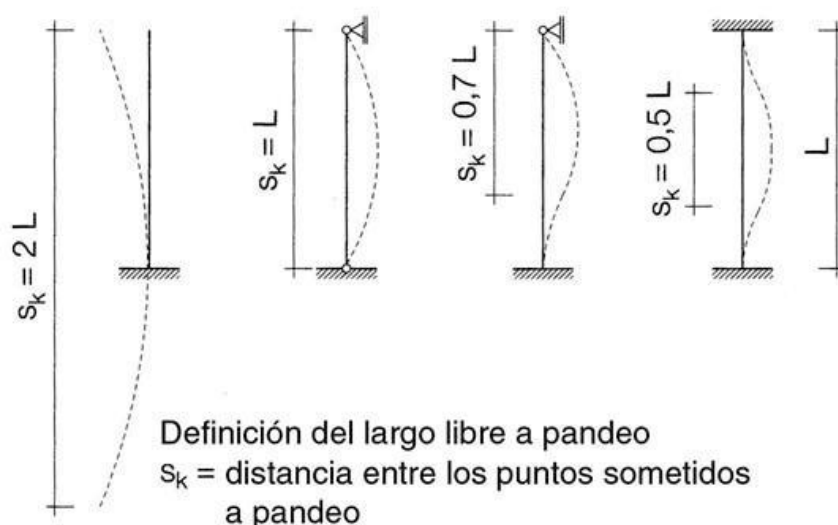
Ilustración 29. Empalme de momento apernado en obra. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project

elemento crítico en el diseño estructural que tiene gran importancia en el diseño arquitectónico.
(Alacero, 2018)

Por tratarse de la transmisión de cargas axiales de compresión en estructuras que en acero son usualmente esbeltas o muy esbeltas, hay dos aspectos que se deben tomar en consideración.

- 1- Primero, que no será tratado en profundidad en esta sección, es el pandeo, que puede ser lateral o por flexión. El pandeo lateral, corresponde a la característica que tienen los elementos esbeltos de desplazarse en el sentido transversal a la carga cuando ésta supera un determinado valor. Otra forma de pandeo es el pandeo por flexión (o pandeo de Euler).

Ambas dependen de que se supere la llamada carga crítica, que es dependiente de la sección de la columna, de su longitud o altura y de las conexiones que se produzcan en sus extremos.



Es comprensible que las secciones robustas y los elementos **menos largos estén menos expuestos a las deformaciones de pandeo que las secciones muy esbeltas.**

*Ilustración 30. Transmisión de cargas axiales de compresión en columnas de acero.
Fuente: Alacero. Conexiones base-columna*

Existen diversas estrategias para contrarrestar la excesiva esbeltez, aparte de aumentar la sección de la columna. Entre ellas se cuentan:

- Las columnas de sección variable y
 - Las columnas de sección variable compuestas y las tensadas.
- 2- El otro aspecto importante se refiere al punzonamiento que, dada la esbeltez de la columna, ésta puede ejercer en su base sobre el elemento de cimentación que la recibe. Las bases de la columna tienen, pues, la función de hacer la transición entre el acero y el hormigón a fin de que no se sobrepasen las tensiones admisibles y que las cargas verticales se distribuyan de manera uniforme hasta la fundación y, a través de ella, al terreno.

- **Placas base - columna**

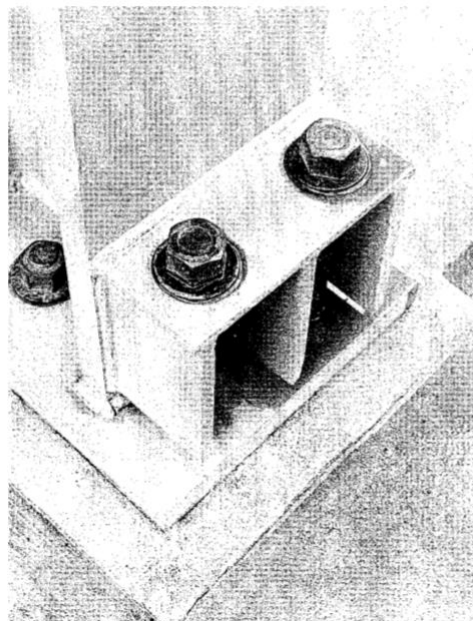


Ilustración 31. Fotografías de placas base-columna. Fuente: Alacero. Conexiones base-columna

8.4.1) DAÑOS EN PLACAS BASE

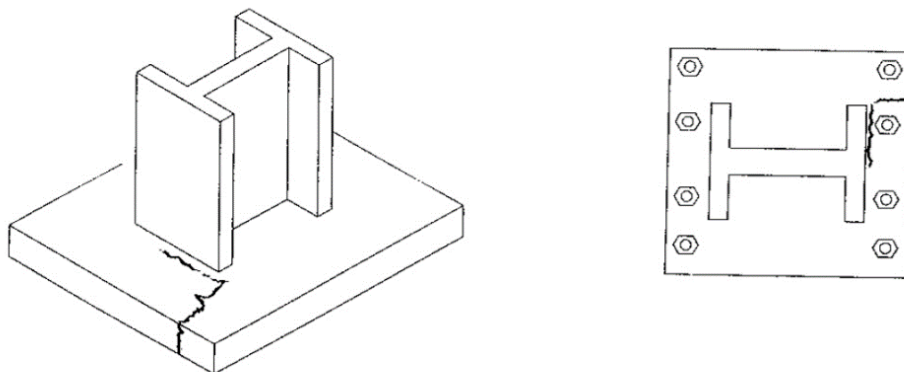
En un sistema estructural de acero tipo mecano, las placas base son componentes críticos que se encuentran en la base de las columnas metálicas y están diseñadas para transmitir cargas desde la estructura hasta el suelo. Estas placas deben ser resistentes y estables para garantizar la integridad estructural de la edificación. Sin embargo, a lo largo del tiempo y debido a factores como la corrosión, la fatiga y los cambios en las cargas a las que están sometidas, las placas base pueden sufrir daños.

1. **Corrosión:** Es uno de los daños más comunes en las placas base de las columnas metálicas, especialmente en entornos húmedos y salinos. La corrosión puede debilitar la estructura y aumentar el riesgo de fallos.
2. **Deformación:** Se produce cuando las placas base se ven sometidas a cargas excesivas o cuando no se ajustan correctamente durante la construcción. La deformación puede afectar la capacidad de la columna para soportar cargas y debilitar la estructura.
3. **Agrietamiento:** Este daño puede ser causado por cargas repetitivas o por una mala calidad de la placa base. El agrietamiento puede debilitar la estructura y aumentar el riesgo de fallos.
4. **Separación:** La separación se produce cuando la adherencia entre la placa base y el suelo se pierde o cuando la placa base no se instala correctamente. Esto puede debilitar la estructura y aumentar el riesgo de fallos.
5. **Pérdida de adherencia con el suelo:** La pérdida de adherencia con el suelo puede ser causada por una mala instalación o por una falta de adherencia entre la placa base y el suelo. Esto puede debilitar la estructura y aumentar el riesgo de fallos.

Se debe monitorear regularmente las placas base de las columnas metálicas para detectar cualquier signo de daño a tiempo y tomar medidas para remediar el problema antes de que se convierta en una

amenaza para la integridad estructural de la edificación. Si se detectan daños en las placas base, es posible que sea necesario reemplazarlas o realizar reparaciones para restaurar su capacidad de carga.

En resumen, los daños en las placas base de las columnas metálicas pueden ser causados por una combinación de factores, como la corrosión, la fatiga y la exposición a cargas excesivas, y pueden tener un impacto negativo en la integridad estructural de la edificación. Por lo tanto, es importante monitorear regularmente las placas base y tomar medidas para remediar cualquier problema identificado. (Orozco, 2015)



Fractura en placas base de columnas

DAÑOS TÍPICOS EN ESTRUCTURAS DE ACERO

Ilustración 32. Daños en placas base soldadas a columnas de acero. Fuente: Alacero. Conexiones base-columna

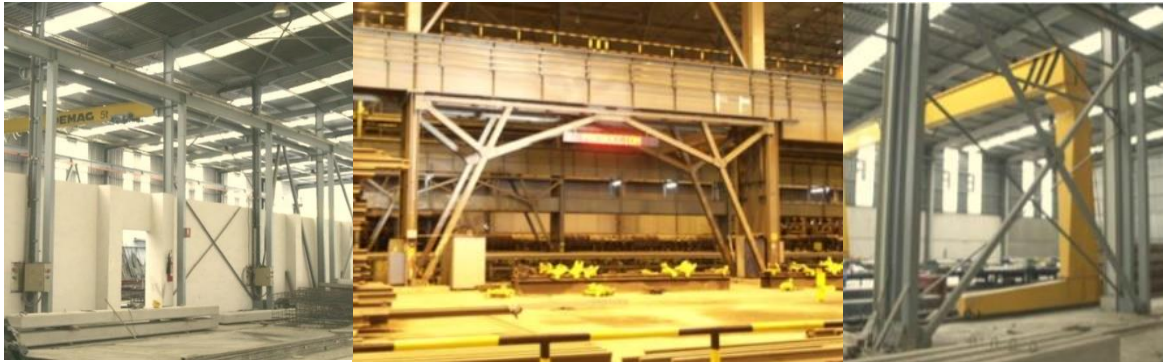
8.5) ARRIOSTRAMIENTO

Son los principales encargados de absorber por un lado las acciones del viento sobre los muros frontales, y por otro las fuerzas de inercia longitudinal originadas por el frenado y arranque de los puentes grúa. Además, suelen servir de apoyo a las “vigas de celosía” que a la altura de los faldones constituyen los arriostramientos de cubierta. (Serrano, 2016)

Cuando el edificio está constituido por varias naves en paralelo es habitual recurrir también a los arriostramientos interiores que sirven de pórticos de frenado con entramados variados.

Cuando la organización constructiva del edificio industrial es tal que el material de cierre de las paredes laterales puede por sí mismo soportar las solicitaciones longitudinales, no es necesario disponer de estos arriostrados. Por contra, si el cerramiento a utilizar es ligero, es preciso arriostar lateralmente la nave a fin de darle rigidez longitudinal.

En las figuras se indican algunas de las disposiciones más usuales, según que se precise o no permitir la circulación hacia otras naves adyacentes. En relación con la longitud de la nave, estos arriostramientos laterales se suelen disponer sólo en los módulos extremos para naves de hasta 40m y cada cuatro o cinco módulos además de los módulos extremos en el caso de naves con longitudes superiores.



*Ilustración 33. Fotografías de arriostramientos interiores con entramados variados.
Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015*

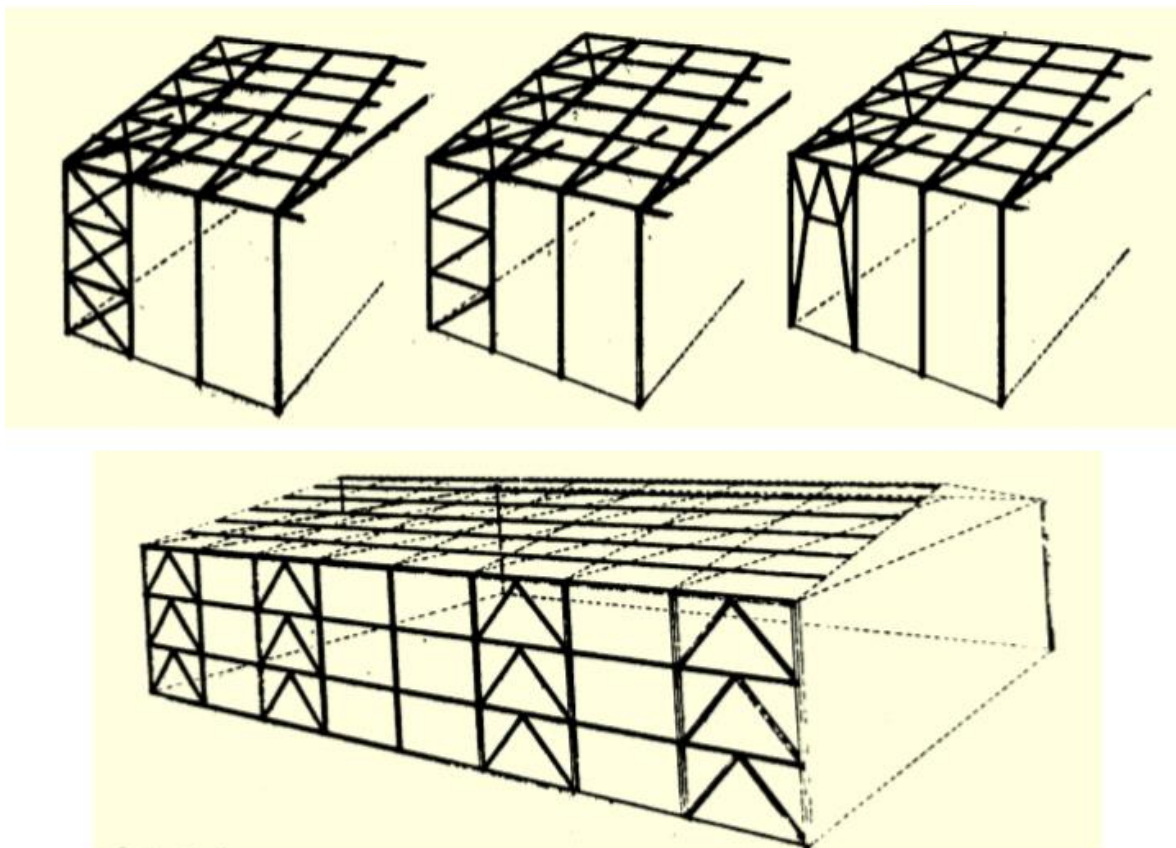


Ilustración 34. Disposiciones más usuales de arriostramientos. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015

8.5.1) ARRIOSTRAMIENTOS DE EDIFICIOS ELEVADOS

En los edificios de varios pisos, los sistemas de arriostramiento juegan un papel importante en la mitigación de los movimientos horizontales inducidos por factores externos, como el viento y los sismos. Al contar con un sistema de arriostramiento adecuado, se puede transformar una estructura susceptible a movimientos traslacionales en una estructura con comportamiento intraslacional que pueda ser analizada mediante un enfoque de esfuerzos de primer orden.

Además, en algunas situaciones, los sistemas de arriostramiento se complementan con elementos de rigidización interna, como pantallas, núcleos rígidos para ascensores y escaleras, entre otros. A medida que el edificio aumenta su altura, los sistemas de arriostramiento se vuelven más críticos para



Ilustración 35. Arriostramiento de edificios elevados. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015

garantizar la estabilidad y la seguridad de la estructura.

Los sistemas de arriostramiento también pueden afectar el aspecto estético del edificio, por lo que es importante considerar su integración en el diseño arquitectónico desde el inicio del proyecto. La elección de los materiales y la forma en que se implementa el sistema de arriostramiento también pueden influir en el costo total del proyecto.

Es importante tener en cuenta las cargas y las condiciones climáticas previstas para el lugar en el que se construirá el edificio, ya que esto influirá en la elección del sistema de arriostramiento y en la cantidad de elementos necesarios para garantizar la estabilidad y la seguridad de la estructura.

Por último, es esencial realizar un monitoreo continuo del sistema de arriostramiento y evaluar su efectividad a lo largo del tiempo. La detección temprana de cualquier problema o desgaste en el sistema de arriostramiento puede ayudar a prevenir fallos y asegurar la seguridad de los ocupantes del edificio.

8.5.2) DAÑOS EN CONTRAVENTEOS (RIOSTRAS)

Las fallas por deformación en el arriostramiento de estructuras metálicas pueden ocurrir debido a una combinación de factores, incluyendo cargas repetitivas, cargas excesivas y la calidad de los materiales utilizados. En términos generales, dos de las fallas más comunes son el pandeo y la fractura.

El pandeo es una forma de deformación permanente que ocurre cuando un elemento estructural se curva bajo carga. Esto puede ser causado por una combinación de factores, incluyendo la rigidez insuficiente de la sección transversal, la mala calidad de los materiales y las cargas repetitivas. El pandeo puede debilitar la estructura y aumentar el riesgo de fallas adicionales.

La fractura, por otro lado, es un tipo de falla que ocurre cuando un material se rompe bajo carga. La fractura en los arriostres puede ser causada por una combinación de factores, incluyendo la mala calidad de los materiales, la presencia de defectos en la fabricación y las cargas repetitivas. La fractura puede ser perjudicial para la estructura y requerir una reparación o reemplazo inmediato.

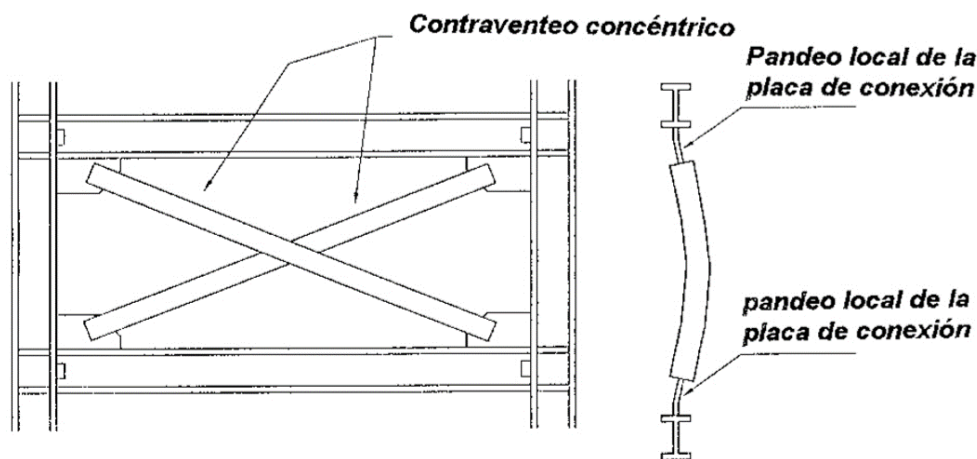
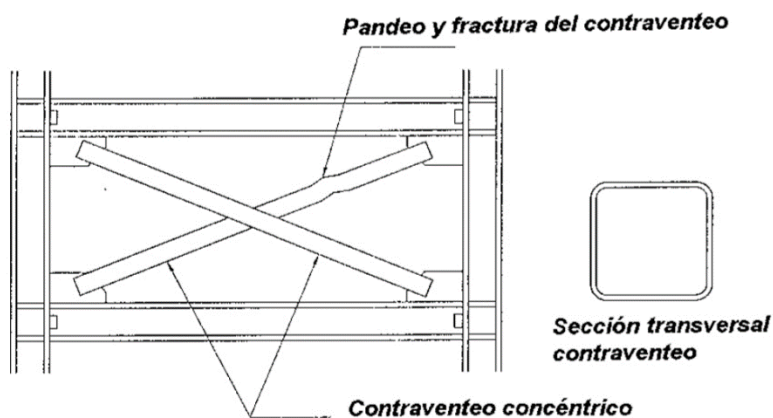


Ilustración 36. Daños típicos en estructuras de acero en contraventeos (riostros). Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015



Pandeo y fractura de contraventeos fabricados con perfiles tubulares de sección cuadrada

Ilustración 37. Pandeo y fractura de contraventeos fabricados con perfiles tubulares de sección cuadrada. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015

8.1) EL CÓDIGO SÍSMICO DE COSTA RICA 2010 – REFERENTE A CONEXIONES O NUDOS APERNADOS

El Código Sísmico de Costa Rica 2010 es un documento fundamental para garantizar la seguridad de las estructuras en caso de sismos. Este código regula el uso del acero estructural en sistemas sismorresistentes y establece los requisitos necesarios para su uso eficiente.

Además, proporciona una lista de aceros estructurales que cumplen con las características de resistencia y deformación requeridas. La importancia de los detalles en los planos y especificaciones de construcción también es destacada en el código, incluyendo información sobre la ubicación de las uniones, materiales, tamaños y espesores de los componentes, tipos de soldadura y pernos.

El código también describe la ductilidad local de los diferentes sistemas sismorresistentes, como los marcos ordinarios arriostrados concéntricamente y los muros de corte a base de placas. Además, se establece un espesor mínimo para los elementos y componentes del sistema sismorresistente y se prohíbe el uso de riostras tipo “K” debido a su potencial de contribuir a la falla de las columnas.

En resumen, el Código Sísmico de Costa Rica es una herramienta clave para garantizar la seguridad y eficiencia en la construcción de estructuras sismorresistentes en el país.

8.1.1) HALLAZGOS – CSCR 2010

1. El Código Sísmico de Costa Rica de 2010 establece requisitos para el uso de acero estructural en sistemas sismorresistentes.
2. Se brinda una lista de aceros estructurales que cumplen con ciertas características y requieren pernos con pretensión en las conexiones.
3. Se requieren detalles en los planos y especificaciones al construir con acero estructural y los planos de taller son documentos importantes para la fabricación y control de calidad.
4. La ductilidad local de los diferentes tipos de sistemas sismorresistentes se describe, con diferentes niveles de ductilidad global y capacidad de disipación de energía.
5. El uso de riostras tipo "K" está prohibido por el código.
6. Se establece un espesor mínimo de 3 mm para cualquier elemento o componente del sistema sismorresistente.

8.1.2) RECOMENDACIONES – CSCR 2010

1. Se recomienda cumplir con los requisitos establecidos por el Código Sísmico de Costa Rica al utilizar acero estructural en sistemas sismorresistentes.
2. Se sugiere revisar cuidadosamente los detalles de los planos y especificaciones al construir con acero estructural para garantizar el desempeño esperado de la estructura.
3. Se debe prestar atención a la elaboración de los planos de taller para garantizar una información mínima específica y una transmisión clara de las intenciones del diseñador.
4. Se recomienda evaluar y elegir cuidadosamente el tipo de sistema sismorresistente adecuado para una edificación en función de su ductilidad y capacidad de disipación de energía.
5. Se debe seguir la prohibición establecida por el código de utilizar riostras tipo "K".
6. Es importante cumplir con el espesor mínimo establecido para cualquier elemento o componente del sistema sismorresistente.

8.1.3) RESUMEN DE HALLAZGOS

La estructura de un edificio es una parte fundamental para garantizar su estabilidad y seguridad. Para ello, es necesario tener en cuenta los elementos estructurales y las conexiones que los unen, ya que son los responsables de transmitir las fuerzas y cargas que actúan sobre la estructura. En este contexto, se presentan dos tablas relacionadas con las estructuras de acero y las conexiones estructurales para edificios.

La primera tabla clasifica las estructuras de acero por grado de rigidez. Las conexiones simples o de corte son aquellas con poco grado de rigidez, mientras que las conexiones rígidas tienen un alto grado de rigidez. Las conexiones semi rígidas presentan un grado intermedio de rigidez. Además, se incluye una tabla de definición de conexión y junta, donde se describe que una conexión es la combinación de elementos estructurales y elementos de unión que permiten transmitir fuerzas entre dos o más miembros, y una junta es el área donde se unen dos o más extremos, superficies o bordes.

La segunda tabla presenta los tipos de conexiones estructurales para edificios, como la conexión viga-columna de esquina, la conexión viga-columna, la conexión de viga secundaria a viga principal, el empalme de columna y de cabezal, la placa base de columna y la conexión de larguero de techo y de fachada. Además, se incluye una tabla de clasificación de las conexiones, que clasifica las conexiones por el tipo de conectores, rigidez de la conexión, elementos de conexión, fuerza que transmiten, lugar de fabricación y mecanismo de resistencia de la conexión.

CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE ACERO POR GRADO DE RIGIDEZ

CLASIFICACIÓN	Descripción
CONEXIONES SIMPLES O DE CORTE	Conexiones con poco grado de rigidez
CONEXIONES RÍGIDAS (FR)	Conexiones con alta rigidez
CONEXIONES SEMI RÍGIDAS (PR)	Conexiones con grado intermedio de rigidez

DEFINICIÓN DE CONEXIÓN Y JUNTA

DEFINICIÓN	Descripción
CONEXIÓN	Combinación de elementos estructurales y elementos de unión para transmitir fuerzas entre dos o más miembros
JUNTA	El área donde se unen dos o más extremos, superficies o bordes, incluyendo placas, angulares, pernos, remaches y soldaduras.

TIPOS DE CONEXIONES ESTRUCTURALES PARA EDIFICIOS

CONEXIÓN VIGA-COLUMNA DE ESQUINA
CONEXIÓN VIGA-COLUMNA
CONEXIÓN DE VIGA SECUNDARIA A VIGA PRINCIPAL
EMPALME DE COLUMNA Y DE CABEZAL
PLACA BASE DE COLUMNA
CONEXIÓN DE LARGUERO DE TECHO Y DE FACHADA

CLASIFICACIÓN DE LAS CONEXIONES

CLASIFICACIÓN	Descripción
POR TIPO DE CONECTORES	Remaches (en desuso), soldadura, tornillos de alta resistencia ASTM A325 y ASTM 490
POR RIGIDEZ DE LA CONEXIÓN	Flexible, semirrígida, rígida
POR ELEMENTOS DE CONEXIÓN	Ángulos, placas y ángulos, ángulos de asiento, perfiles Te
POR FUERZA QUE TRANSMITEN	Fuerza cortante (conexión flexible), fuerza cortante y momento flexionante (conexión rígida o semirrígida), fuerzas internas de tensión y compresión (armaduras y contraventeos)
POR LUGAR DE FABRICACIÓN	Conexiones de taller, conexiones de campo
POR MECANISMO DE RESISTENCIA DE LA CONEXIÓN	Conexiones por fricción, conexiones por aplastamiento

La estructura de un edificio es un aspecto crucial para garantizar su seguridad y estabilidad. Sin embargo, con el tiempo, los elementos y componentes que la componen pueden sufrir daños, lo que puede afectar su capacidad de cumplir con su función. La siguiente tabla muestra los daños típicos que pueden afectar a los elementos y componentes del sistema estructural, incluyendo vigas de acero, columnas de acero, placas de cortante, soldaduras, conexiones soldadas viga-columna y placas base. Estos daños incluyen fatiga, corrosión, exceso de deformación, desgaste, agrietamiento, separación, pérdida de adherencia y mala calidad de la placa base. Es importante tener en cuenta estos daños para garantizar la seguridad y la durabilidad de la estructura.

DAÑOS TÍPICOS EN LOS ELEMENTOS Y COMPONENTES DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

ELEMENTO	Daño típico
VIGAS DE ACERO	Fatiga, corrosión, exceso de deformación
COLUMNAS DE ACERO	Fatiga, corrosión y exceso de deformación
PLACAS DE CORTANTE	Desgaste y corrosión
SOLDADURAS	Fatiga y corrosión
CONEXIONES SOLDADAS VIGA-COLUMNA	Fatiga, corrosión y exceso de deformación
PLACAS BASE	Corrosión, deformación, agrietamiento, separación, pérdida de adherencia y mala calidad de la placa base

La construcción de un sistema estructural mecano requiere una planificación cuidadosa y una comprensión detallada de sus componentes, cargas, conectores, detalles de ensamblaje, sistemas de sujeción y protección contra incendios. Estos factores son críticos para garantizar la integridad y la estabilidad de la estructura y para cumplir con los requisitos de seguridad.

1. Componentes: Un sistema estructural mecano se compone de vigas, columnas y pisos mecánicos que se ensamblan con pernos y otros elementos de conexión. Es importante conocer los tamaños y las secciones de los componentes, así como las especificaciones de los materiales que se utilizarán.

2. Cargas: Se debe tener en cuenta las cargas que se aplicarán a la estructura, incluyendo el peso propio, la carga muerta, la carga viva y las cargas de viento y sismo.
3. Conectores: Los conectores, como pernos, tornillos y clavijas, son cruciales para la integridad y la estabilidad de la estructura. Se debe conocer los requisitos de tamaño, material y cantidad de los conectores y cómo se aplican en el ensamblaje de los componentes.
4. Detalles de ensamblaje: Se tienen que conocer los detalles de ensamblaje de la estructura, incluyendo la ubicación de las vigas, las conexiones entre las vigas y las columnas, las juntas de expansión, los detalles de anclaje y los detalles de los pisos mecánicos.
5. Sistemas de sujeción: Se deben conocer los sistemas de sujeción, como los anclajes y las barras de contención, y cómo se aplican para garantizar la estabilidad de la estructura.
6. Protección contra incendios: Se deben tener en cuenta los requisitos de protección contra incendios, incluyendo la clasificación de incendios, la clasificación de materiales y los sistemas de protección contra incendios, como las compartimentaciones, las puertas cortafuegos y los sistemas de extinción de incendios.

Es importante destacar que el sistema estructural mecano es un sistema versátil y eficiente en términos de costos, pero puede requerir una mayor planificación y detallado que otros sistemas estructurales. Por lo tanto, es necesario investigar exhaustivamente y trabajar con un profesional experimentado en el diseño de estructuras de acero antes de empezar un proyecto de construcción.

8.2) RESUMEN DE RECOMENDACIONES

1. Tener en cuenta la clasificación de las estructuras de acero por grado de rigidez: Conexiones simples o de corte tienen poco grado de rigidez, las conexiones rígidas tienen un alto grado de rigidez, y las conexiones semi rígidas tienen un grado intermedio de rigidez.
2. Conocer los tipos de conexiones estructurales para edificios, como la conexión viga-columna de esquina, la conexión viga-columna, la conexión de viga secundaria a viga principal, el empalme de columna y de cabezal, la placa base de columna y la conexión de larguero de techo y de fachada.
3. Conocer la clasificación de las conexiones por tipo de conectores, rigidez de la conexión, elementos de conexión, fuerza que transmiten, lugar de fabricación y mecanismo de resistencia de la conexión.
4. Utilizar conectores de alta resistencia como tornillos ASTM A325 y ASTM 490, especialmente en las conexiones de carga crítica.
5. Asegurarse de que la conexión se fabrique en el lugar adecuado (taller o campo) y tenga el mecanismo de resistencia adecuado (por fricción o aplastamiento).
6. Considerar la rigidez de la conexión, dependiendo de la fuerza que se espera transmitir. Las conexiones más flexibles transmiten fuerza cortante, mientras que las conexiones rígidas o semi rígidas transmiten fuerza cortante y momento flexionante, además de fuerzas internas de tensión y compresión.
7. Verificar que la junta entre los elementos estructurales esté adecuadamente diseñada y fabricada, asegurándose de que se unan los extremos, superficies o bordes correctamente.

FASE 3: EVALUACIÓN

En la fase 3 del proyecto de investigación aplicada del Condominio Residencial Vertical "Urban Flats" en Santa Ana, Costa Rica, en esta etapa se analizará en profundidad el confort climático de los apartamentos y se llevará a cabo un estudio detallado del sistema estructural propuesto, que consiste en un sistema de columnas y vigas metálicas por componentes y pernos.

El análisis del confort climático de los apartamentos es esencial para garantizar que los residentes tengan un ambiente interior saludable y cómodo. El confort climático se refiere a la calidad del ambiente interior, incluyendo la temperatura, la humedad, la ventilación y la iluminación. Este análisis determinará cómo afecta el clima exterior a los espacios interiores y cómo se puede optimizar el diseño del edificio para garantizar un confort óptimo en todas las estaciones.

Por otro lado, el estudio del sistema estructural propuesto es fundamental para garantizar la seguridad y estabilidad del edificio. El sistema estructural se compone de columnas y vigas metálicas, y se utilizarán materiales específicos para los cerramientos, como panel de microconcreto, lámina de gypsum, aislamiento termo acústico y ventanería de doble vidrio hermético. El análisis de los componentes del sistema constructivo propuesto, incluyendo el predimensionado de las estructuras, los entrepisos, los techos, el arriostramiento y las conexiones apernadas, permitirá a los diseñadores y constructores hacer ajustes y mejoras para optimizar el rendimiento y la seguridad estructural del edificio.

Además, se llevará a cabo un análisis termoacústico para evaluar la eficiencia energética y el aislamiento acústico del edificio, sin embargo, el análisis termo acústico contemplará únicamente la propuesta del cambio de sistema estructural y cerramiento y una ingeniería de valor a este mismo. Este análisis permitirá identificar posibles puntos débiles en el sistema constructivo propuesto y optimizar la eficiencia energética del edificio para reducir los costos de energía y las emisiones de carbono. El sistema de cerramiento propuesto cumple con los requerimientos de resistencia de bomberos, sin embargo, se propondrá una reducción de materiales en algunos ensambles que en la práctica podría reducir costos, pero para los fines de la investigación, nos interesará conocer el cambio en la resistencia térmica y en conocer cuánto incrementaría el calor en los aposentos.

Otro aspecto importante que se analizará en esta fase es la sostenibilidad del edificio. El análisis de sostenibilidad es fundamental en la construcción de edificios, ya que permite identificar posibles impactos ambientales y sociales del proyecto y desarrollar estrategias para reducirlos. En este sentido, se analizarán los materiales utilizados en la estructura principal y secundaria del edificio, la huella de carbono del proyecto y los costos de mantenimiento del edificio.

Se llevará a cabo una evaluación financiera del proyecto mediante la valoración de los costos de mantenimiento. Se analizará la vida útil de las edificaciones, el plan y los costos de mantenimiento para determinar los costos a largo plazo de la construcción y el impacto financiero del proyecto.


Finalmente, se realizará una evaluación multicriterio para evaluar todos los aspectos técnicos, financieros y de sostenibilidad del proyecto. La evaluación multicriterio permite comparar diferentes opciones de diseño y construcción para determinar la solución óptima en términos de costos, sostenibilidad y rendimiento estructural.

CAPÍTULO 9 - APLICACIÓN DEL SISTEMA ASIGNADO

9.1) MATERIALES EN CERRAMIENTOS

9.1.1) PANEL DE MICROCONCRETO – USG DUROCK


TABLA RESUMEN: PANEL DE MICROCONCRETO MARCA USG DUROCK

	
FUNCIONALIDAD	<p>El tablero de cemento marca USG DUROCK proporciona una base sólida para recibir azulejos y recubrimientos cerámicos, losetas y mosaicos de cerámica, mármol, cantera, piedra y ladrillo delgado, así como acabados con pasta. Además, es resistente al agua y a la humedad, incombustible y resistente al moho.</p>
ESTÉTICA	<p>El tablero de cemento USG DUROCK es una solución técnica, por lo que su estética no es relevante, pero es adecuado para recibir acabados cerámicos, pétreos y pasta, por lo que puede adaptarse a diversos estilos de diseño.</p>
COSTE	<p>El coste del tablero de cemento USG DUROCK es moderado, en comparación con otras opciones disponibles. El coste se justifica en relación con su funcionalidad y durabilidad.</p>
DURABILIDAD	<p>El tablero de cemento USG DUROCK es duradero y no sufre deterioro, degradación, deformación, deslaminado ni se desintegra al exponerlo al contacto directo con agua por tiempo prolongado. No requiere mantenimiento específico.</p>
SOSTENIBILIDAD	<p>El tablero de cemento USG DUROCK es reciclable y no contiene asbesto. Su fabricación utiliza materiales y procesos que minimizan el impacto ambiental. Además, al ser un material resistente y duradero, contribuye a reducir la necesidad de reemplazarlo con frecuencia, lo que reduce el impacto ambiental de la construcción y la generación de residuos.</p>
NORMATIVAS APLICABLES	<p>El tablero de cemento USG DUROCK cumple con los estándares del ANSI sobre unidades de base de cemento (CBU) y con la ASTM C1325 para unidades de base de cemento reforzado de malla de fibra sin asbesto.</p>

En resumen, el tablero de cemento USG DUROCK es un material constructivo resistente, duradero y versátil, ideal para áreas en contacto directo con agua o condiciones de humedad alta. Proporciona

una base sólida para recibir acabados cerámicos, pétreos y pasta, tanto en interiores como exteriores, y cumple con las normativas y estándares de calidad aplicables a la construcción de cerramientos de edificios. Además, es reciclable y su fabricación utiliza materiales y procesos que minimizan el impacto ambiental. Su coste es moderado y se justifica en relación con su funcionalidad y durabilidad.


9.1.2) LÁMINA DE GYPSUM - LÁMINA FIRE-SHIELD SHAFTLINER

TABLA RESUMEN: LÁMINA DE GYPSUM - LÁMINA FIRE-SHIELD SHAFTLINER	
	
FUNCIONALIDAD	Proporciona resistencia al fuego de 1 a 4 horas con clasificación UL alrededor de ductos de elevadores, electromecánicos y de escaleras
ESTÉTICA	El material no tiene un acabado decorativo, ya que su función principal es proporcionar resistencia al fuego en áreas de difícil acceso
COSTE	El coste del material es rentable en comparación con otras opciones de construcción de cerramientos resistentes al fuego
DURABILIDAD	El Shaftliner XP es durable y requiere poco mantenimiento. No requiere tratamiento de conservación específico para prolongar su vida útil.
SOSTENIBILIDAD	El Shaftliner XP es un material de yeso reciclable y su proceso de fabricación es sostenible. Además, cuenta con la certificación GREENGUARD GOLD, que garantiza la calidad del aire interior en edificios.
NORMATIVAS APLICABLES	El Shaftliner XP cumple con las normativas y estándares de calidad aplicables a la construcción de cerramientos resistentes al fuego en edificios. Es UL clasificado y aprobado para inclusión en diseños específicos contra incendios.

En resumen, el Shaftliner XP es un material de construcción resistente al fuego diseñado para proporcionar protección contra el fuego en áreas de difícil acceso, como ductos de elevadores, electromecánicos y de escaleras. El material es rentable, durable y requiere poco mantenimiento. Además, es sostenible y cumple con las normativas y estándares de calidad aplicables a la construcción de cerramientos resistentes al fuego en edificios. Sin embargo, su estética es limitada ya que su función principal es la protección contra incendios.

9.1.3) AISLAMIENTO TERMOACÚSTICO – COLCHONETA DE LANA MINERAL ECOBATT® DE KNAUF CON TECNOLOGÍA ECOSE®


TABLA RESUMEN: AISLAMIENTO TERMOACÚSTICO – COLCHONETA DE LANA MINERAL ECOBATT® DE KNAUF CON TECNOLOGÍA ECOSE®

	
FUNCIONALIDAD	<p>Proporciona aislamiento térmico y acústico, resistencia a la intemperie y protección contra incendios. El aislamiento de lana mineral de vidrio EcoBatt con tecnología ECOSE de Knauf es un producto altamente funcional que proporciona aislamiento térmico y acústico, resistencia a la intemperie y protección contra incendios. Además, la tecnología ECOSE es un aglutinante sostenible que utiliza materiales biológicos renovables y consume hasta un 70% menos de energía en la producción que los aglutinantes tradicionales. Este producto también utiliza arena y vidrio reciclado para reducir su impacto ambiental.</p>
ESTÉTICA	<p>En términos de estética, el aislamiento EcoBatt de Knauf se integra fácilmente en el diseño general del edificio y no afecta negativamente su apariencia visual.</p>
COSTE	<p>En cuanto al coste, el aislamiento EcoBatt es competitivo en comparación con otras opciones de aislamiento, lo que lo hace atractivo para los propietarios y constructores de edificios.</p>
DURABILIDAD	<p>La durabilidad y el mantenimiento son otros aspectos importantes a considerar en la elección de un material de construcción. El aislamiento EcoBatt tiene una larga vida útil y requiere poco mantenimiento, lo que lo hace una opción rentable y práctica a largo plazo.</p>
SOSTENIBILIDAD	<p>Es altamente sostenible, utiliza materiales renovables y reciclados, y consume menos energía en la producción. Además, en términos de sostenibilidad, todos los productos aislantes de Knauf son sostenibles y el aislamiento EcoBatt lleva la sostenibilidad a un nivel aún mayor al utilizar materiales renovables y reciclados, y al consumir menos energía en su producción. Estos aspectos lo hacen una excelente opción para aquellos que buscan reducir el impacto ambiental de su construcción.</p>
NORMATIVAS APLICABLES	<p>Cumple con las normativas y estándares de calidad aplicables a la construcción de cerramientos de edificios. el aislamiento EcoBatt cumple con las normativas y estándares de calidad aplicables a la construcción de cerramientos de edificios, lo que proporciona tranquilidad a los propietarios y constructores.</p>

9.1.4) VENTANERÍA - DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO EXTRALUM

A continuación, se presenta una tabla con información sobre la funcionalidad, la estética, el costo, la durabilidad y mantenimiento, la sostenibilidad y las normativas aplicables del Doble Vidriado Hermético (DVH):

TABLA RESUMEN: VENTANERÍA - DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO EXTRALUM (DVH)

	
<p> AISLAMIENTO TÉRMICO </p>	<p>El DVH proporciona un alto grado de aislamiento térmico al contar con una cámara hermética de aire seco que evita el paso del calor. Comparado con un vidrio monolítico, aumenta en más del 100% su capacidad de aislamiento térmico.</p>
<p> AISLAMIENTO ACÚSTICO </p>	<p>El DVH mejora significativamente el aislamiento acústico en comparación con el vidrio monolítico.</p>
<p> AHORRO ENERGÉTICO </p>	<p>Al disminuir las pérdidas de calor a través del vidrio, el DVH reduce hasta un 70% el consumo de energía de climatización.</p>
<p> PREVENCIÓN DE CONDENSACIÓN </p>	<p>El DVH evita la condensación de humedad sobre el vidrio, gracias a la cámara hermética que mantiene el aire seco.</p>
<p> CONTROL SOLAR Y LUMINOSIDAD </p>	<p>El DVH fabricado con vidrio de color, reflectivo o bajo emisivo brinda control solar y disminuye el resplandor de la excesiva luminosidad.</p>
<p> INTEGRACIÓN EN EL DISEÑO </p>	<p>El DVH es altamente adaptable a cualquier tipo de diseño arquitectónico y puede ser personalizado con diferentes tipos de vidrio para cumplir con las necesidades estéticas del proyecto.</p>
<p> IMAGEN ATRACTIVA Y COHERENTE </p>	<p>El DVH contribuye a crear una imagen atractiva y coherente al tener acabados estéticos de alta calidad y una amplia gama de opciones de vidrio disponibles.</p>
<p> PRECIO </p>	<p>El precio del DVH es mayor que el del vidrio monolítico, pero está justificado por su alta funcionalidad y ahorro energético a largo plazo.</p>
<p> COMPARACIÓN CON OTRAS OPCIONES </p>	<p>El DVH es más costoso que otras opciones de vidrio, pero su costo es justificable por su alto rendimiento y beneficios a largo plazo.</p>
<p> DURACIÓN </p>	<p>La vida útil del DVH es de al menos 25 años y puede durar hasta 40 años o más con el mantenimiento adecuado.</p>
<p> MANTENIMIENTO </p>	<p>El DVH requiere poco mantenimiento y no necesita tratamientos especiales de conservación. Solo se recomienda una limpieza periódica de los vidrios y una revisión del sello hermético cada 10 años.</p>
<p> IMPACTO AMBIENTAL </p>	<p>El DVH contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero asociados con la climatización de edificios.</p>
<p> RECICLABILIDAD </p>	<p>El DVH es reciclable y puede ser reutilizado como vidrio de alta calidad para otros usos.</p>

9.2) LO QUE SE CONSERVA DEL SISTEMA ACTUAL

Teniendo en cuenta la topografía accidentada y las zonas altamente sísmicas, se considera que un sistema estructural mixto que combina elementos de concreto y acero es más adecuado que un sistema que utiliza solo marcos de acero por varias razones.

En primer lugar, el concreto es un material muy resistente y de alta capacidad de compresión, lo que lo hace adecuado para soportar cargas pesadas y distribuirlas de manera uniforme. En zonas altamente sísmicas, el concreto también proporciona una mejor resistencia a los efectos de los terremotos, gracias a su capacidad para absorber energía.

Por otro lado, el acero es un material muy resistente a la tracción y al corte, lo que lo hace ideal para formar elementos estructurales como vigas y columnas, y para resistir tensiones y deformaciones. Sin embargo, el acero tiene una mayor deformación por unidad de carga en comparación con el concreto, lo que puede ser una desventaja en terrenos accidentados donde la estructura debe ser capaz de resistir desplazamientos y asentamientos diferenciales.

Por lo tanto, el uso de un sistema estructural mixto que combina elementos de concreto y acero permite aprovechar las ventajas de ambos materiales y proporcionar una mayor seguridad y estabilidad a la estructura. Esto se debe a que el concreto puede soportar las cargas y resistir los efectos de los terremotos, mientras que el acero proporciona una mayor capacidad para resistir tensiones y deformaciones. Además, la combinación de estos materiales permite una mayor flexibilidad en el diseño y una mejor adaptación a las condiciones específicas del terreno.

En cambio, un sistema que sólo utiliza marcos de acero desde los cimientos puede tener una menor capacidad para resistir los efectos de los terremotos y los asentamientos diferenciales, lo que puede aumentar el riesgo de daños y colapso en una zona altamente sísmica. Además, estos sistemas pueden ser más costosos y menos versátiles en términos de diseño, lo que puede limitar la capacidad del arquitecto para adaptarse a las condiciones específicas del terreno.

El sistema actual está compuesto por muros de contención, muros de carga y marcos estructurales de concreto armado. Debido a condiciones del terreno, configuración del edificio y optimización de la propuesta, se decidió cambiar únicamente el sistema de marcos estructurales de los tres niveles de apartamentos.

En cuanto a las cimentaciones, estas están formadas por una combinación de zapatas aisladas y en diapason. Además, incluyen zapatas corridas para los muros de retención.

Por otro lado, los muros de contención y marcos estructurales de concreto armado serán conservados en su mayoría, con la excepción de los marcos estructurales de los tres niveles de apartamentos, que serán reemplazados por estructura metálica prefabricada tipo mecano por componentes y pernos. Los dos niveles de sótano destinados a estacionamientos cuentan con muros de retención perimetrales y con un módulo de circulación vertical de muros de carga, y sus marcos estructurales de concreto armado también serán conservados. Los tres niveles de apartamentos incluyen muros de hormigón

armado en el sector oeste y en ducto de circulaciones verticales, y el resto de los cerramientos son de bloques de concreto combinados con panelería liviana.

En conclusión, la propuesta de intervención en el sistema constructivo busca optimizar la estructura sin perder su estabilidad y seguridad, conservando la mayoría de los elementos existentes y reemplazando solo aquellos que necesitan ser mejorados.

9.2.1) CIMENTACIONES

Las cimentaciones se componen de una combinación de zapatas aisladas y en diapasón. En los ejes B, C, D, E y F, cada dos columnas están apoyadas en una zapata aislada. Mientras que en los ejes G y H, ambas columnas comparten una zapata en diapasón de las mismas dimensiones. Por otro lado, las columnas en los ejes A, B y C cuentan con una zapata aislada individual. Además, se han incluido zapatas corridas para los muros de retención, y todas las cimentaciones tienen una altura de 0.50.

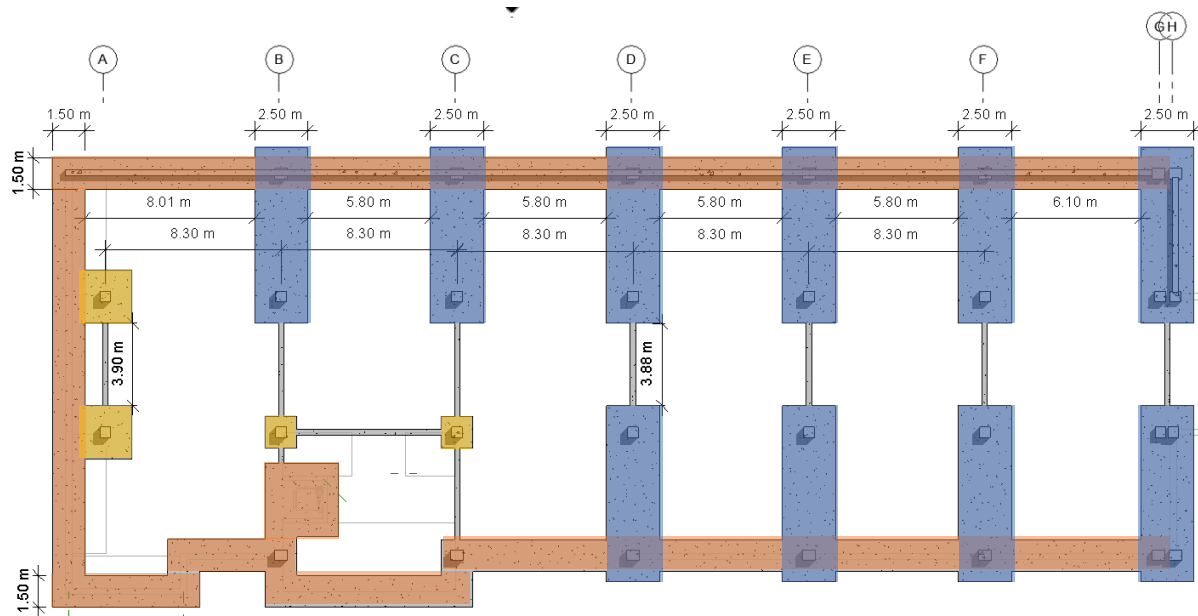


Ilustración 38. Ubicación de cimentaciones en el Proyecto Residencial Urban Flats.
Fuente: Elaboración propia

9.2.2) MUROS DE CONTENCIÓN Y MARCOS ESTRUCTURALES DE CONCRETO ARMADO

La propuesta de intervención del sistema constructivo de la estructura existente consiste en preservar los muros de carga originales, mientras que se sustituirán los marcos estructurales de los tres pisos de los apartamentos por un sistema de estructura metálica prefabricado con un sistema mecano por componentes y conexiones por pernos. Este tipo de sistema metálico prefabricado, combinado con la técnica de ensamblaje por componentes y pernos, brinda la ventaja de una instalación más rápida y eficiente, así como una mayor resistencia y durabilidad en comparación con sistemas estructurales

convencionales. Además, la utilización de un sistema prefabricado permite reducir los errores y aumentar la precisión en la fabricación de los componentes, lo que se traduce en una mayor seguridad y confiabilidad en la estructura.

Niveles:

- Sótano 1
- Sótano 2

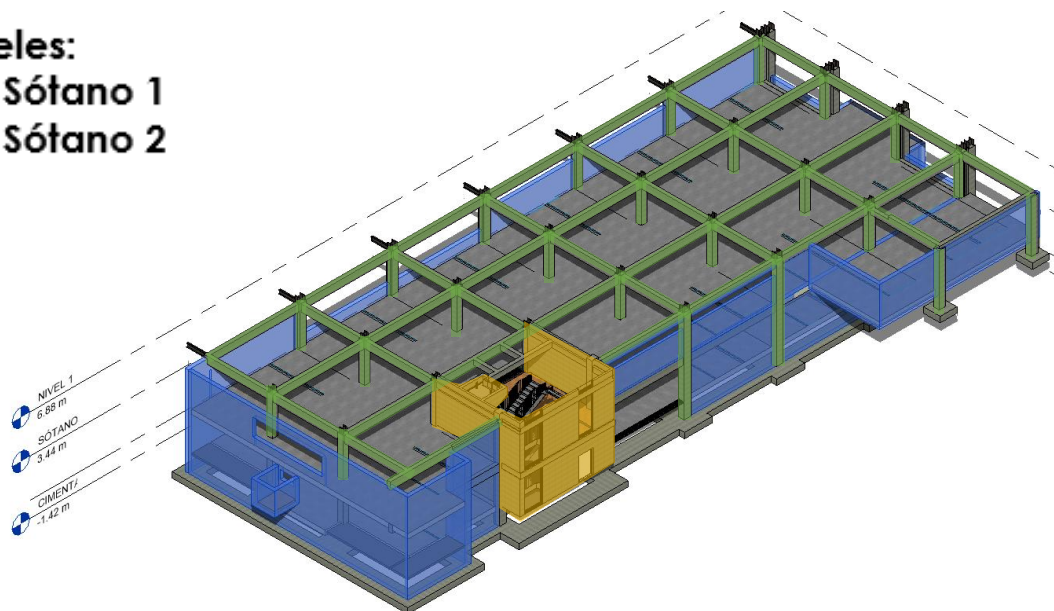


Ilustración 39. Ubicación de muros de contención y marcos estructurales de concreto armado. Fuente: Elaboración propia

En la propuesta de intervención del sistema constructivo de los dos niveles de sótano destinados a estacionamientos, se mantendrán los muros de retención perimetrales y los módulos de circulación vertical, los cuales están compuestos por muros de carga de concreto armado. Además, se conservarán los marcos estructurales de concreto armado en los primeros dos niveles, manteniendo así la integridad estructural de la edificación.

En cuanto a los tres niveles de apartamentos, se identifica la presencia de muros de hormigón armado en el sector oeste y en los ductos de circulación vertical. Además, se observa que los cerramientos exteriores de estos tres niveles están compuestos por bloques de concreto, y en los interiores, estos bloques se combinan con panelería liviana para garantizar una buena distribución de cargas en el sistema estructural.

Niveles:

- Apartamentos 1
- Apartamentos 2
- Apartamentos 3

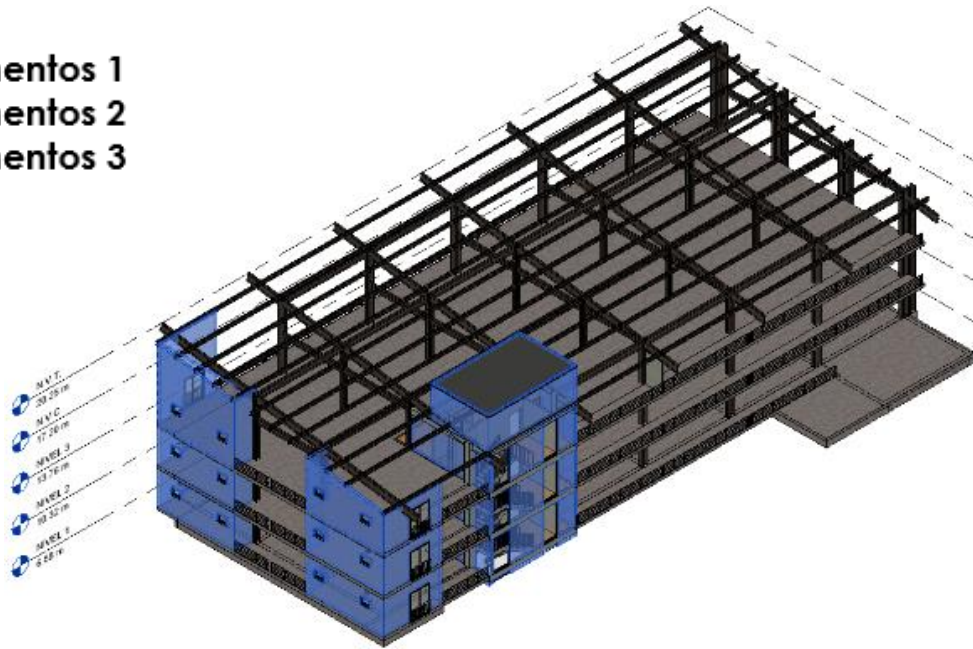


Ilustración 40. Muros de hormigón armado en el sector oeste y en el módulo de circulación vertical a conservar en la nueva propuesta. Fuente: Elaboración propia

9.3) PREDIMENSIONADO DE ESTRUCTURAS POR GRÁFICOS

El presente capítulo se enfoca en el predimensionado de las estructuras principales del edificio de apartamentos Urban Flats. Aunque el cálculo de las estructuras no forma parte del alcance de la investigación, se utilizarán los gráficos desarrollados por el ingeniero Argimiro Castillo Gandica, profesor de la Universidad de Los Andes en Venezuela. Estos gráficos permiten determinar el peralte de las vigas y las dimensiones de los lados de las columnas con propósitos puramente arquitectónicos, es decir, para determinar el dimensionamiento que tendrá la estructura en relación con nuestros espacios. La utilización de esta herramienta nos permitirá realizar un predimensionado adecuado de los elementos principales de la estructura, asegurando que las dimensiones propuestas por el arquitecto se aproximen a lo que deberá ser diseñado por el ingeniero estructural procurando su eficacia y seguridad.

La recomendación de su utilización tiene fines didácticos, orientados hacia el diseño arquitectónico, en ninguna circunstancia están pensados para sustituir el proceso de cálculo de estructuras responsabilidad de los profesionales de la Ingeniería.

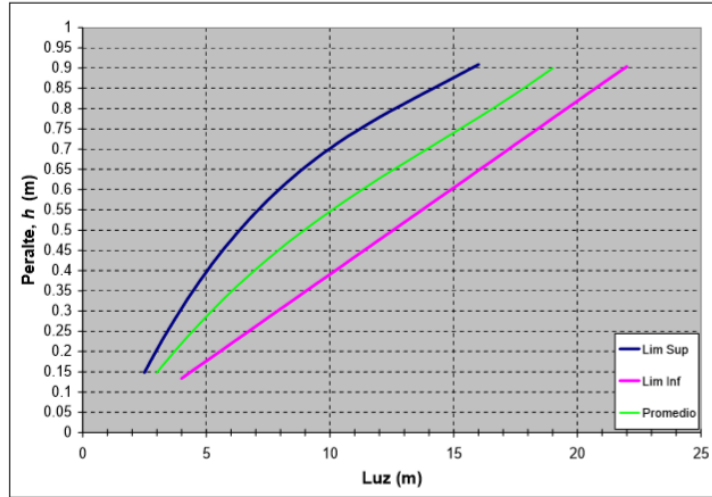
Así mismo, no representan recetas únicas para la toma de decisiones en el proceso de diseño arquitectónico, su utilización debe ser concienzuda y creativa; además el usuario debe contar con unos conocimientos mínimos de cómo se comportan las estructuras y cuáles son los mecanismos involucrados en este comportamiento. (Gandica, 2014)

9.3.1) CÓMO UTILIZAR LOS GRÁFICOS

El proceso de predimensionado de las estructuras principales de un proyecto implica una serie de pasos que deben ser seguidos cuidadosamente para lograr una solución estructural óptima y segura. A continuación, se detallan cada uno de estos pasos:

1. Identificación del sistema estructural a utilizar en el proyecto: En este primer paso se debe elegir el tipo de sistema estructural que mejor se adapte a las necesidades del proyecto. Esto puede variar dependiendo del tipo de construcción, la ubicación geográfica y los requerimientos específicos del cliente.
2. Identificación y definición de los diferentes elementos estructurales que conforman el sistema estructural, con las particularidades de forma y geometría del proyecto: Una vez seleccionado el sistema estructural, es necesario identificar los diferentes elementos que lo conforman, tales como vigas, columnas, losas, muros de carga, entre otros. Además, es importante definir las características geométricas de cada elemento, como su sección transversal, longitud, altura y ancho.
3. Selección de los gráficos adecuados a las decisiones tomadas en los pasos 1 y 2: En este paso se seleccionan los gráficos o tablas que se utilizarán para determinar el predimensionado de los elementos estructurales identificados en el paso anterior. Estos gráficos se basan en modelos matemáticos y son desarrollados por expertos en el área, como el ingeniero Argimiro Castillo Gandica.
4. La entrada en los gráficos se produce por el parámetro luz libre o altura de los elementos (eje x): Los gráficos se basan en parámetros como la luz libre o altura de los elementos, los cuales se toman como entrada para determinar las dimensiones iniciales de los mismos. La luz libre se refiere a la distancia entre los apoyos de una viga, mientras que la altura se refiere a la dimensión vertical de un elemento, como la altura de una columna.
5. A cada valor de ordenada (eje y) le corresponden tres valores de abscisas (eje x): el valor más alto (Lim Sup), el valor medio (Promedio) y el valor más bajo (Lim Inf) que puede tener el parámetro que describe: Una vez que se tiene la entrada adecuada, se procede a leer los gráficos y se obtienen tres valores para cada parámetro, que son el valor más alto, el valor medio y el valor más bajo que puede tener el parámetro en cuestión. Estos valores proporcionan una guía inicial para el predimensionado de los elementos estructurales.

Vigas de acero



Columnas de acero (varios niveles)

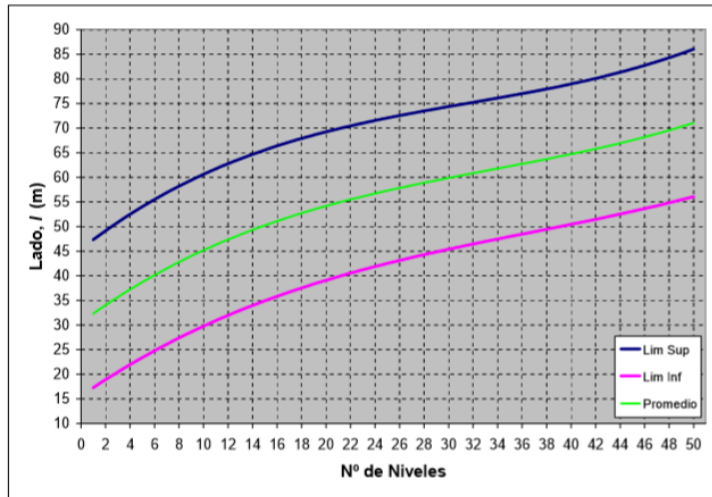
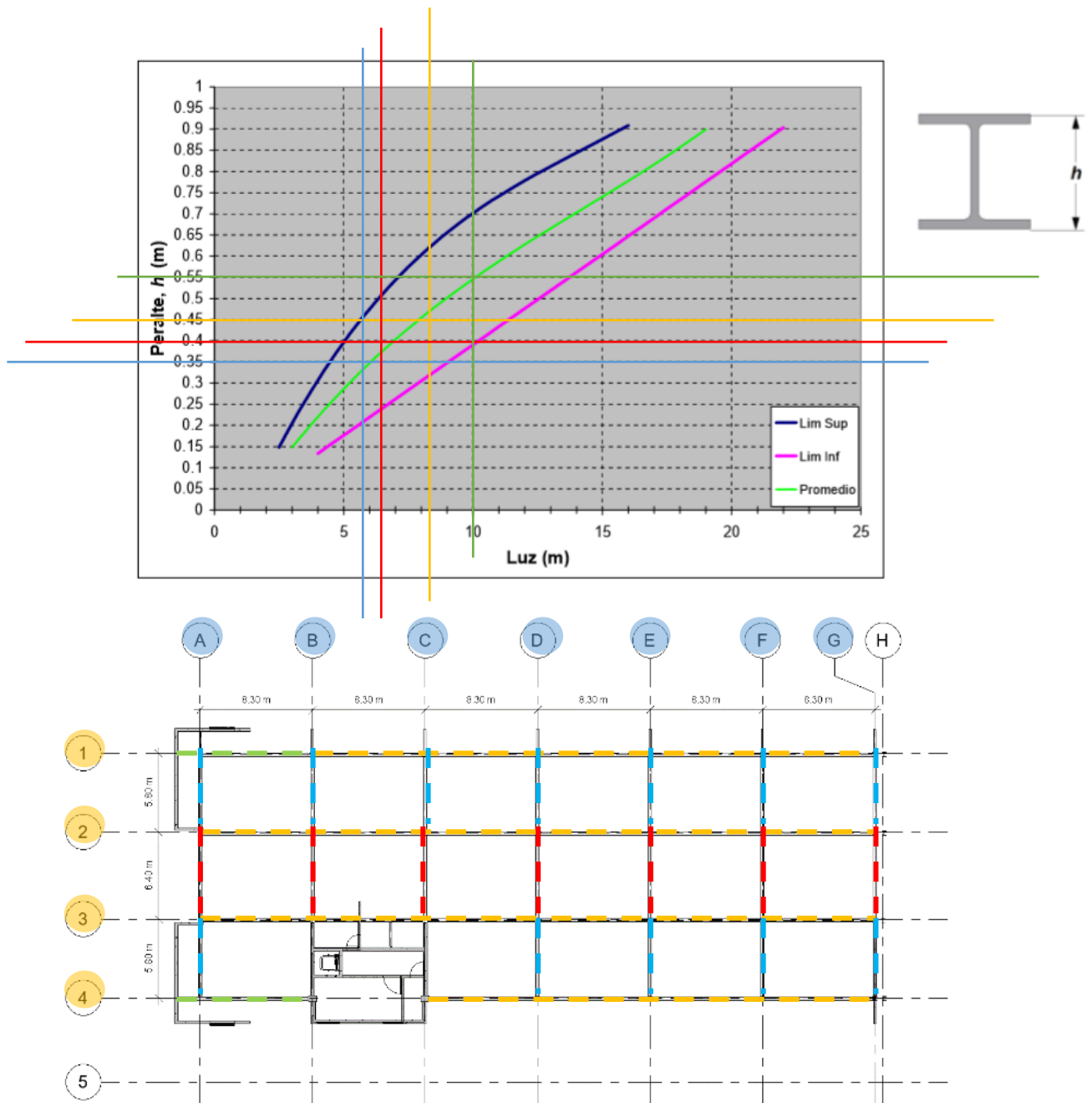


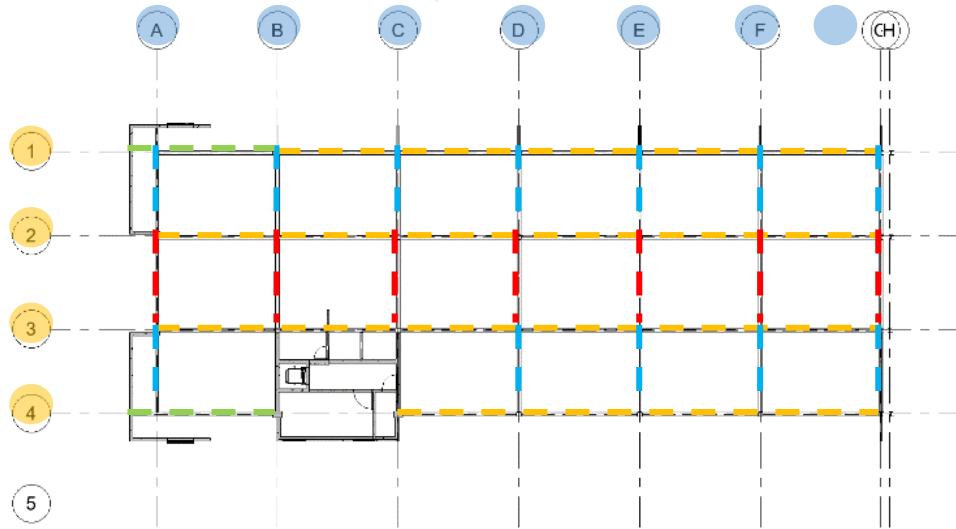
Gráfico 21. Gráficos para el predimensionado de vigas y columnas de acero. Fuente: Gandica, A. C. - Gráficos para el predimensionado de estructuras. Universidad de los Andes

9.3.2) VIGAS

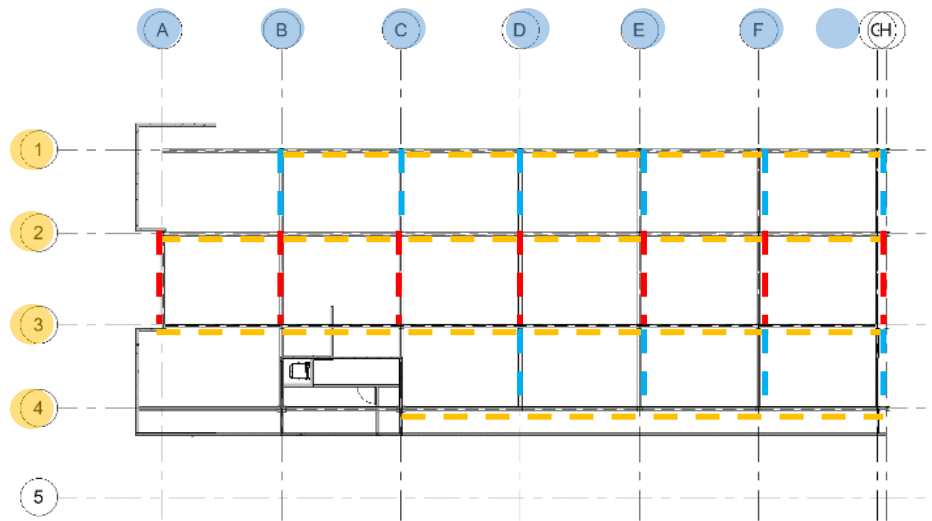


Planta estructural nivel 1

Ilustración 41. Aplicación de gráficos de predimensionado y ubicación de las vigas de acero en la planta estructural nivel 1. Fuente: Elaboración propia basada en: Gandica, A. C. - Gráficos para el predimensionado de estructuras. Universidad de los Andes



Planta estructural nivel 2



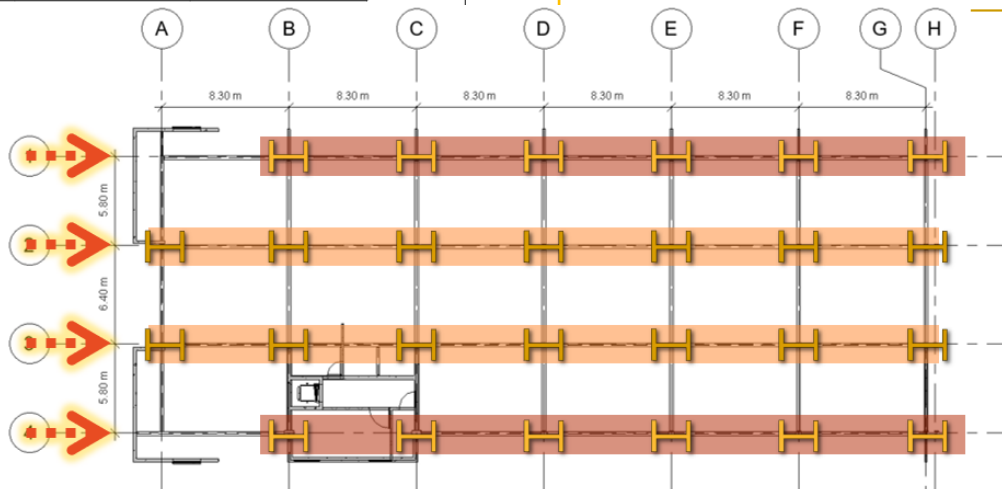
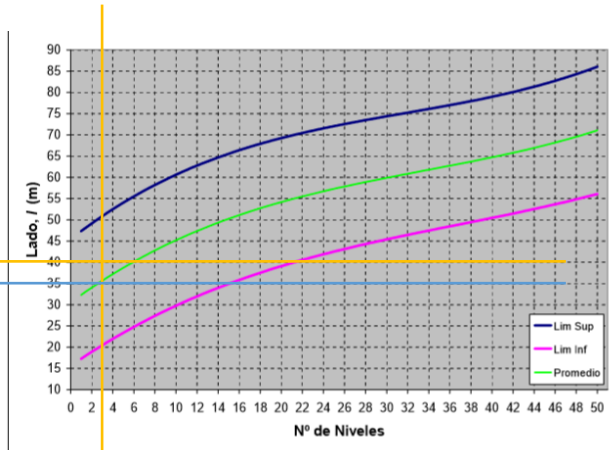
Planta estructural nivel 3

Tipos de viga según gráfico de Predimensionado	8.30 m	5.80 m	6.40 m	10.00 m
Peralte obtenido	0.45 m --> 0.50 m	0.35 m --> 0.40 m	0.40 m	0.55 m --> 0.60 m

Ilustración 42. Aplicación de gráficos de predimensionado y ubicación de las vigas de acero en la planta estructural nivel 2 y 3. Fuente: Elaboración propia basada en: Gandica, A. C. - Gráficos para el predimensionado de estructuras. Universidad de los Andes

9.3.3) COLUMNAS

Tipos de viga según gráfico de Predimensionado Altura total = 12.80 (3 niveles)		
		
Lados	0.40 m	0.35 m



Disposición de las columnas reduce la traslacionalidad

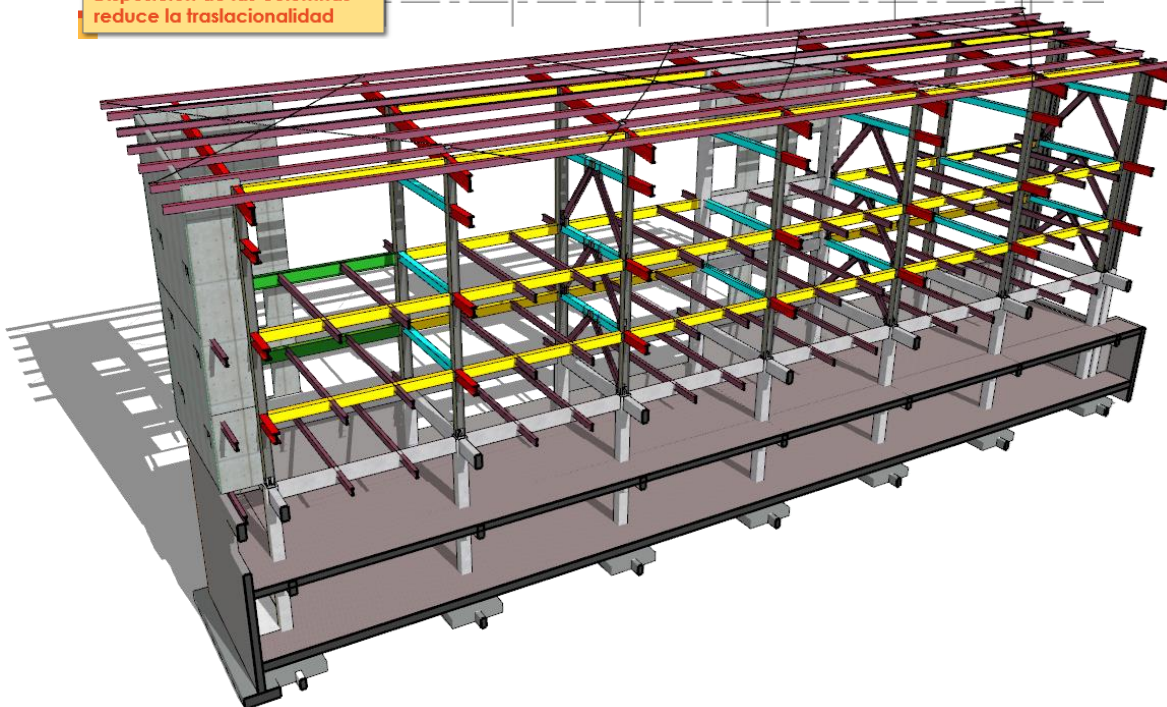


Ilustración 43. Aplicación de gráficos de predimensionado y ubicación de las columnas de acero en la planta estructural. Fuente: Elaboración propia basada en: Gandica, A. C. - Gráficos para el predimensionado de estructuras. Universidad de los Andes

9.4) ENTREPISO

Actualmente, el edificio cuenta con un entrepiso conformado por una losa maciza de concreto reforzado, la cual ha sido colada en cada uno de los niveles, tanto en los sótanos para parqueo como en los niveles de los apartamentos. No obstante, con la nueva propuesta para el edificio, se ha decidido cambiar la estructura principal de los tres niveles de apartamentos por una estructura de acero, y para ello se utilizará una losa METALDECK.

La losa METALDECK es un sistema de construcción conformado por una lámina de acero preformada que ha sido diseñada adecuadamente para soportar el peso del vaciado de una losa de concreto, junto con las cargas adicionales que surgen durante el proceso constructivo. Una vez que el concreto ha alcanzado su resistencia de diseño, se produce una adherencia entre los dos materiales, lo que permite constituir lo que se conoce como Composite Steel Floor Deck (Tablero de acero para comportamiento compuesto). Gracias a este proceso, se logra tener un sistema de losa adecuado para todo tipo de edificaciones. Esta técnica de construcción es utilizada comúnmente en la construcción de edificios de varios pisos y es una alternativa eficiente a las losas de concreto tradicionales. (ACESCO, 2013)

Las láminas preformadas de acero ofrecen dos funciones principales dentro del sistema de losa METALDECK:

1. En primer lugar, actúan como formaleta durante el vaciado de la losa de concreto y soportan las cargas adicionales generadas durante el proceso constructivo.
2. En segundo lugar, una vez que el concreto ha fraguado, las láminas de acero funcionan como refuerzo positivo de la losa, lo que les otorga las características de ser láminas colaborantes.

Este sistema de losa puede ser utilizado tanto en edificios con estructura principal de concreto como de acero, y es importante que se conecte adecuadamente a las vigas principales de apoyo para que sirva como diafragma estructural y, si se proyecta así, conformar elementos en construcción compuesta con dichas vigas. Además, estas láminas pueden apoyarse de manera conveniente sobre muros estructurales en mampostería o concreto.

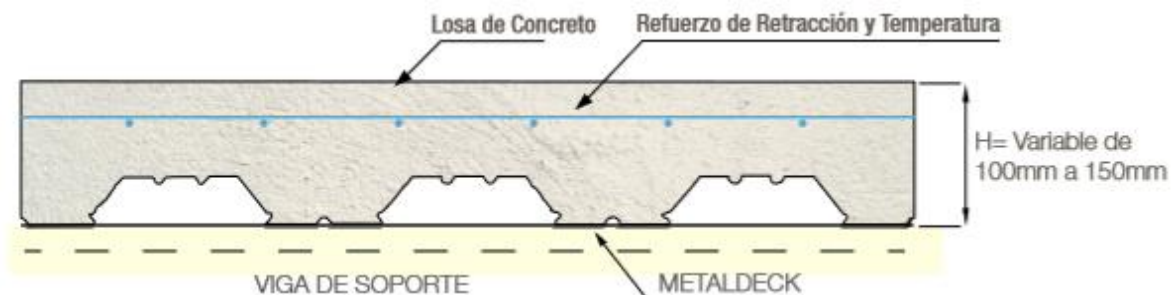


Ilustración 44. Esquema general del sistema METALDECK. Fuente: Manual técnico del METALDECK

9.4.1) LÁMINA DE METALDECK

La lámina Metaldeck es una opción popular en la construcción de edificios de múltiples niveles, como los edificios de apartamentos, debido a su resistencia, durabilidad y facilidad de instalación. El diseño de Metaldeck, que consiste en una lámina de acero galvanizado con nervaduras, proporciona una alta

resistencia y rigidez que le permite soportar cargas pesadas. Además, Metaldeck es resistente a la corrosión y al fuego, lo que lo hace adecuado para diferentes aplicaciones. Metaldeck es un material compuesto de alta resistencia que no se degrada con el tiempo ni se ve afectado por factores ambientales como la humedad o el calor. Metaldeck es fácil de cortar y perforar, lo que facilita su instalación. Además, no se requiere un equipo de construcción especializado para instalarlo.

Según Galloway (2016) y Lippiatt (2011), el Metaldeck es un material de alta calidad que puede durar décadas con un mantenimiento adecuado. El sistema constructivo propuesto con columnas y vigas metálicas por componentes y pernos tipo mecano puede ser compatible con el uso del Metaldeck como material de entrepiso. La resistencia del Metaldeck y su facilidad de instalación pueden complementar las características de este sistema constructivo.

En resumen, la lámina Metaldeck es una buena opción para el entrepiso del edificio de apartamentos Urban Flat debido a sus propiedades mecánicas, durabilidad y facilidad de instalación. Las características de Metaldeck pueden complementar las ventajas del sistema constructivo propuesto con columnas y vigas metálicas por componentes y pernos tipo mecano.

Calibre No.	Espesor de diseño		Espesor mínimo	
	mm	pulg.	mm	pulg.
22	0.70	0.0295	0.71	0.0283

Tabla 19. Espesores de diseño y mínimos aceptables del material antes del recubrimiento. Fuente: Manual técnico del METALDECK

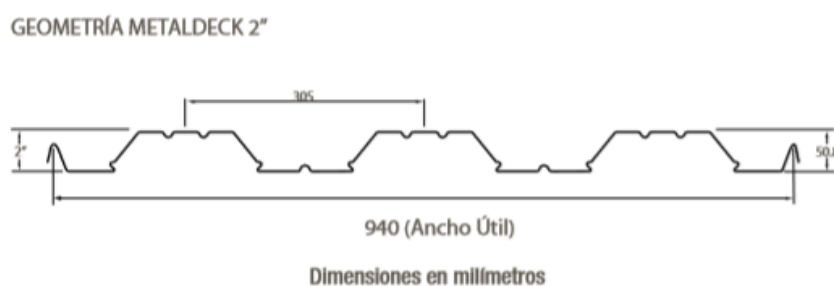


Ilustración 45. Forma y dimensión transversal disponible. Fuente: Manual técnico del METALDECK

Parámetro de control de la lámina	Tolerancia
Longitud	± 12mm
Espesor	≥ 95% del espesor de diseño
Ancho efectivo	-10mm + 20mm
Flecha y curvatura	6mm en 3.00m
Borde de lámina por fuera de la escuadra	10mm por metro de ancho de lámina

Tabla 18. Tolerancias para el METALDECK. Fuente: Manual técnico del METALDECK, Basado en Tolerancias tomadas del Steel Deck Institute Design Manual

9.4.2) FIJACIÓN LATERAL

Para asegurar la estabilidad y la firmeza de las láminas de acero, es necesario fijarlas entre sí mediante el uso de tornillos autoperforantes y premaches pop en sentido longitudinal. Es importante cumplir con la distancia recomendada entre estas fijaciones, la cual varía en función de la longitud de la lámina. Para luces menores a 1.50 metros, se requiere un tornillo en el centro de la luz. Para luces mayores a 1.50 metros, se recomienda colocar un tornillo cada 36 pulgadas (1000mm) para garantizar un soporte adecuado.

Además, es importante considerar el detalle del traslape entre láminas, el cual se muestra en la figura siguiente. Este detalle debe ser cuidadosamente seguido para asegurar que el traslape sea lo suficientemente resistente y que no existan espacios que permitan la entrada de agua o aire. Es fundamental seguir todas las recomendaciones y especificaciones técnicas para garantizar la calidad y durabilidad de la estructura construida con estas láminas de acero.

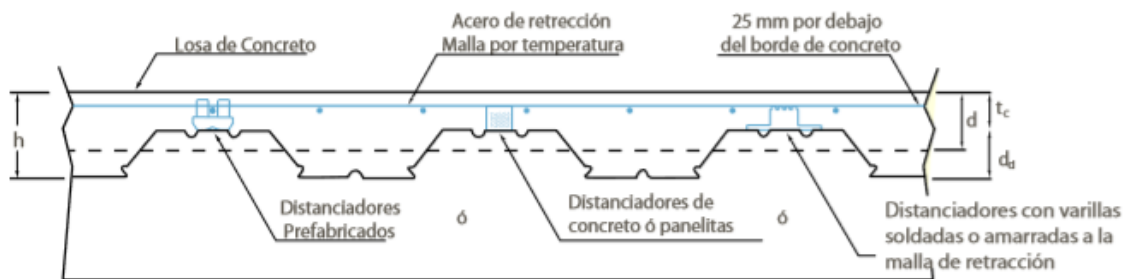


Ilustración 46. Nomenclatura básica para sección de losa. Fuente: Manual técnico del METALDECK

Para el proyecto residencial Urban flats, se ha propuesto un sistema estructural de columnas y vigas



Ilustración 47. Detalle de traslape. Fuente: Manual técnico del METALDECK

de acero, el cual ha sido modelado en 3D para una mejor visualización y análisis. El sistema estructural consta de columnas y vigas metálicas conectadas mediante componentes y pernos, lo que garantiza una estructura resistente y duradera.

En las imágenes de la planta estructural propuesta, se puede apreciar el predimensionado de las estructuras, donde se han utilizado perfiles de acero estructural de alta resistencia para las columnas

y vigas principales. Estas se distribuyen en el espacio de acuerdo con la carga que deben soportar y con una separación adecuada para cumplir con las normas de seguridad.

Además, se ha considerado la colocación de la lámina Metaldeck, la cual se fija a las vigas de acero mediante pernos, y permite soportar la carga de las losas del edificio. La lámina electrosoldada, por su parte, se utiliza para proporcionar un refuerzo adicional a la losa.

Todo esto se ha diseñado de una manera técnica, siguiendo las normas de seguridad y con un enfoque en la eficiencia estructural y la estética del edificio. El modelado 3D permite visualizar la disposición de las columnas y vigas, así como la colocación de los diferentes componentes, para asegurar que la estructura sea segura y confiable.

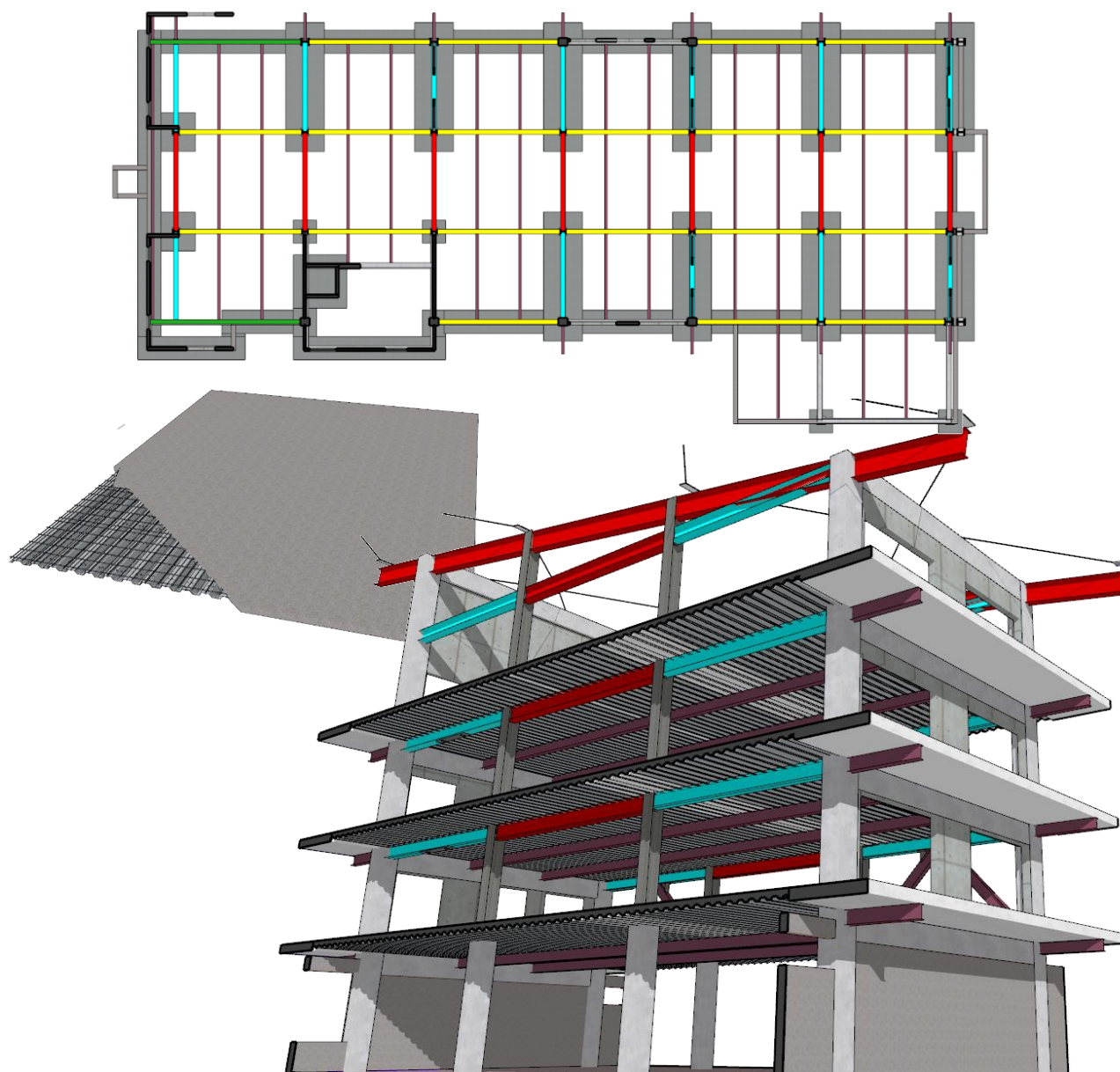


Ilustración 48. Planta estructural propuesta y modelado 3D de la colocación de la losa METALDECK y las columnas y vigas de acero. Fuente: Elaboración propia

9.5) TECHOS

Los techos son una parte fundamental en la construcción de cualquier edificio, ya que proporcionan protección contra los elementos del clima y contribuyen a la estética y funcionalidad del conjunto. En el caso del edificio vertical Urban Flats, la estructura y cubierta de techos existente se ha diseñado para cumplir con los requerimientos de calidad y durabilidad.

9.5.1) MATERIALES DE CUBIERTA

Los techos son una parte esencial de la construcción de edificios, ya que proporcionan protección contra los elementos del clima y contribuyen a la estética y funcionalidad de la edificación en su conjunto. En el caso del edificio vertical Urban Flats, la estructura de los techos está compuesta por diversos elementos, incluyendo una estructura de acero, vigas y columnas, aislamiento térmico, láminas metálicas y tejas de barro nicaragüense.

En particular, la cubierta de tejas de barro nicaragüense está compuesta por varios componentes, tales como las tejas de barro que se fijan a la estructura de acero, el aislamiento térmico, la lámina metálica, el emplantillado en furring channel, el botaguas y la cumbrera. Este tipo de cubierta se caracteriza por su resistencia y durabilidad, así como por su estética tradicional.

Además, la losa de concreto es un elemento importante en la estructura de los techos de Urban Flats, ya que está impermeabilizada con ultra-roof -1000 de Intaco o un producto similar aprobado, lo que garantiza la protección contra la humedad y la filtración de agua.

La canoa es otro componente fundamental en la estructura de los techos, y se compone de una lámina de hg#24. La canoa se fija con remaches y se sella con sellador elastomérico de poliuretano tipo duretan, y su acabado es de pintura anticorrosiva. Recomendaciones para mejorar el edificio:

9.5.2) RECOMENDACIONES PARA LA CUBIERTA DE TECHO

Para mejorar la calidad y funcionalidad del edificio vertical Urban Flats, se sugiere considerar las siguientes recomendaciones:

- Implementar sistemas de recolección y tratamiento de aguas pluviales para reducir la carga en el drenaje público y mejorar la sostenibilidad del edificio.
- Considerar el uso de tecnologías y materiales de construcción más eficientes en términos de energía, como paneles solares, iluminación LED y sistemas de ventilación natural, para reducir los costos operativos y minimizar el impacto ambiental.
- Evaluar la posibilidad de utilizar sistemas de cubierta verde, que no solo mejoran el aislamiento térmico y acústico del edificio, sino que también ayudan a reducir la carga en el drenaje público y mejoran la calidad del aire.
- Realizar inspecciones periódicas de la estructura y cubierta de techos para identificar y corregir cualquier daño o defecto que pueda afectar la seguridad y la funcionalidad del edificio.

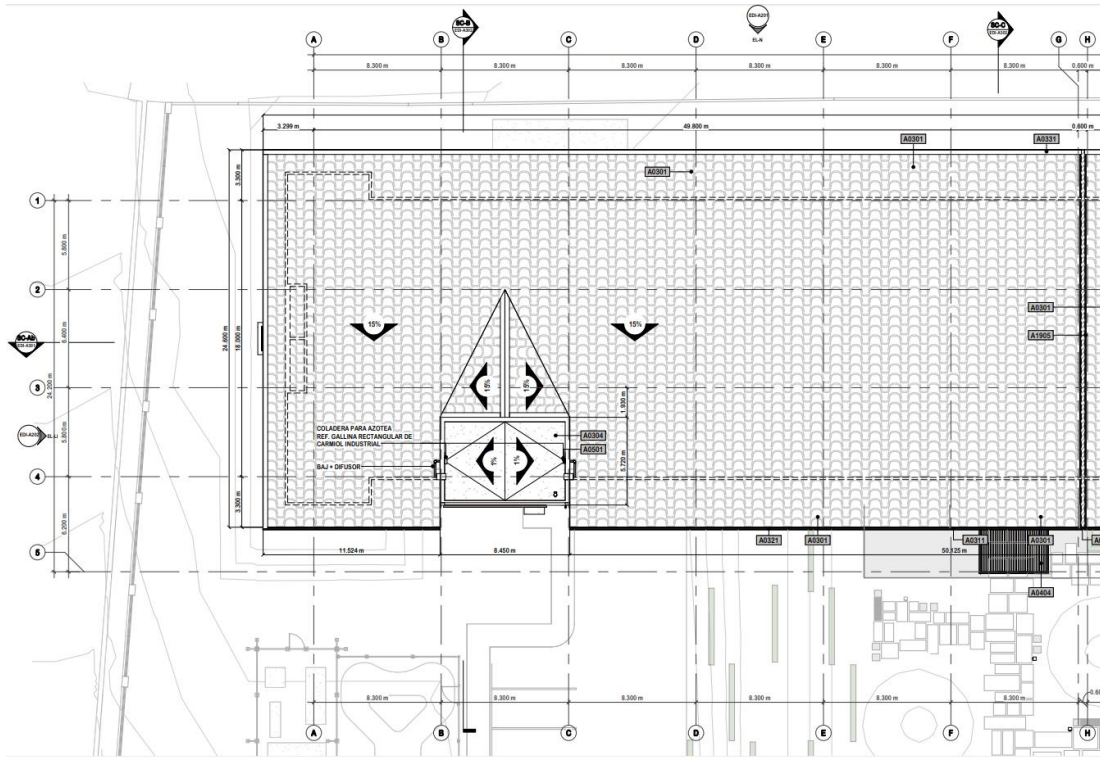


Ilustración 49. Planta Arquitectónica de Distribución - Nivel Techos. Fuente: Proyecto Residencial Urban Flats

Planta esquemática – Estructura de techos

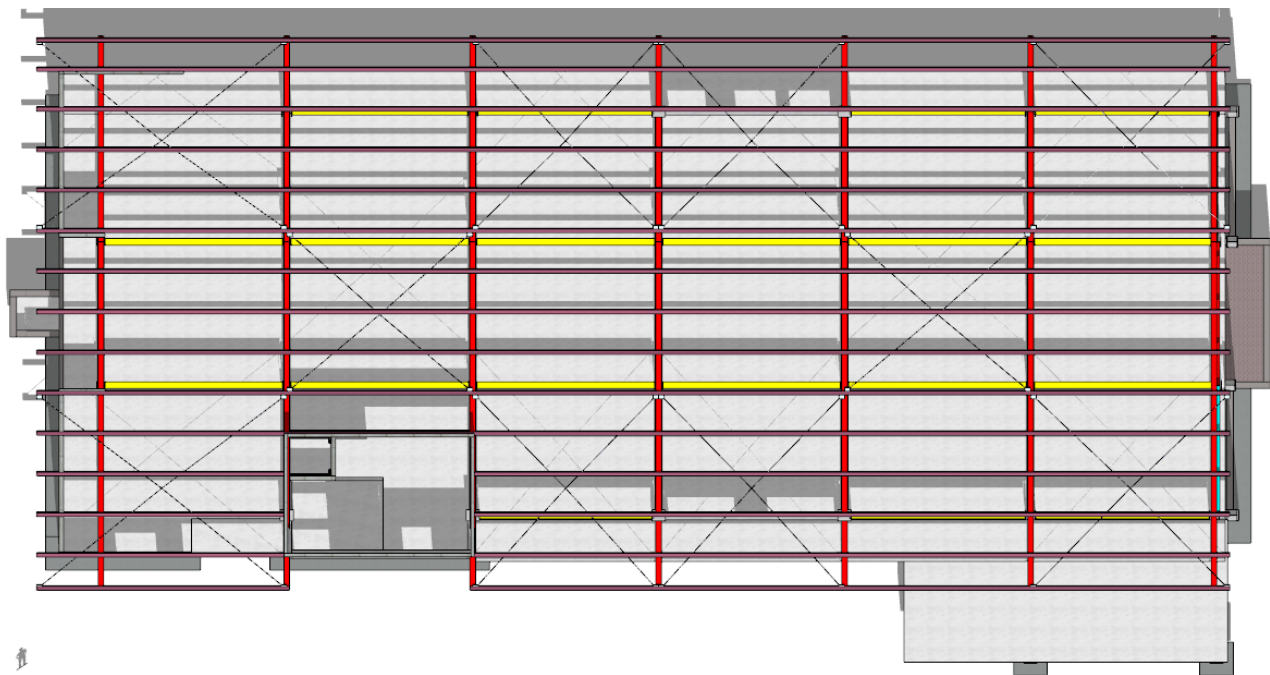


Ilustración 50. Planta esquemática de distribución estructural de techos. Fuente: Elaboración propia

9.5.3) CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES

El edificio residencial vertical Urban Flats cuenta con una estructura de techos compuesta por una combinación de elementos, que incluyen una estructura metálica, cubierta de lámina galvanizada y tejas nicaragüenses. El diseño de la estructura y cubierta de techos ha sido concebido para cumplir con los requisitos de calidad, durabilidad, seguridad y estética del edificio.

9.5.3.1) ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y TÉCNICO

La estructura de techo de Urban Flats se compone de una estructura metálica, la cual está diseñada para soportar las cargas de peso propio, viento y sismo, según las normas y códigos de construcción vigentes. La estructura metálica se compone de elementos como vigas, columnas y diagonales, que se unen mediante conexiones soldadas o atornilladas, y conforman una retícula estructural rígida.

La cubierta de lámina galvanizada se fija a la estructura metálica mediante tornillos, y se coloca sobre una capa de aislamiento térmico que reduce la transferencia de calor entre el interior y el exterior del edificio. La teja nicaragüense se fija a la cubierta de lámina galvanizada mediante furring channels y emplantillado, y se sella con botaguas y cumbrera para evitar filtraciones de agua.

La incorporación de tensores entrelazados de distribución diagonal en los diferentes marcos de la estructura es una medida de refuerzo que contribuirá a mejorar la estabilidad y rigidez de la estructura de techo, evitando que esta se abra debido a cargas de viento y sismo. Los tensores entrelazados distribuyen las cargas horizontales a través de toda la estructura, minimizando la posibilidad de concentración de tensiones en un punto específico.

9.5.3.2) RECOMENDACIONES

- Realizar un mantenimiento periódico de la estructura de techo y la cubierta, para garantizar su buen funcionamiento y prolongar su vida útil.
- Verificar que las conexiones de la estructura metálica estén debidamente fijadas y que no presenten signos de corrosión o fatiga.
- Revisar el aislamiento térmico y la teja nicaragüense para comprobar que estén en buenas condiciones y que no presenten fisuras o roturas que puedan afectar su capacidad de protección contra los elementos del clima.
- Evaluar la necesidad de incorporar otros elementos de refuerzo estructural en la cubierta de techo, según las condiciones específicas del edificio y las cargas de diseño.

9.6) ARRIOSTRAMIENTO: CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO

Como se mencionó en el capítulo teórico anterior sobre arriostramientos, en los edificios de varias plantas, los arriostramientos permiten restringir los movimientos horizontales que provocan las acciones en esa dirección (viento y sismo fundamentalmente).

Al considerar los aspectos que interactúan para el diseño de los arriostramientos, se tiene en cuenta que, existe cierta versatilidad para la disposición de estos debido a que no forman parte de la estructura principal y se pueden combinar con otros elementos estructurales en el edificio.

El diseño de las riostras en el edificio de apartamentos Urban Flats será consecuente con tres aspectos que determinan la disposición de estas: **Análisis de espacios arquitectónicos**, un **análisis de los componentes estructurales** del edificio y el análisis de vientos mediante la **simulación del túnel de vientos** en el software Flow Design.

9.6.1) ANÁLISIS DE ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS

En el análisis funcional de espacios arquitectónicos, el objetivo a considerar fue que la colocación de arriostramientos no se interpusiera en el área útil de los espacios, ya sea entorpeciendo las actividades o directamente bloqueándolas.

Lo destacable en este aspecto es la oportuna orientación del edificio, el cual recibe las fuerzas de desplazamiento en una orientación norte – sur como presión de viento (creando la necesidad de arriostramiento en este sentido transversal del edificio), y se ve apoyado por un núcleo de escaleras que ayuda a rigidizar en una orientación este – oeste cualquier posible desplazamiento ocasionado por sismos.

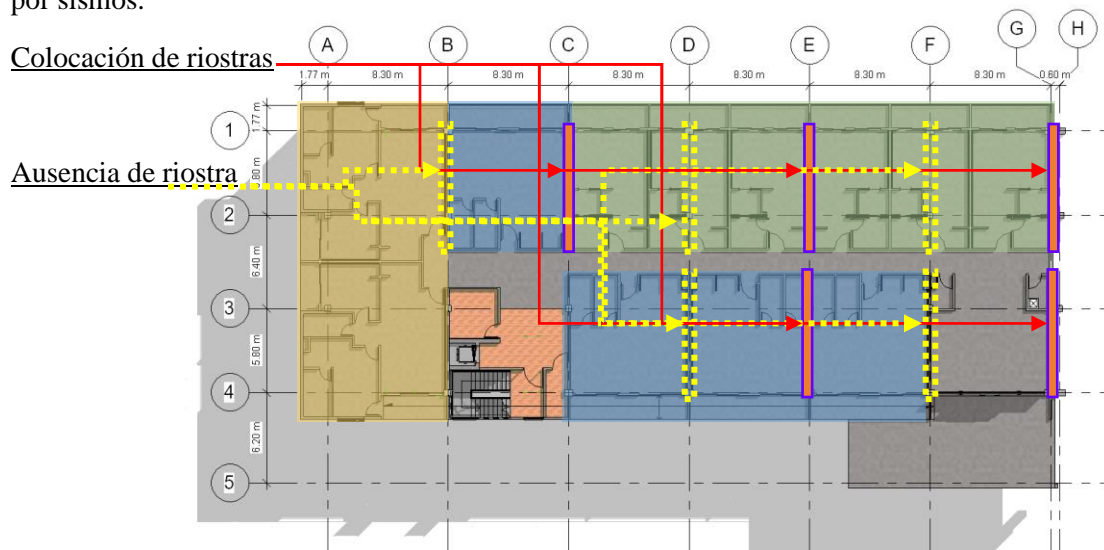


Ilustración 51. Análisis de espacios arquitectónicos para la toma de decisiones de colocación del arriostramiento.

Fuente: Elaboración propia

Como se mencionaba anteriormente, lo oportuno de la orientación del edificio, es que los ejes que dividen los espacios se encuentran en el sentido transversal, sentido en el cual no se necesita circulación de un espacio a otro. Por lo cual, la función no se ve entorpecida por la estructura, y el único punto en el que no se colocará arriostramiento será en el sector norte del eje D, ya que es este el único que se encuentra en la mitad de un apartamento tipo “A”.

Los espacios arquitectónicos permiten la fácil disposición de arriostramientos en los ejes transversales que así lo requieren, sin embargo, en los ejes longitudinales la colocación de riostras en los ejes 2 y 3 interrumpiría los espacios internos de los apartamentos y en los ejes 1 y 4 interrumpiría las fachadas (puertas de vidrio a terrazas).

Por tal motivo, el arriostramiento longitudinal se colocó a manera de muros de carga en fachadas, en los ejes D-E.



Colocación de muros de carga continuos a manera de arriostramiento en ejes longitudinales del edificio, esta solución evita la colocación de riostras metálicas que podrían entorpecer la funcionalidad de los espacios arquitectónicos.

Ilustración 52. Análisis de espacios arquitectónicos para la toma de decisiones de colocación del arriostramiento.
Fuente: Elaboración propia

9.6.2) ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES

Dentro de la propuesta de cambio de sistema estructural del edificio, se conserva todo el sistema de muros de carga ubicado en los primeros dos niveles que son utilizados únicamente para estacionamiento y bodegas, se conservan también los marcos estructurales de concreto armado en estos dos niveles y por último y el cual consiste en el principal complemento para los componentes de arriostramiento, son los muros de carga que se conservarán en la fachada oeste del edificio y el núcleo de escalera y elevador. Estos últimos elementos de carga funcionan como elementos rigidizadores y disminuyen la capacidad de desplazamiento horizontal del edificio en un sentido este – oeste, dejando habilitada esta capacidad en un sentido transversal del edificio.

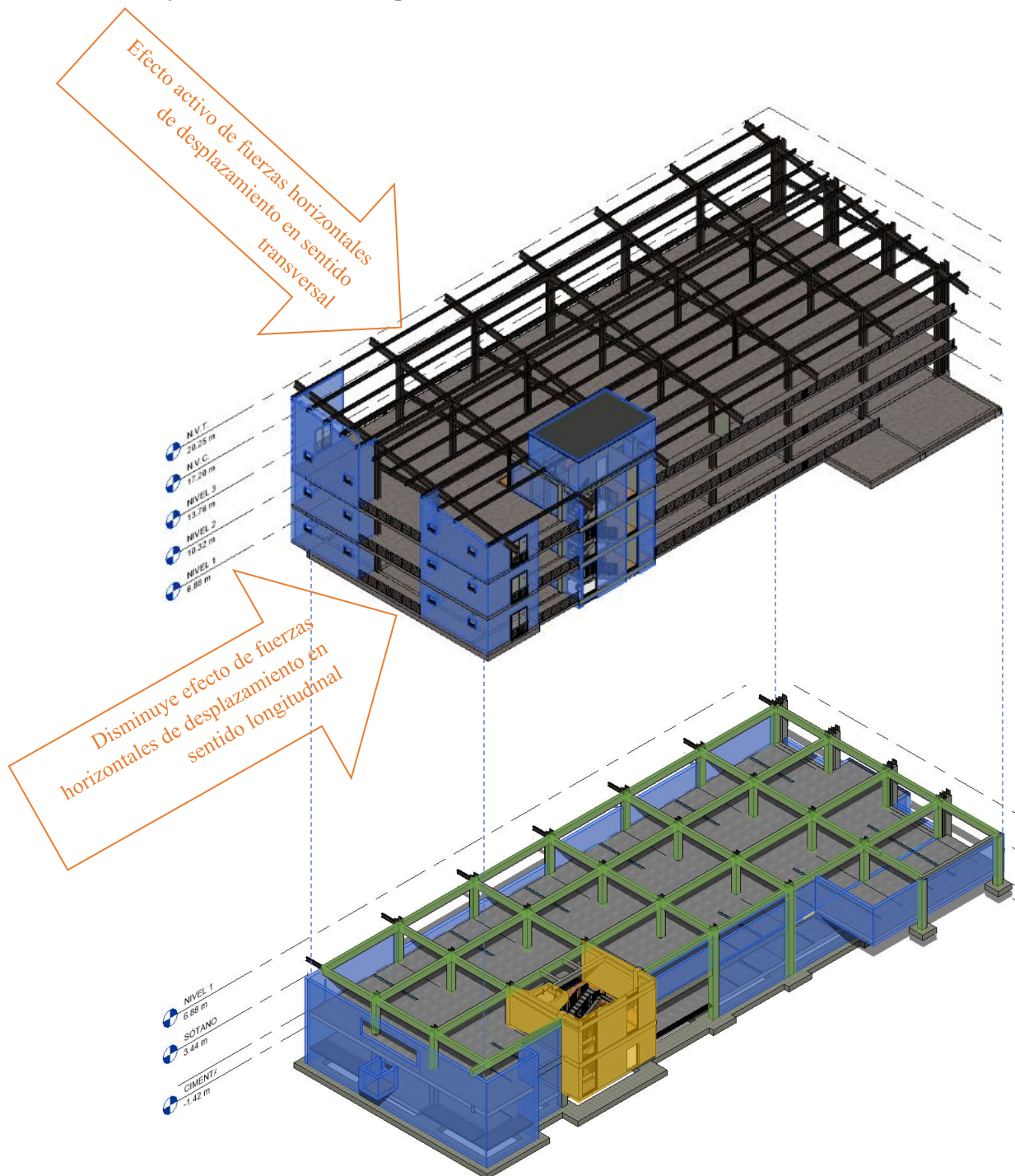


Ilustración 53. Muros de carga, columnas y vigas de concreto armado que se van a conservar en la nueva propuesta como elementos rigidizadores para disminuir la carga de desplazamiento horizontal. Fuente: Elaboración propia

La colocación de los muros de carga en los niveles de apartamentos y el núcleo de escaleras es de la siguiente manera:

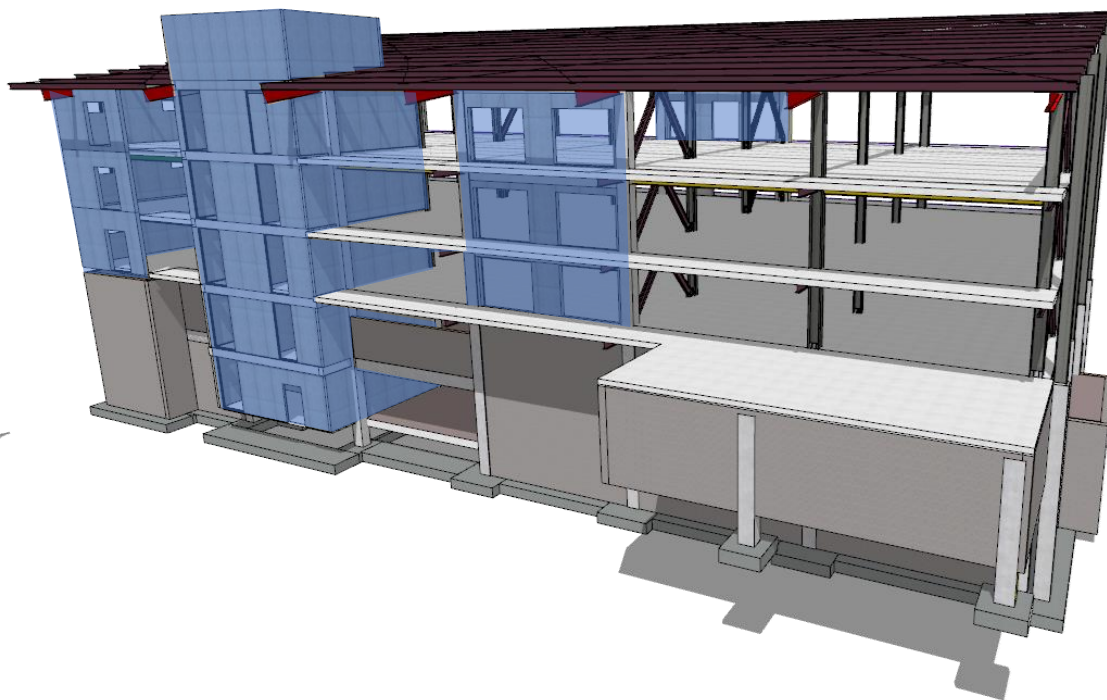
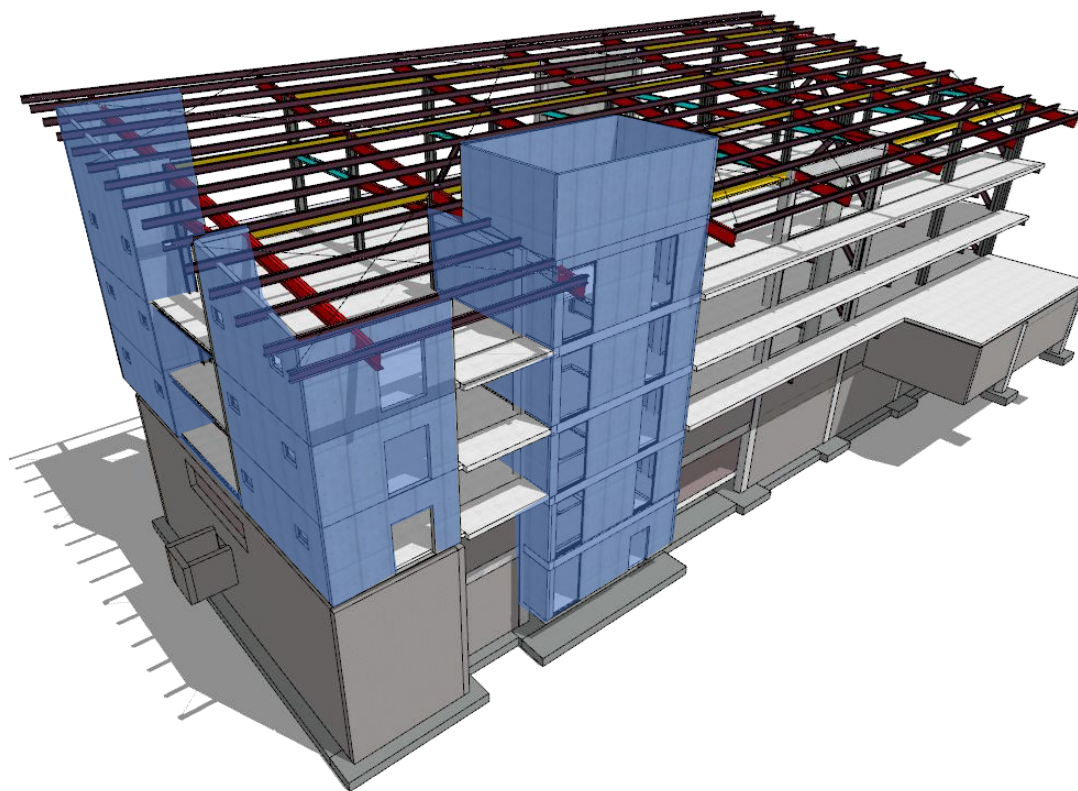


Ilustración 54. Muros de carga de concreto armado que se van a conservar en la nueva propuesta como elementos rigidizadores para disminuir la carga de desplazamiento horizontal. Fuente: Elaboración propia

9.6.3) ANÁLISIS DE VIENTOS: SIMULACIÓN MEDIANTE FLOW DESIGN

Para el análisis de vientos se utilizó el programa de simulación de túnel de viento: Flow Design. Este programa permite visualizar de una forma aproximada el comportamiento del viento en el contexto de nuestro edificio y los elementos colindantes que agreguemos al modelo de simulación. También permite ver como el viento beneficia o afecta al proyecto y donde se genera una mayor presión de viento.

Este tipo de análisis, a pesar de ser sólo una aproximación, nos ayuda tener nociones muy claras de como deberíamos diseñar el edificio tanto en aspectos de acondicionamiento en pos del confort, como algunas consideraciones estructurales cuando se trata principalmente de edificaciones en altura.

Para el presente proyecto se ha realizado dos simulaciones de vientos:

- La primera de carácter más estructural, utilizando datos un poco arriba del máximo para visualizar de manera más clara el comportamiento del edificio en relación con el viento, y así determinar la mejor colocación de las estructuras de arriostramiento. Este primer análisis se presenta a continuación.
- La segunda simulación de vientos ha sido de carácter más arquitectónico, tomando los datos climatológicos promedios anuales y con el objetivo de determinar el comportamiento de los cerramientos que se propondrán y cómo reacciona el edificio a estos. Este análisis se presenta más adelante en el capítulo **Cerramientos y aislamientos**.

Por lo tanto, luego de haber realizado la simulación de vientos a la edificación "A" del Condominio Urban Flats, se tiene lo siguiente:

- Para esta simulación, se dirigieron los vientos desde el norte geográfico del proyecto, en el cual se tiene que el proyecto está orientado 12° al oeste en su fachada norte.
- Lo vientos que en un inicio vienen con una velocidad promedio, experimentan una aceleración al chocar con el alero norte del edificio y este efecto de aceleración, a su vez, propicia la creación de remolinos en la fachada sur del edificio, lo cual, aunque sea mínima, crea una ventilación en los apartamentos de esta fachada principal.

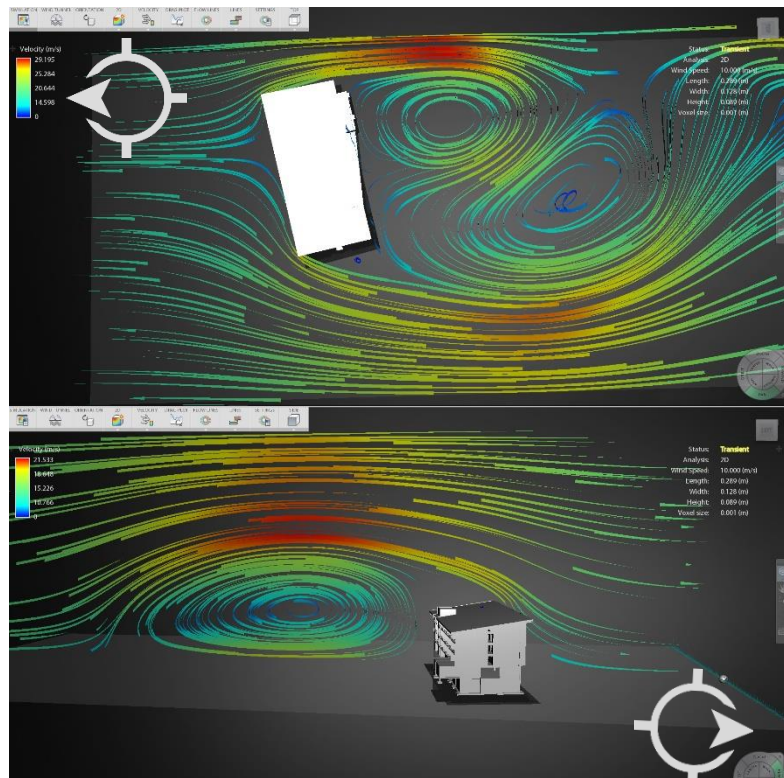


Ilustración 55. Simulación de vientos a la edificación "A" del Condominio Urban Flats mediante el software Flow Design. Fuente: Elaboración propia

- Este empuje del viento crea presión en la estructura en sus ejes transversales y por tal motivo es en estos en los que el diseño de arriostramientos se vuelve necesario.

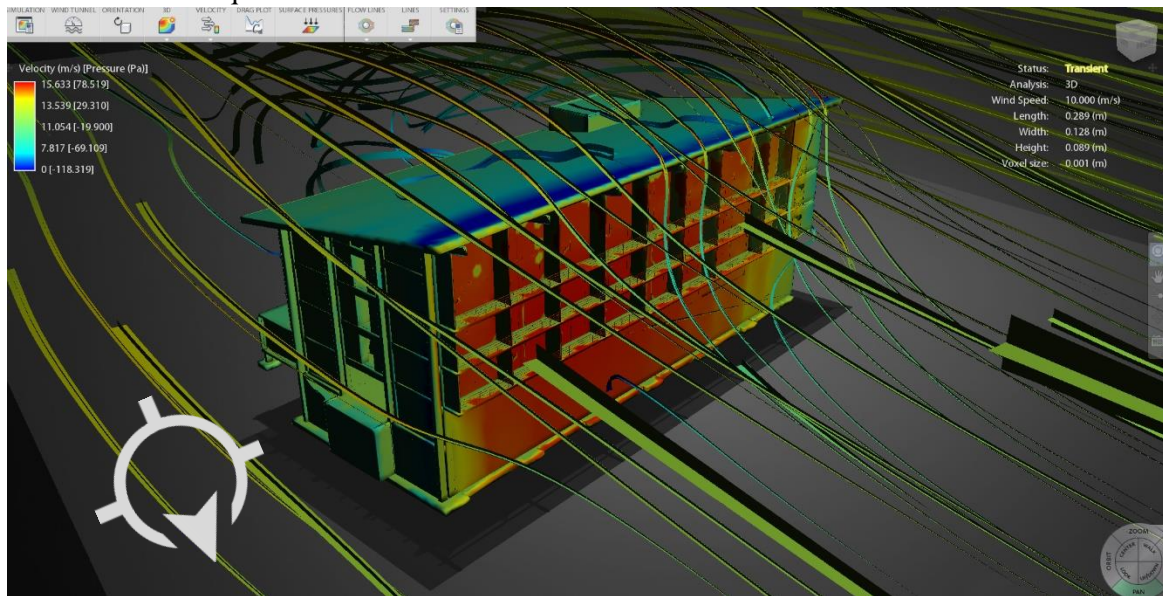


Ilustración 56. Efecto de empuje del viento en los ejes transversales del edificio, elaborado mediante el software Flow Design.
Fuente: Elaboración propia

El arriostramiento del edificio se hará en los marcos de los ejes transversales como se muestra en la presentación siguiente:

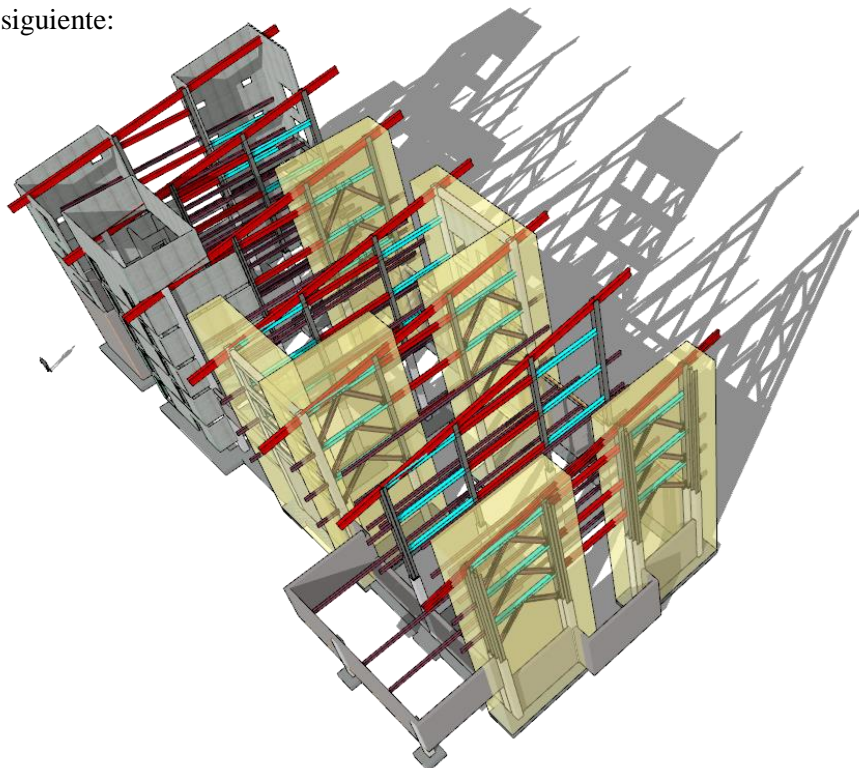


Ilustración 57. Colocación del arriostramiento en la nueva propuesta. Fuente: Elaboración propia

En este proyecto se ha considerado la necesidad de añadir más estabilidad a la estructura, ya que es un factor fundamental para garantizar la seguridad de los usuarios y la durabilidad del edificio. Para ello, se han seleccionado arriostramientos concéntricos, los cuales son elementos estructurales que se encargan de evitar la deformación o el colapso de la estructura ante cargas laterales, tales como vientos o sismos.

La elección de este tipo de arriostramientos se debe a varias consideraciones. En primer lugar, se ha tenido en cuenta la estabilidad estructural que otorgan los muros de carga del proyecto. Estos muros son elementos estructurales verticales que se encargan de soportar las cargas verticales y laterales del edificio, por lo que su presencia ya garantiza una cierta estabilidad a la estructura.

Además, se ha considerado la posible acción de vientos, aunque su impacto en la zona sea mínimo. Los arriostramientos concéntricos ayudan a evitar el movimiento horizontal de la estructura y a mantenerla estable ante estas fuerzas externas.

Por último, se ha tenido en cuenta la posibilidad de eventos sísmicos, los cuales son un factor relevante en la zona en la que se encuentra el edificio. Los arriostramientos concéntricos se consideran una buena opción en estos casos, ya que contribuyen a reducir la vibración y el desplazamiento de la estructura en caso de terremotos o movimientos telúricos.

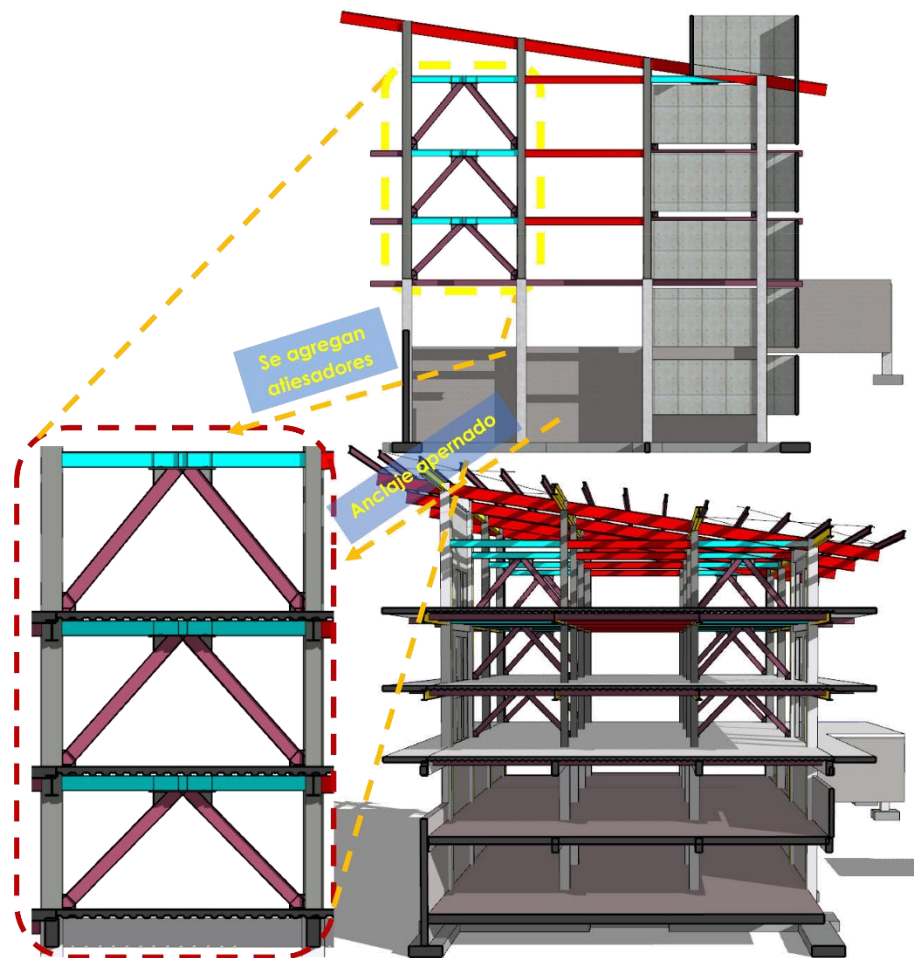


Ilustración 58. Diseño esquemático y ubicación del arriostramiento en el modelo 3D. Fuente: Elaboración propia

9.7) CONEXIONES O NUDOS APERNADOS

Se ha considerado cuidadosamente el tipo de nudos que se utilizará en el proyecto, tomando en cuenta la ubicación y los requerimientos específicos de las vigas, así como las diferentes clasificaciones de conexiones que plantea el sistema. De esta manera, se asegura que los nudos sean adecuados para soportar las cargas y fuerzas que se presenten en la estructura, lo que se traduce en una mayor seguridad y estabilidad a largo plazo.

9.7.1) CLASIFICACIÓN DE NUDOS POR TIPO DE VIGA

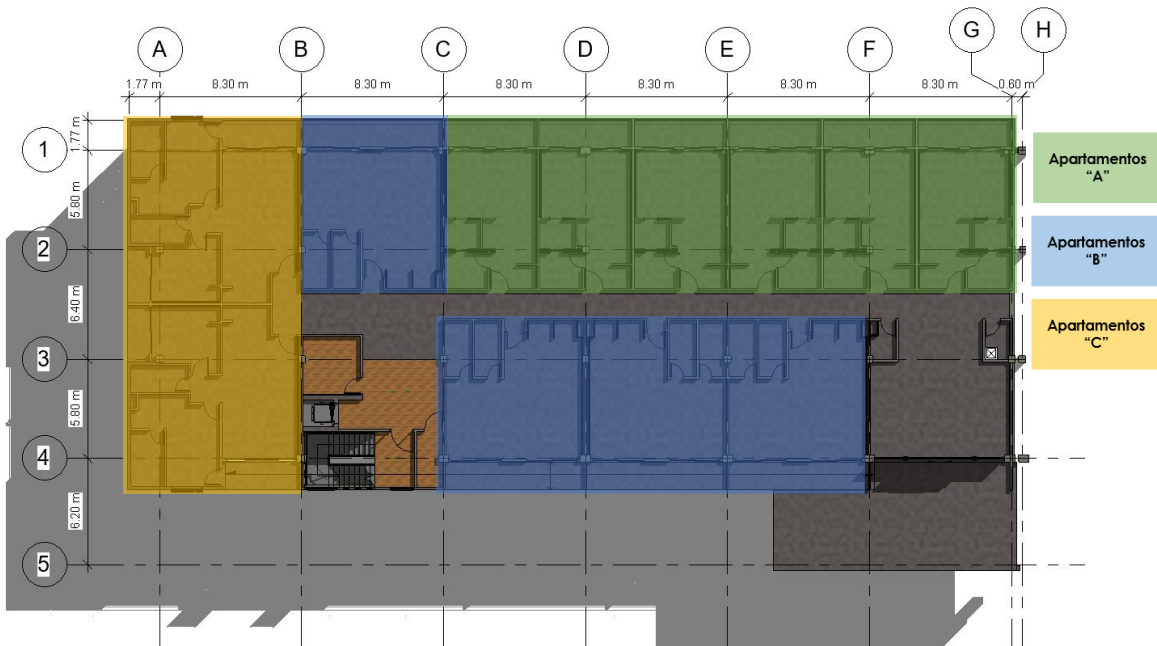


Ilustración 59. Zonificación por tipo de apartamentos A, B y C. Fuente: Elaboración propia

El proyecto cuenta con una planta arquitectónica que se repite en cada nivel, y a su vez, el tipo de vigas en cada uno de los niveles se repite de la misma manera.

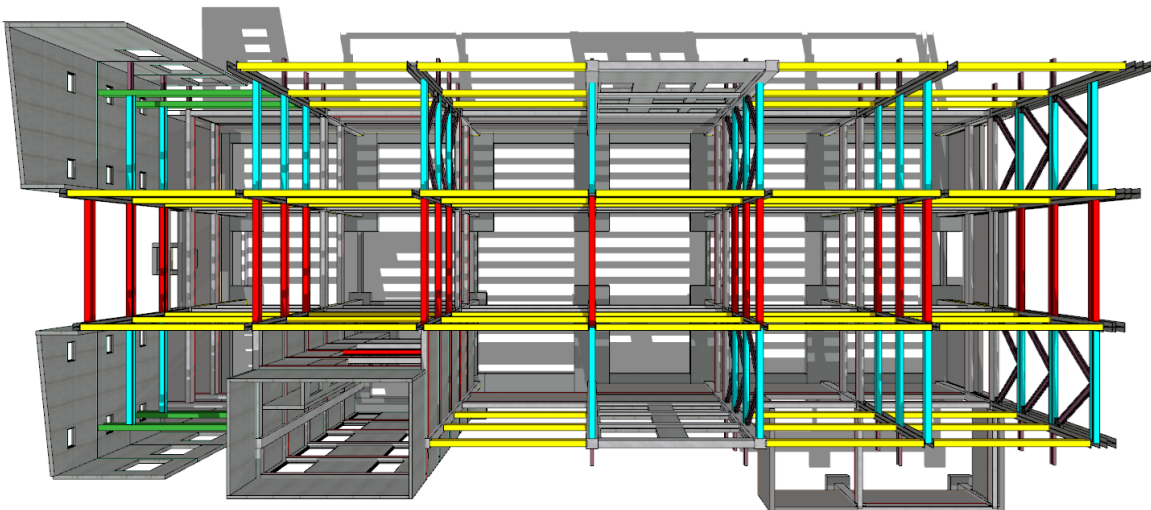
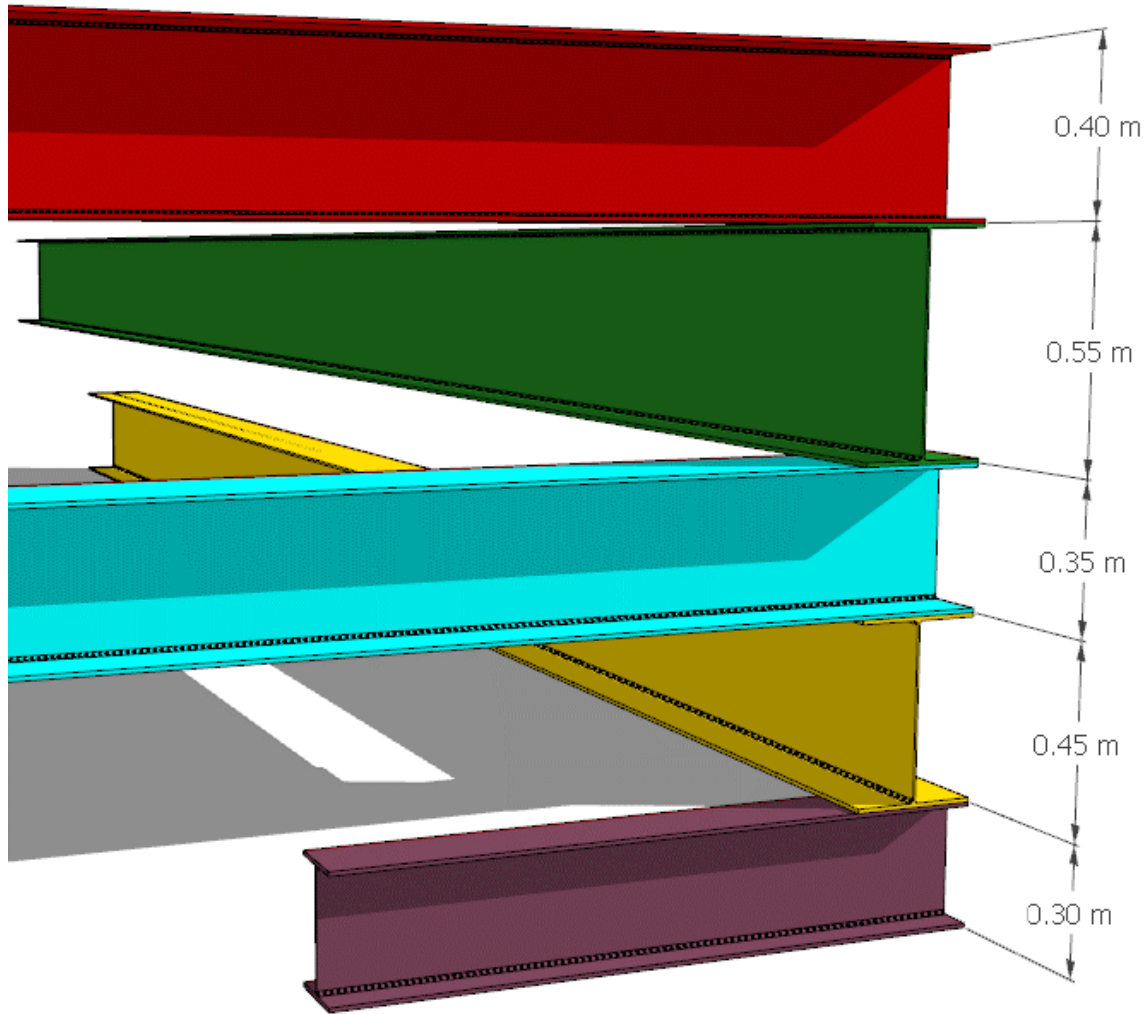


Ilustración 60. Planta estructural esquemática en perspectiva de la nueva propuesta. Fuente: Elaboración propia



Tipos de viga según gráfico de Predimensionado	8.30 m	5.80 m	6.40 m	10.00 m
	— —	— —	— —	— —
Peralte obtenido	0.45 m --> 0.50 m	0.35 m --> 0.40 m	0.40 m	0.55 m --> 0.60 m

Tabla 20. Tipos de vigas según gráficos de predimensionado. Fuente: Elaboración propia

Los tipos de conexiones por tipo de vigas son las siguientes:

9.7.1.1) CONEXIÓN VIGA-COLUMNA: ÁNGULO DE ASIEN TO

Para vigas “rojas” de 0.40 de peralte:

En esta conexión, una viga de acero se une a una columna de acero utilizando pernos y un ángulo de asiento, que es una pieza de acero en forma de L.

La viga se coloca sobre el ángulo de asiento en la parte superior de la columna y se fija con pernos que pasan a través de agujeros pre-perforados en la viga, el ángulo de asiento y la columna. Los

pernos se ajustan y se aprietan para asegurar la conexión y se utilizan arandelas y tuercas para asegurar que los pernos estén bien sujetos.

Esta unión apernada proporciona una conexión rígida y resistente que puede soportar grandes cargas y es muy común en la construcción de edificios de acero. El peralte de 0.40 m es una medida común en la construcción de edificios de varios pisos.

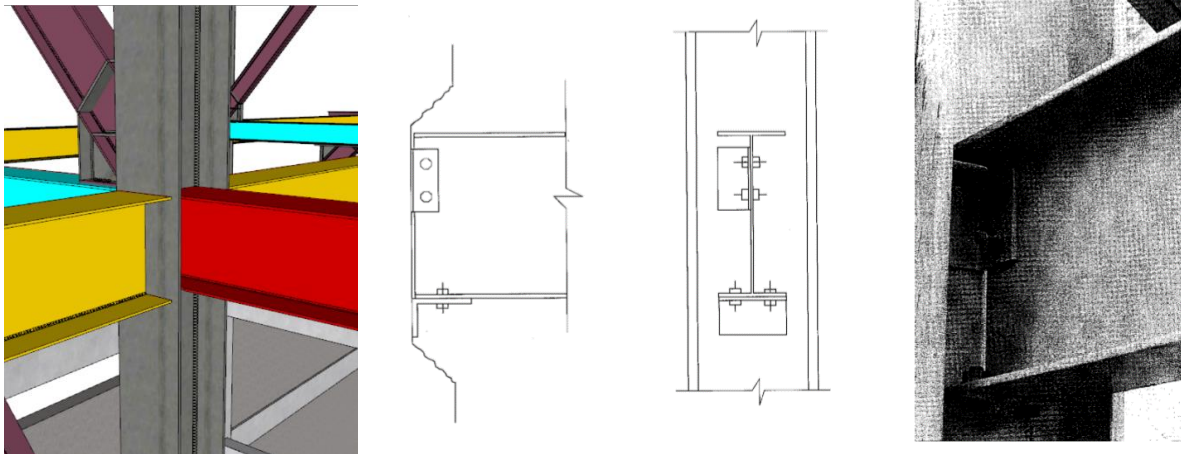


Ilustración 61. Viga roja: 0.40 m. de peralte. Conexión Viga-Columna: Ángulo de asiento. Fuente: Elaboración propia

9.7.1.2) CONEXIÓN VIGA-COLUMNA(CONCRETO): PLACAS DE EXTREMO

Para vigas “verdes” de 0.55 de peralte:

Una unión apernada viga-columna con placas de extremo en concreto es una conexión que se utiliza para unir una viga de acero a una columna de concreto. En esta conexión, se colocan dos placas de extremo, una en la viga y otra en la columna, las cuales se conectan mediante pernos de alta resistencia.

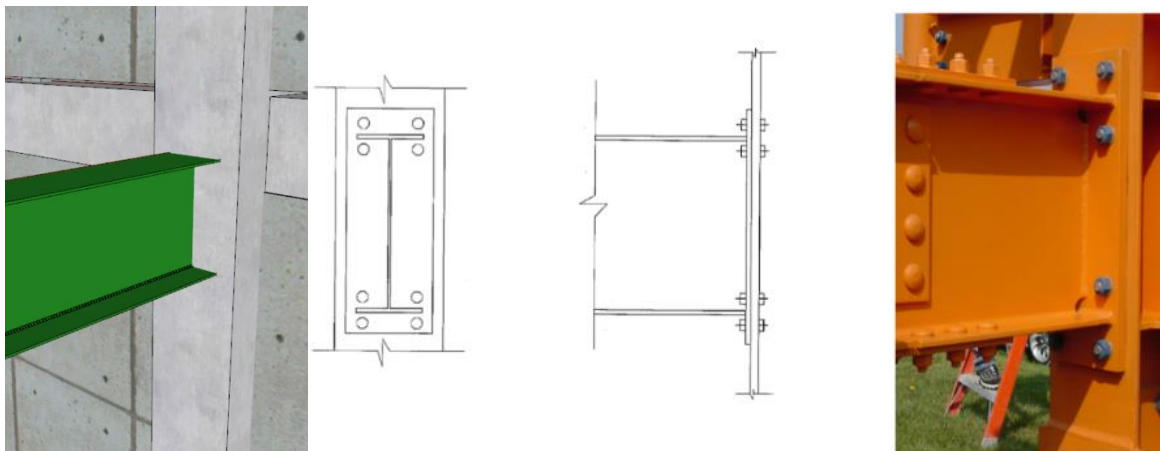


Ilustración 62. Viga verde: 0.55 m. de peralte. Conexión Viga-Columna(concreto): Placas de extremo. Fuente: Elaboración propia

La placa de extremo de la viga tiene agujeros pre-perforados para recibir los pernos, mientras que la placa de extremo de la columna se fija mediante soldadura. La altura de la placa de extremo de la viga se determina en función del peralte de la viga, en este caso, 0.55 m.

Para realizar la unión, se coloca la viga en la posición requerida, se colocan las placas de extremo en ambos lados de la unión y se ajustan los pernos de alta resistencia para fijar la conexión. Es importante asegurarse de que los pernos se ajusten correctamente y se cumpla con los requerimientos de diseño para garantizar la resistencia y estabilidad de la estructura.

9.7.1.3) CONEXIÓN VIGA-COLUMNA: PLACAS HORIZONTALES EN PATINES DE LA VIGA

Para vigas “amarillas” de 0.45 de peralte:

Una unión apernada de conexión viga-columna con placas horizontales en patines de la viga y peralte de 0.45 m consiste en unir una viga de acero a una columna mediante el uso de pernos. En esta unión, las placas horizontales se colocan en los patines de la viga y se perforan para permitir el paso de los pernos de anclaje, los cuales se atornillan a las placas de la columna.

Las placas horizontales en patines de la viga son componentes de acero que se fijan en la parte superior e inferior de la viga y sirven como apoyo para la conexión con la columna. Estas placas se sujetan con pernos de alta resistencia y se disponen en ángulo recto con respecto al eje longitudinal de la viga.

La columna, por su parte, tiene dos placas de extremo, una superior y otra inferior, que se unen a las placas horizontales en patines de la viga mediante pernos. En esta conexión, las placas de extremo de la columna se perforan para permitir el paso de los pernos de anclaje, los cuales se atornillan a las placas horizontales de la viga.

Esta unión es muy utilizada en estructuras de acero y permite la transferencia de cargas de la viga a la columna mediante una conexión rígida. La selección del peralte de la viga se realiza en función de los requerimientos de la estructura, las cargas a soportar y los criterios de diseño establecidos en las normativas correspondientes.

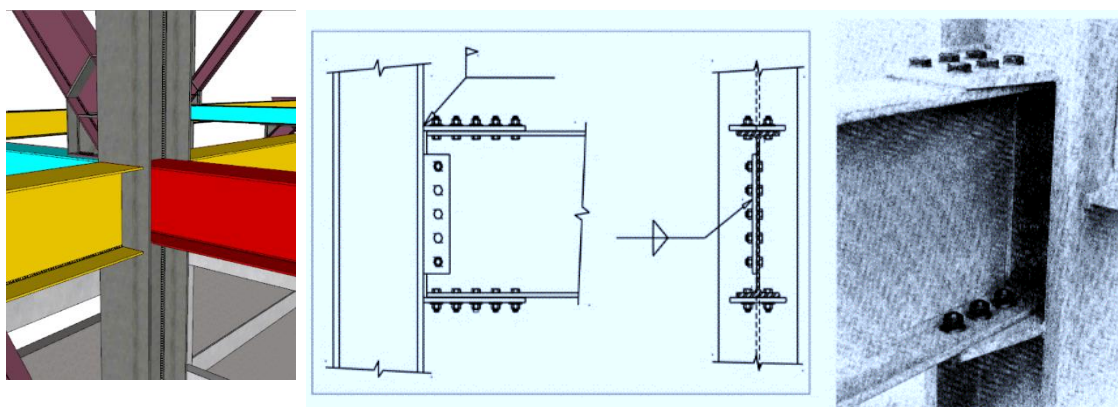


Ilustración 63. Viga amarilla: 0.45 m. de peralte. Conexión Viga-Columna: Placas horizontales en patines de la viga. Fuente: Elaboración propia

9.7.1.4) CONEXIÓN VIGA-COLUMNA: PLACA SIMPLE (PLACA DE CORTANTE)

Para vigas “cian” de 0.35 de peralte:

Una unión apernada de conexión viga-columna con placa simple (también conocida como placa de cortante) y un peralte de 0.30m es un tipo de unión que se utiliza para conectar una viga de acero a una columna mediante el uso de una placa de acero que se coloca en la cara lateral de la columna.

La placa de cortante se utiliza para resistir las fuerzas de cortante que se producen en la conexión, que son las fuerzas que actúan perpendicularmente al eje longitudinal de la viga. La placa se fija a la columna mediante pernos de anclaje que se colocan en agujeros perforados en la columna.

La placa de cortante se coloca en el extremo de la viga, y se fija a la viga mediante pernos de alta resistencia. Estos pernos pasan a través de los agujeros perforados en la placa y se aprietan con tuercas de alta resistencia.

Esta unión apernada es adecuada para cargas moderadas a altas, y se utiliza comúnmente en estructuras de acero, ya que proporciona una conexión sólida y resistente que es capaz de soportar cargas verticales y horizontales.

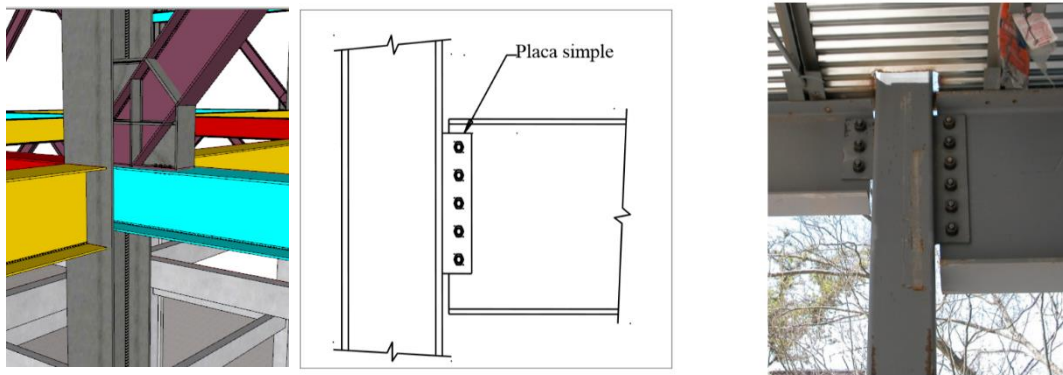


Ilustración 64. Viga cian: 0.35 m. de peralte. Conexión Viga-Columna: Placa simple (placa de cortante).
Fuente: Elaboración propia

9.8) APLICACIÓN DE CERRAMIENTOS + AISLAMIENTOS

9.8.1) APLICACIONES BIOCLIMÁTICAS PARA EL AISLAMIENTO TÉRMICO EN REHABILITACIÓN

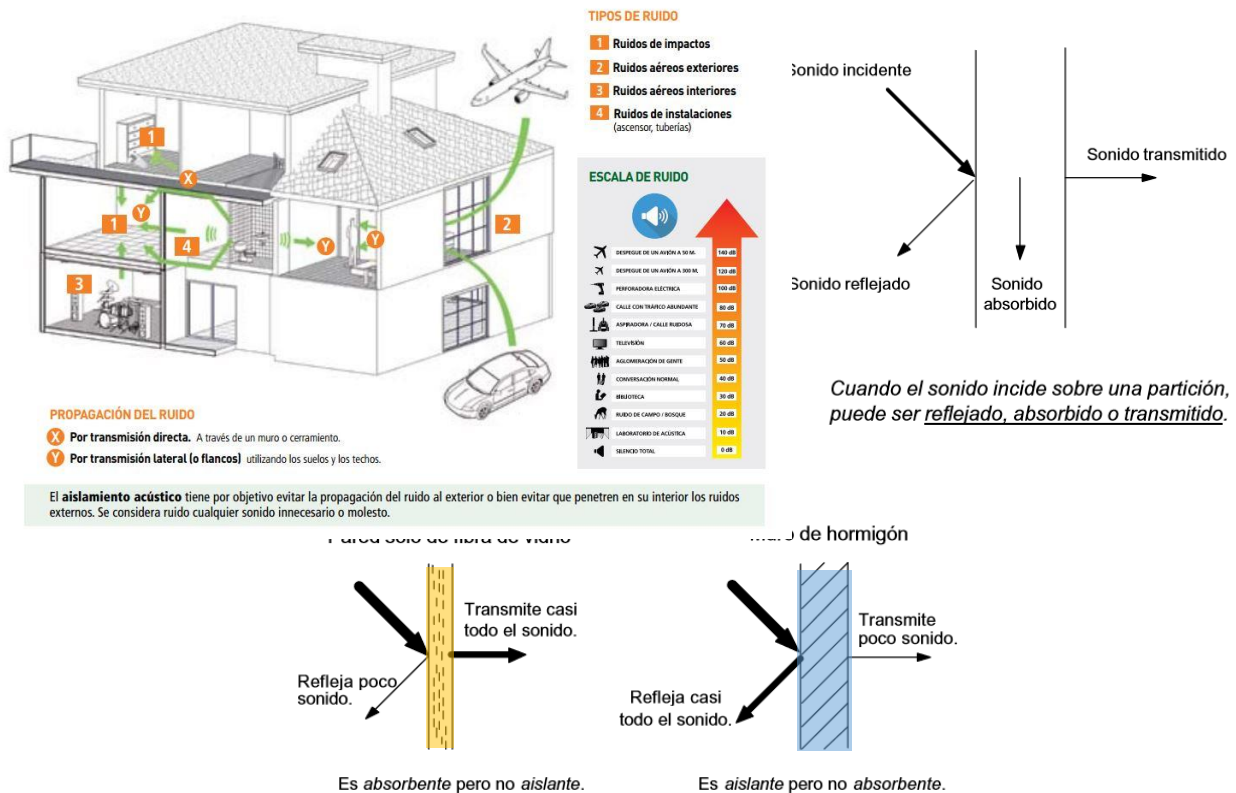
Las estrategias son múltiples, pero se enumeran aquí algunas de las más efectivas.

- Incorporación del aislamiento en fachada.
- Cambio de vidrios en carpinterías.
- Incorporación de aislamiento en cubierta.
- Incorporación de aislamiento en suelo.
- Incorporación de elemento protección de ventanas.
- Incorporación de sistemas de ventilación en vivienda.
- Incorporación de detectores de presencia en zonas comunes.
- Revisión de potencias contratadas por usuarios.
- Incorporación de iluminación de bajo consumo en viviendas.

Otros aspectos importantes por considerar son los siguientes:

- Las ventanas son los puntos más débiles en el cerramiento.
- La iluminación solar está enfrentada al aislamiento térmico.
- Perfiles: Los perfiles representan entre el 25% de la superficie de la ventana.
- Cuanto más bajo sea el coeficiente de transmisividad térmica, más difícil será la transferencia de calor, por lo que tendrá más capacidad aislante.

9.8.1.1) ASPECTOS SOBRE AISLAMIENTO ACÚSTICO



**Particiones absorbentes y aislantes.
Es importante no confundir aislamiento y absorción.**

Ilustración 65. Aspectos sobre aislamiento acústico. Fuente: Seguí, P., & OVACEN. Obtenido de Nueva guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido

9.8.1.2) ABSORCIÓN

En acústica, una parte de la energía acústica es absorbida por las superficies con las que entra en contacto. El coeficiente de absorción acústica α_m representa la relación entre la energía absorbida por una superficie y la energía acústica emitida en la misma. La absorción acústica depende de la situación acústica, que está determinada por las fuentes de ruido, el volumen de la sala y el aislamiento existente.

El campo acústico de una sala depende de la absorción acústica de sus superficies, que está estrechamente relacionada con la reverberación. Los materiales absorbentes, tanto tradicionales como modernos, juegan un papel importante en la absorción acústica de una sala.

Material	Frecuencia					
	125	250	500	1000	2000	4000
Ventana abierta	1	1	1	1	1	1
Hormigón	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Madera	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
Filtro asbestos (1cm)	-	-	0,35	0,30	0,23	-
Filtro de pelo y asbestos	-	-	0,38	0,55	0,46	-
Filtros sobre pared (3cm)	0,13	0,41	0,56	0,69	0,65	0,49
Corcho (3 cm)	0,08	0,08	0,30	0,31	0,28	0,28
Corcho perforado y pegado a la pared	0,14	0,32	0,95	0,90	0,72	0,65
Tapices	0,14	0,35	0,55	0,75	0,70	0,60
Ladrillo visto	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Enlucido de yeso sobre ladrillo	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Idem sobre cemento	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,03
Enlucido de cal	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06
Paneles de madera	0,10	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11
Alfombra sobre cemento	0,04	0,04	0,08	0,12	0,03	0,10
Celotex (22 mm)	0,28	0,30	0,45	0,51	0,58	0,57
Celotex (16 mm)	0,08	0,18	0,48	0,63	0,75	-
Vidrio	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Placas perforadas de material poroso	0,44	0,57	0,74	0,93	0,75	0,76

Tabla 21. Absorción de materiales constructivos en diferentes frecuencias. Fuente: *Presentación de Materiales absorbentes* - <https://es.slideshare.net/vene155/materiales-absorbentes-7197107>

9.8.1.3) SOLUCIONES DE AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTO

A continuación se presentan algunas recomendaciones para mejorar el aislamiento acústico del edificio de apartamentos Urban Flats utilizando la técnica de colocación directa bajo el pavimento:

1. Se recomienda la utilización de materiales específicos, como las espumas elastoméricas y los paneles de lana mineral de alta densidad, que son los más utilizados para mejorar el aislamiento acústico en las estructuras.
2. Para la colocación de las espumas elastoméricas, se debe procurar utilizar láminas con un espesor superior a 5mm, ya que esto garantiza una mayor contribución acústica y un mejor aislamiento.
3. Es importante asegurarse de que la colocación de las espumas elastoméricas se realice de manera adecuada, siguiendo las recomendaciones del fabricante y utilizando los adhesivos y fijaciones adecuados.
4. En el caso de los paneles de lana mineral de alta densidad, es recomendable elegir aquellos que tengan una buena resistencia mecánica y rigidez dinámica, ya que esto garantiza una mayor durabilidad y eficacia en el aislamiento acústico.

5. La colocación de los paneles de lana mineral de alta densidad también debe realizarse de manera adecuada, siguiendo las recomendaciones del fabricante y utilizando los adhesivos y fijaciones adecuados.
6. Se debe tener en cuenta la ubicación de las fuentes de ruido, como los ascensores, las escaleras o las zonas comunes, y aplicar la técnica de colocación directa bajo el pavimento en estas áreas para reducir el impacto acústico.
7. Es recomendable llevar a cabo pruebas de sonido antes y después de la aplicación de la técnica de colocación directa bajo el pavimento para evaluar la eficacia del aislamiento acústico y realizar ajustes en caso de ser necesario.
8. Finalmente, es importante contar con el asesoramiento de un experto en acústica para garantizar que la aplicación de la técnica de colocación directa bajo el pavimento se realice de manera adecuada y se obtengan los mejores resultados posibles en cuanto al aislamiento acústico del edificio.

9.8.2) TIPOS DE CERRAMIENTOS – ENSAMBLES



Ilustración 66. Tipos de cerramientos (ensambles) en la planta típica del Proyecto Residencial Urban Flats. Fuente: Elaboración propia

En base a la información previamente detallada, se ha realizado una clasificación de tres tipos de cerramientos o ensambles, los cuales responden a un conjunto de necesidades predominantes que incluyen la resistencia al fuego, la prioridad acústica y la impermeabilización.

Para los cerramientos con una mayor necesidad de resistencia al fuego, se ha considerado el uso de lámina de Gypsum, debido a su capacidad para soportar altas temperaturas y retardar la propagación del fuego. Además, la lámina de Gypsum se ha seleccionado por su menor costo en comparación con otros materiales con propiedades similares.

Por otro lado, se ha identificado que los paneles de microconcreto son ideales para su uso en zonas húmedas y fachadas, debido a su alta capacidad para resistir la humedad y prevenir la filtración de agua.

En resumen, se ha llevado a cabo una evaluación detallada de las necesidades específicas de cada tipo de cerramiento o ensamble, y se ha seleccionado cuidadosamente los materiales que mejor se adaptan a cada una de estas necesidades.

Los tipos de ensambles se detallan a continuación:

DESCRIPCIÓN DE MATERIALES Y ESQUEMAS DE ENSAMBLES PARA CERRAMIENTOS		
ENSAMBLE TIPO 1		
Descripción del ensamble	Especificación	<p>ESQUEMAS</p> <p>PLANTA</p> <p>STUD HG DE 100mm (4")</p> <p>DOBLE LAMINA FIRE-SHIELD DE 12.5mm</p> <p>0.013 m</p> <p>0.610 m</p> <p>0.100 m</p> <p> AISLANTE DE FIBRA MINERAL</p>
Tipo 1		
Forro externo	FIRE-SHIELD C GYPSUM BOARD 12.5 mm (1/2") de NATIONAL GYPSUM	
Estructura	J-TRACK y I-STUD HG de 100 mm (4") calibre 20 @610 mm	
Forro interno	FIRE-SHIELD C GYPSUM BOARD 12.5 mm (1/2") de NATIONAL GYPSUM	
ENSAMBLE TIPO 2		
Descripción del ensamble	Especificación	<p>ESQUEMAS</p> <p>PLANTA</p> <p> AISLANTE DE FIBRA MINERAL</p> <p>LAMINA FIRE-SHIELD DE 25mm</p> <p>STUD HG DE 63.5mm (2-1/2")</p> <p>0.460 m</p> <p>BORDE SUPERIOR BORDE INFERIOR</p> <p>N.T.C. N.P.T.</p>
Tipo 2		
Forro externo	FIRE-SHIELD SHAFTLINER con espesor de 25 mm (1") de NATIONAL GYPSUM	
Estructura	Track y Stud HG de 63.5 mm (2 1/2") CALIBRE 26 @460 mm + aislante de fibra mineral	
ENSAMBLE TIPO 3		
Descripción del ensamble	Especificación	<p>ESQUEMAS</p> <p>PLANTA</p> <p> AISLANTE DE FIBRA MINERAL</p> <p>STUD HG DE 63.5mm (2-1/2")</p> <p>STUD HG DE 63.5mm (2-1/2")</p> <p>0.460 m</p> <p>PANEL DE MICROCONCRETO DUROCK DE 25 mm</p> <p>PANEL DE MICROCONCRETO DUROCK DE 12.5 mm</p>
Tipo 3		
Forro externo	Panel de microconcreto marca USG DUROCK 25 mm (1") 1.22 m X 2.44 m	
Estructura	Track y Stud HG de 63.5mm (2 1/2") CALIBRE 26 @460mm con aislante de fibra mineral + Track y Stud HG de	

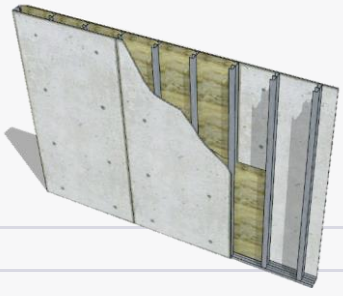
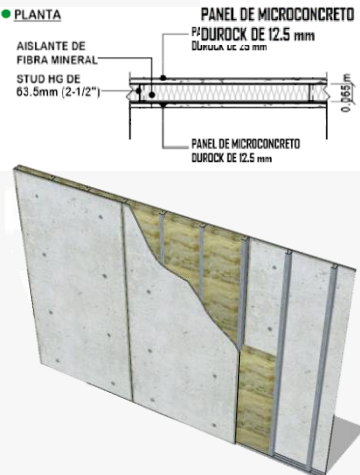
	63.5mm (2 1/2") CALIBRE 26 @460mm (sin aislante)	
Forro interno	Panel de microconcreto marca USG DUROCK 12.7 mm (1/2") 1.22 m X 2.44 m	
ENSAMBLE TIPO 4		
Descripción del ensamble	Especificación	
Tipo 3		
Forro externo	Panel de microconcreto marca USG DUROCK 12.7 mm (1/2") 1.22 m X 2.44 m	
Estructura	Track y Stud HG de 63.5mm (2 1/2") CALIBRE 26 @460mm con aislante de fibra mineral	
Forro interno	Panel de microconcreto marca USG DUROCK 12.7 mm (1/2") 1.22 m X 2.44 m	

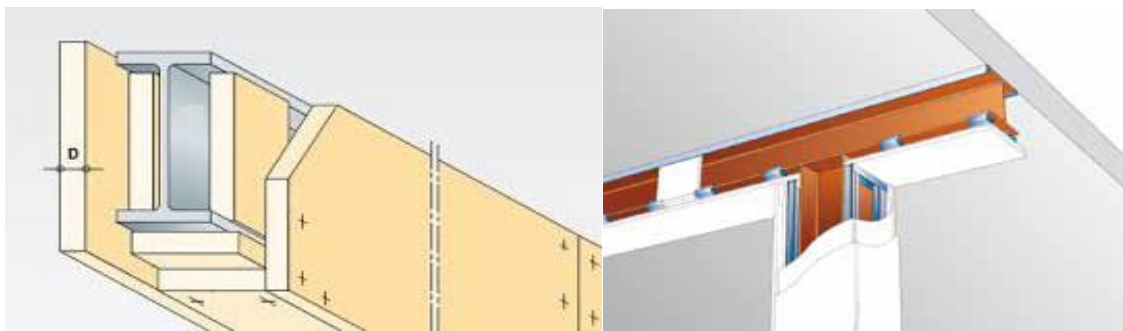
Tabla 22. Descripción de materiales y esquemas de los tipos de ensambles para cerramientos. Fuente: Elaboración propia.

9.9) COMPLEMENTOS DEL SISTEMA ESTRUCTURAL Y CERRAMIENTOS

9.9.1) RESISTENCIA AL FUEGO – PROTECCIÓN PASIVA EN ESTRUCTURAS DE ACERO MEDIANTE PLACAS DE FIBROSILICATO

En un edificio residencial de apartamentos con una estructura de columnas y vigas de acero apertada, se podría aplicar el uso de placas de fibrosilicato como complemento del sistema estructural y cerramientos para la protección pasiva en estructuras de acero contra el fuego. Estas placas tienen propiedades excepcionales para resistir altas temperaturas y no se deforman, reblandecen o sufren distorsiones significativas en un incendio debido a su característica estabilidad. Las placas de fibrosilicato han sido objeto de numerosos ensayos internacionales y se ha demostrado que son

biológicamente inertes, no son afectados por el crecimiento de hongos, no producen eflorescencia y no sufren deformaciones significativas en condiciones húmedas o mojado.



La densidad de las placas es relativamente baja, lo que significa que no añaden mucho peso adicional a la estructura y su vida útil es muy alta. Estas placas se pueden fijar a la estructura mediante grapado, atornillado o colado, dependiendo de la solución técnica, y se pueden utilizar para garantizar una estabilidad al fuego desde 15 minutos hasta 240 minutos (EF-15 hasta EF-240), según lo definido por la Norma UNE-23820 /97. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la utilización de las placas de fibrosilicato o cartón yeso presenta un tratamiento de juntas determinado por la solución técnica.



*Ilustración 67. Protección pasiva en estructuras de acero mediante placas de fibrosilicato.
Fuente: Ficha técnica del producto*

9.10) ANÁLISIS TERMOACÚSTICO

Al llevar a cabo la implementación de los materiales de cerramiento y el sistema de aislamiento termoacústico en un proyecto de construcción, es fundamental contar con un criterio sólido y basado en análisis rigurosos que respalden la objetividad de las decisiones tomadas. En este sentido, se plantea la necesidad de realizar un conjunto de análisis detallados, que permitan evaluar la incidencia solar y el cálculo del calor que ingresa a un apartamento seleccionado, así como el origen y nivel de ruido tanto externo como interno, y la determinación de los requerimientos de aislamiento adecuados.

En particular, se debe llevar a cabo un análisis de incidencia solar que permita evaluar la cantidad de radiación solar que llega al edificio y, por ende, al apartamento seleccionado. De igual forma, es importante determinar la cantidad de calor que ingresa al espacio, para lo cual se deben realizar cálculos detallados que permitan evaluar la capacidad térmica y el coeficiente de transferencia de calor de los diferentes materiales utilizados en la construcción del edificio.

Por otra parte, se debe llevar a cabo un análisis acústico que permita evaluar la procedencia y nivel de ruido tanto externo como interno, con el objetivo de identificar las posibles fuentes de ruido y determinar los niveles máximos permisibles para garantizar el confort acústico de los habitantes del edificio. De esta manera, se podrá determinar los requerimientos de aislamiento acústico adecuados para garantizar un ambiente silencioso en los apartamentos.

En definitiva, los análisis de incidencia solar y acústica, así como el cálculo del calor que ingresa al espacio, son fundamentales para justificar las decisiones tomadas al momento del diseño de cerramientos y sistemas de aislamiento termoacústico en un edificio residencial de apartamentos. Estos análisis permiten evaluar de manera objetiva la eficacia y eficiencia de los diferentes materiales y sistemas de aislamiento utilizados, y garantizan el confort y bienestar de los habitantes del edificio.

9.10.1) ANÁLISIS DE INCIDENCIA SOLAR EN FACHADAS

En el análisis de incidencia solar se han tomado en cuenta las fechas del solsticio y el equinoccio.

El solsticio ocurre cuando el sol se encuentra más cerca o más lejos de uno de los hemisferios terrestres, aumentando la duración del día en una parte del mundo, y disminuyendo su duración en la otra. En el caso del equinoccio, el sol se encuentra sobre la línea ecuador, por lo que el día y la noche en ambos hemisferios tienen la misma duración.

Tanto el solsticio como el equinoccio se presentan dos veces por año, marcando el inicio de las estaciones. El solsticio acontece durante el verano y el invierno, mientras que el equinoccio se presenta al inicio de la primavera y el otoño.

	Solsticio	Equinoccio
Posición del sol	El sol está en el punto más distante de la línea del ecuador.	El sol está en el punto más cercano a la línea del ecuador.
Rayos solares	La Tierra recibe una mayor cantidad de luz en uno de los hemisferios.	Los rayos solares alcanzan la zona intertropical con mayor intensidad, provocando que la luz y el calor lleguen a ambos hemisferios de igual forma.
Fecha	21 de junio: solsticio de verano (hemisferio norte) y de invierno (hemisferio sur); 21 de diciembre: solsticio de invierno (hemisferio norte) y de verano (hemisferio sur).	20 de marzo: equinoccio de primavera (hemisferio norte) y de otoño (hemisferio sur); 22 de setiembre: equinoccio de otoño (hemisferio norte) y de primavera (hemisferio sur).
Duración del día	Solsticio de verano: día más largo. Solsticio de invierno: día más corto.	Día y noche tienen la misma duración durante un equinoccio.
Etimología	Del latín <i>solstitium</i> , compuesta por <i>sol</i> (sol) y <i>sistere</i> (detenido o estático), y que significa 'sol quieto'.	Del latín <i>aequinoctium</i> , compuesta por <i>aequus</i> (igual) y <i>nox</i> (noche), y que significa 'noche igual'.

Tabla 23. Características del Solsticio y Equinoccio. fuente: Elaboración propia

9.10.1.1) SOLSTICIO 21 DE JUNIO

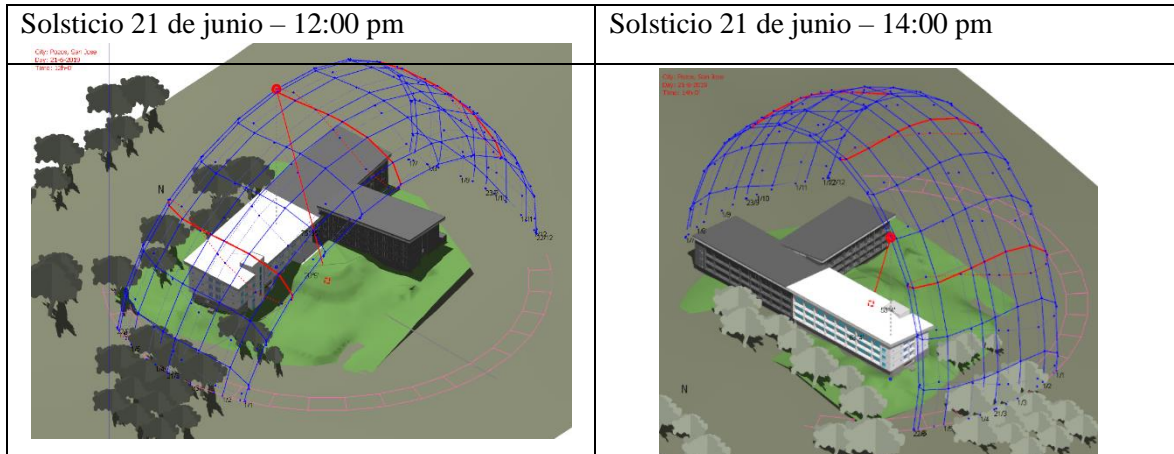
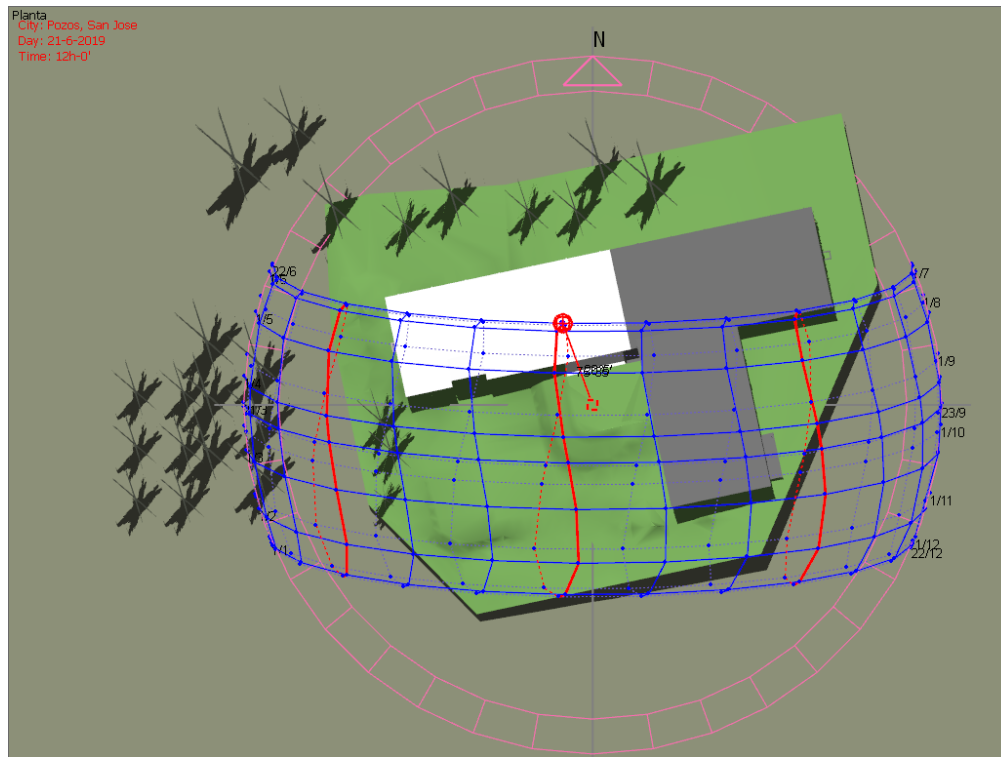
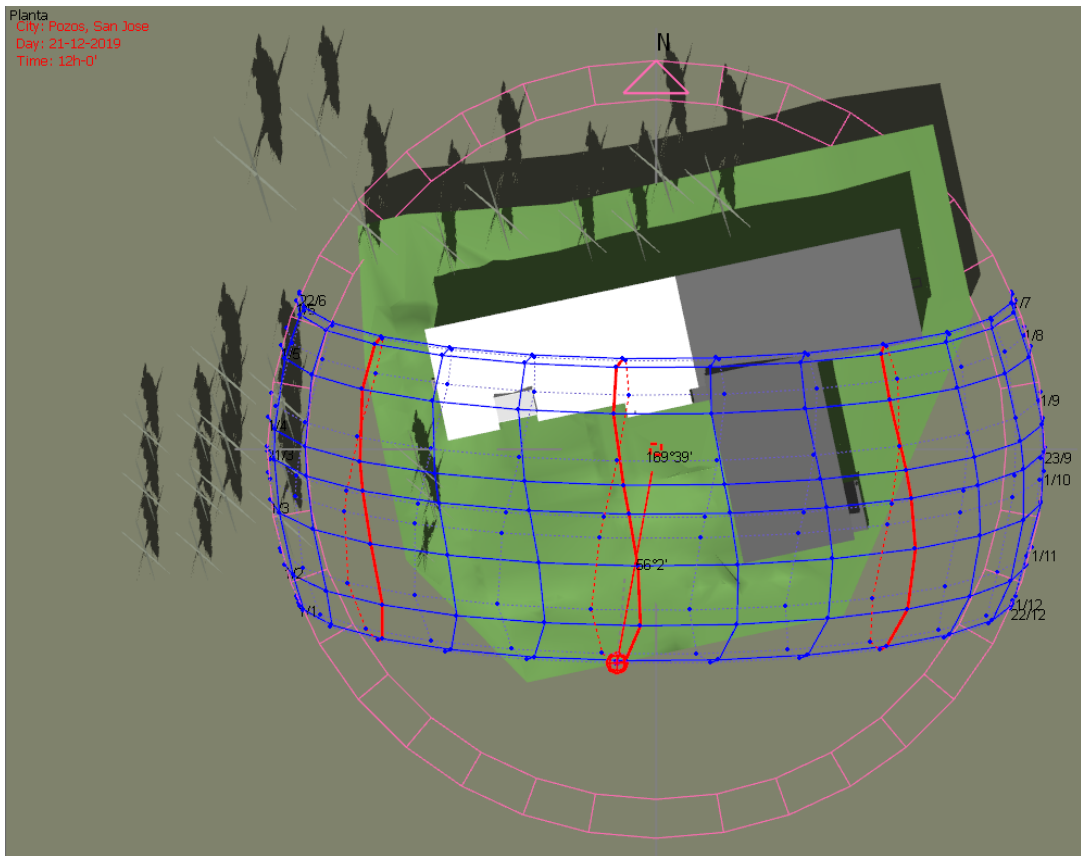


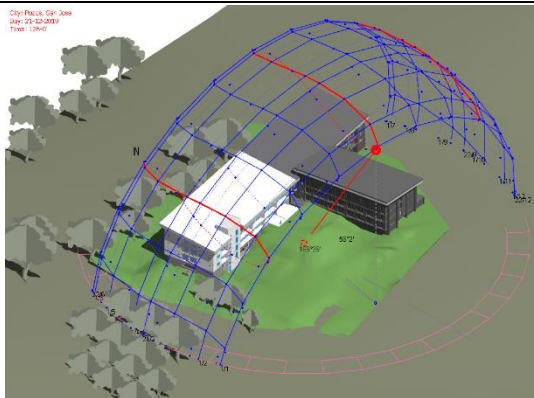
Ilustración 68. Análisis de incidencia solar - Solsticio 21 de junio. Fuente Elaboración propia

De acuerdo con la fecha en cuestión, se ha observado que la fachada norte es la más impactada por las condiciones climáticas. No obstante, es importante señalar que a lo largo del año esta fachada recibe la menor cantidad de radiación solar directa. Además, el actual diseño del alero del techo ha demostrado ser adecuado para proveer sombra durante la mayor parte del año, lo que ha permitido reducir significativamente la incidencia solar directa en la fachada norte a solo unas pocas horas al año.

9.10.1.2) SOLSTICIO 21 DE DICIEMBRE



Solsticio 21 de diciembre – 12:00 pm



Solsticio 21 de diciembre – 14:00 pm

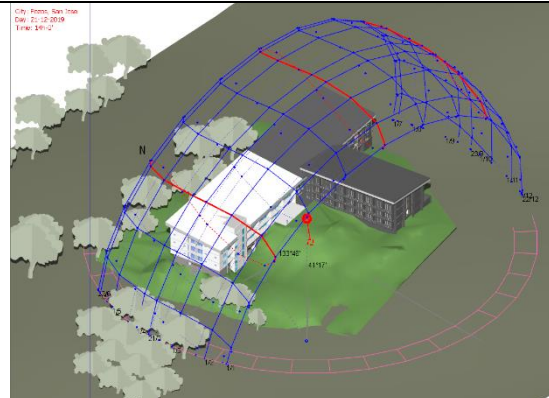
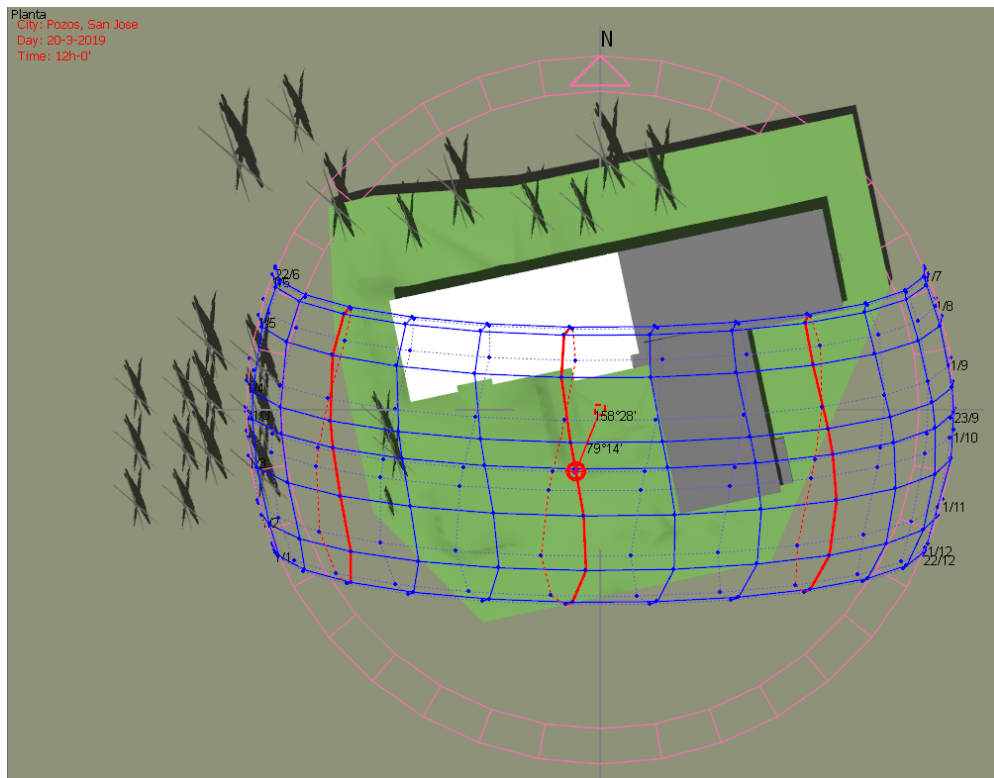


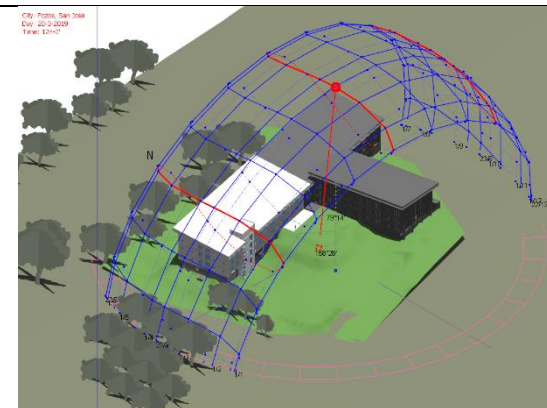
Ilustración 69. Análisis de incidencia solar - Solsticio 21 de diciembre. Fuente Elaboración propia

Durante el solsticio de invierno, específicamente el 21 de diciembre, se observa un incremento en la radiación solar directa sobre las fachadas sur y oeste del edificio. Es importante llevar a cabo un análisis de la incidencia solar horaria en esta fecha para determinar el aislamiento térmico adecuado que garantice el confort térmico deseado dentro de la edificación. Por lo tanto, se hace imprescindible la atención prioritaria en el diseño y especificación del aislamiento térmico en dichas fachadas.

9.10.1.3) EQUINOCCIO 20 DE MARZO



Equinoccio 20 de marzo – 12:00 pm



Equinoccio 20 de marzo – 14:00 pm

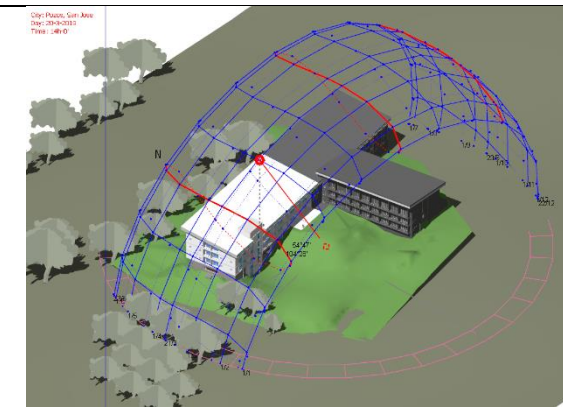
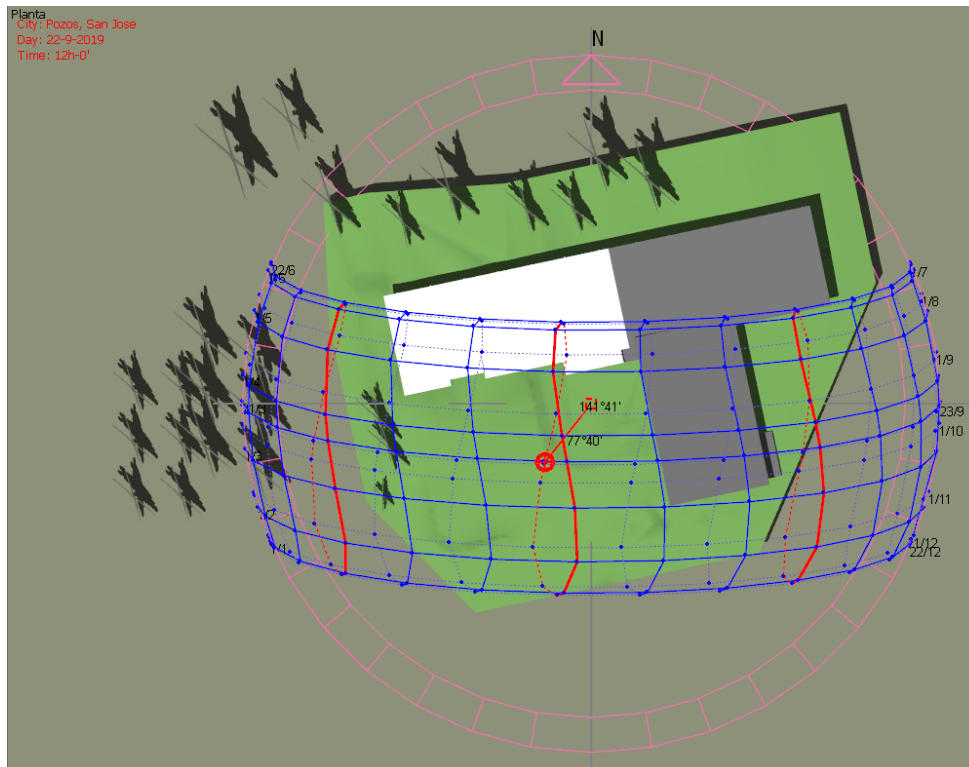


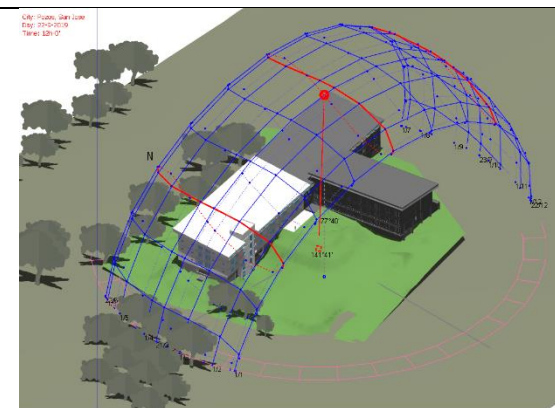
Ilustración 70. Análisis de incidencia solar - Equinoccio 20 de marzo. Fuente Elaboración propia

Durante el equinoccio del 20 de marzo, se observa una mayor incidencia solar directa únicamente sobre la fachada oeste del edificio en cuestión. Esto se debe a que el diseño del alero presente en la fachada sur proporciona la protección necesaria para reducir la exposición a la radiación solar directa. En consecuencia, se concluye que la única fachada que requiere medidas adicionales de protección térmica y solar es la fachada oeste.

9.10.1.4) EQUINOCCIO 22 DE SEPTIEMBRE



Equinoccio 22 de septiembre – 12:00 pm



Equinoccio 22 de septiembre – 14:00 pm

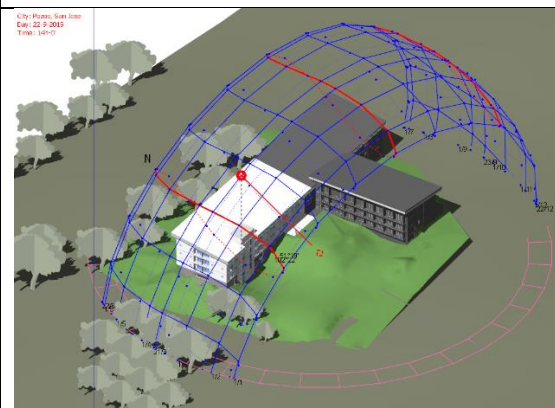


Ilustración 71. Análisis de incidencia solar - Equinoccio 22 de septiembre. Fuente Elaboración propia

Al igual que en el equinoccio de primavera, durante el equinoccio de otoño, específicamente el 22 de septiembre, se observa una distribución asimétrica de la radiación solar directa en el edificio en cuestión. En este caso, la fachada oeste es la única que recibe una mayor cantidad de radiación solar directa, mientras que las demás fachadas permanecen en sombra o reciben una menor intensidad de radiación solar.

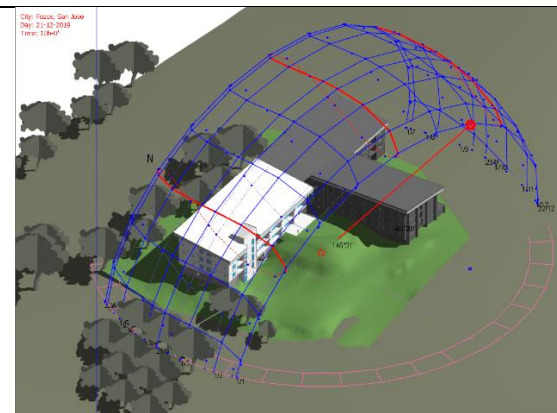
9.10.1.5) ANÁLISIS POR HORAS - SOLSTICIO 21 DE DICIEMBRE

Se ha escogido el solsticio del 21 de diciembre para el análisis de incidencia solar por horas, ya que, de los días analizados, este ha demostrado ser el día que afecta de forma más directa una de las fachadas, la fachada sur, que posee una leve inclinación de 12 grados hacia el Este.

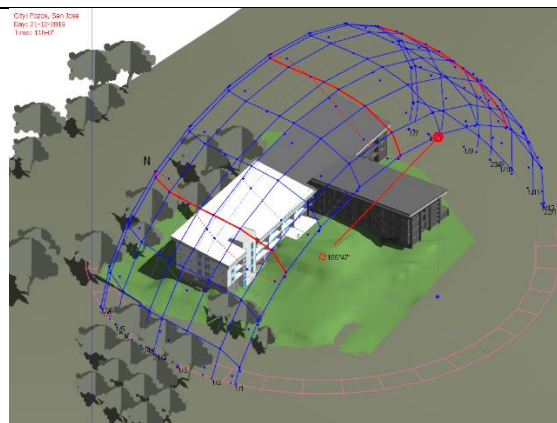


Ilustración 72. Análisis de incidencia solar por horas - Solsticio 21 de diciembre. Fuente Elaboración propia

Solsticio 21 de diciembre - 10:00 a.m.



Solsticio 21 de diciembre - 11:00 a.m.



Solsticio 21 de diciembre - 12:00 p.m.

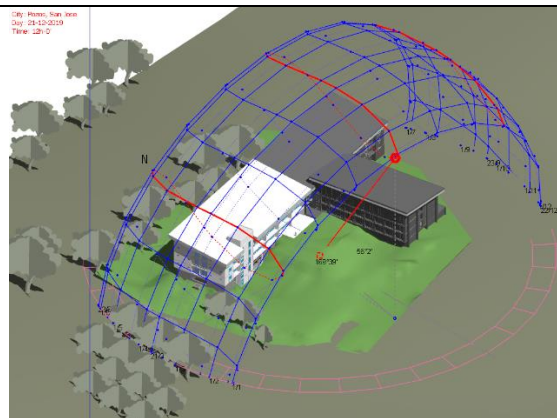
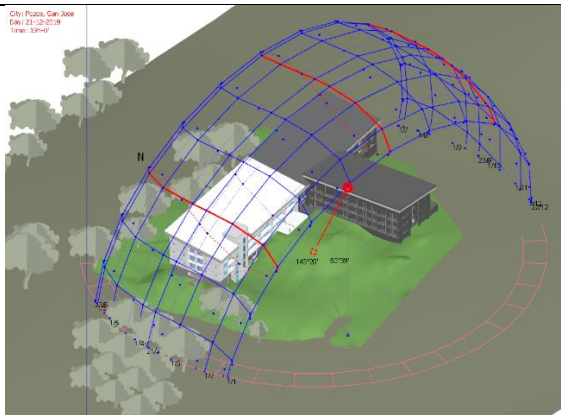
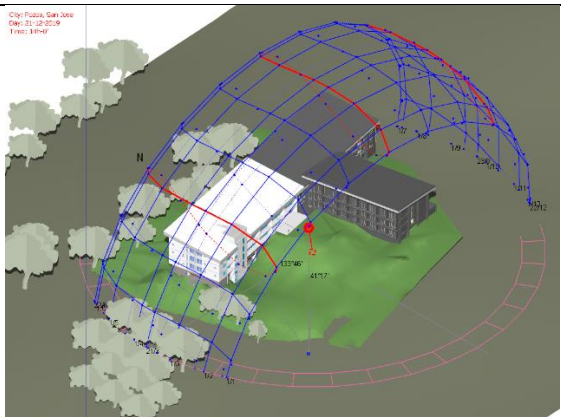


Ilustración 73. Análisis de incidencia solar por horas - Solsticio 21 de diciembre. Fuente Elaboración propia

Solsticio 21 de diciembre - 13:00 p.m.



Solsticio 21 de diciembre - 14:00 p.m.



Solsticio 21 de diciembre - 15:00 p.m.

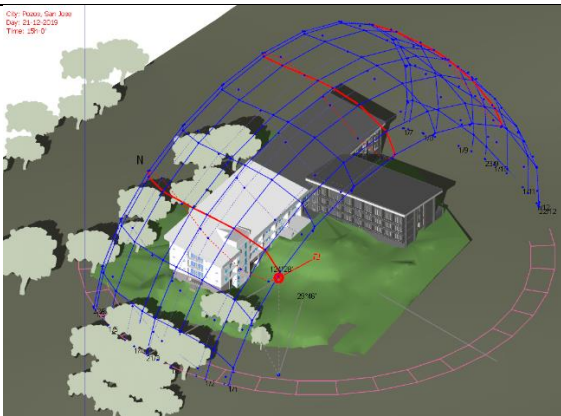
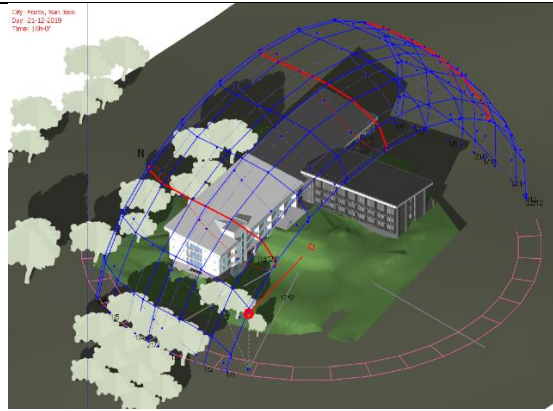


Ilustración 74. Análisis de incidencia solar por horas - Solsticio 21 de diciembre. Fuente Elaboración propia

Solsticio 21 de diciembre - 16:00 p.m.



Solsticio 21 de diciembre - 17:00 p.m.

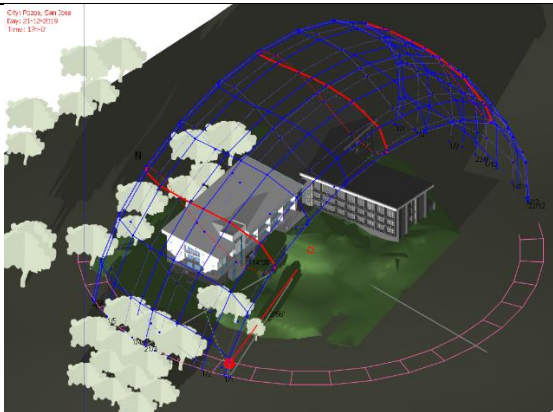


Ilustración 75. Análisis de incidencia solar por horas - Solsticio 21 de diciembre. Fuente Elaboración propia

Luego del análisis de incidencia solar por hora, en la fecha en la cual el sol afecta de forma más directa sobre la fachada sur, se observa que la penetración del sol al interior del edificio no llega a ser demasiada, y los únicos que se llegarían a ver más afectados son los primeros dos niveles de apartamentos entre las 8:00 a.m. y las 12:00 p.m.

Apartamento tipo B con fachada sur. Nivel 1 (junto a núcleo de escaleras). De 8:00a.m. a 12:00 p.m.

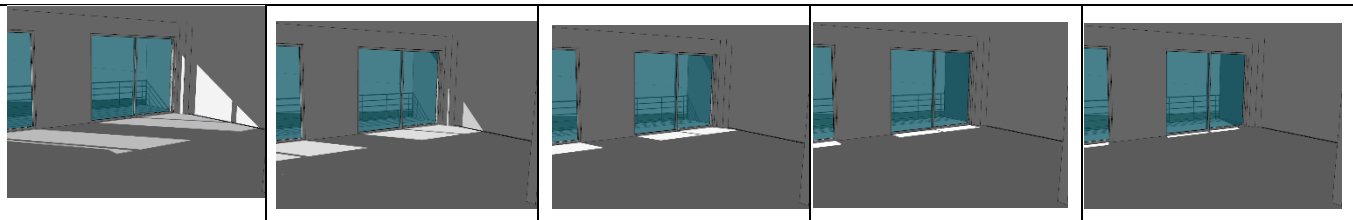


Ilustración 76. Análisis de la incidencia solar que ingresa al Apartamento B en el Solsticio 21 de diciembre entre las 8:00 a.m. y las 12:00 p.m. Fuente: Elaboración propia

Los muros que dividen las terrazas de los apartamentos, el entre piso que sobresale de cada terraza por sobre la otra, y el alero del techo son elementos que protegen de manera muy adecuada la panelería de vidrio expuesta, especialmente en la fachada sur, sin embargo, no por ello se dejará de implementar un aislamiento adecuado y acorde al nivel de incidencia solar directa.

El principal aspecto por destacar para la protección solar del edificio será el de implementar el uso de ventanería de doble vidriado que proporcione un aislamiento térmico eficiente.

9.10.1.6) RESUMEN DE HALLAZGOS DEL ANÁLISIS DE INCIDENCIA SOLAR

1. Se han realizado diversos estudios para analizar la incidencia de las condiciones climáticas en el edificio en cuestión. Se observa que a lo largo del año, la fachada norte es la más impactada por las condiciones climáticas, aunque recibe la menor cantidad de radiación solar directa. El diseño actual del alero del techo es adecuado para proveer sombra durante la mayor parte del año, reduciendo significativamente la incidencia solar directa en la fachada norte a solo unas pocas horas al año. Durante el solsticio de invierno, específicamente el 21 de diciembre, se observa un incremento en la radiación solar directa sobre las fachadas sur y oeste, lo que hace imprescindible el diseño y especificación del aislamiento térmico en dichas fachadas.
2. En el equinoccio de primavera, se observa una mayor incidencia solar directa únicamente sobre la fachada oeste, debido a la protección proporcionada por el diseño del alero en la fachada sur. Por lo tanto, la única fachada que requiere medidas adicionales de protección térmica y solar es la fachada oeste. Durante el equinoccio de otoño, específicamente el 22 de septiembre, la fachada oeste es la única que recibe una mayor cantidad de radiación solar directa, mientras que las demás fachadas permanecen en sombra o reciben una menor intensidad de radiación solar.
3. Se ha elegido el solsticio del 21 de diciembre para el análisis de incidencia solar por hora, ya que afecta de forma más directa a la fachada sur, la cual tiene una leve inclinación de 12 grados hacia el Este. El análisis de incidencia solar por hora ha revelado que la penetración del sol al interior del edificio no es demasiada, afectando únicamente a los primeros dos niveles de apartamentos entre las 8:00 a.m. y las 12:00 p.m. Se observa que los muros que dividen las terrazas de los apartamentos, el entre piso que sobresale de cada terraza por sobre la otra, y el alero del techo son elementos que protegen de manera adecuada la panelería de vidrio expuesta, especialmente en la fachada sur. No obstante, se debe implementar un aislamiento adecuado y acorde al nivel de incidencia solar directa para garantizar el confort térmico deseado dentro del edificio.
4. El principal aspecto para la protección solar del edificio será el de implementar el uso de ventanería de doble vidriado que proporcione un aislamiento térmico eficiente. En conclusión, se recomienda prestar especial atención al diseño y especificación del aislamiento térmico en las fachadas sur y oeste para garantizar el confort térmico deseado en el edificio. Además, se sugiere la implementación de ventanas de doble vidriado para una mejor protección solar.

9.10.2) MATERIALES PRINCIPALES DE CERRAMIENTOS LIVIANOS

Para llevar a cabo una evaluación adecuada del calor y el ruido que ingresan en una edificación, es necesario realizar un análisis detallado de los materiales que componen cada uno de los cerramientos, tanto interiores como exteriores. Específicamente, es importante prestar atención a las propiedades de resistencia y conductividad térmica de cada material, ya que estas características tienen un impacto significativo en el comportamiento térmico del edificio y en su capacidad para reducir la transferencia de calor a través de sus superficies.

Para realizar este análisis, es necesario revisar y examinar en detalle los materiales utilizados en cada uno de los cerramientos, incluyendo paredes, techos y pisos. Además, se deben considerar factores como la ubicación de cada cerramiento dentro de la edificación, las condiciones ambientales del entorno, y cualquier otra variable que pueda influir en el comportamiento térmico y acústico del edificio.

Entre los materiales que se deben examinar se encuentran aislantes térmicos, paneles de yeso, vidrios, mampostería, entre otros. Cada material tiene sus propias características de resistencia y conductividad térmicas, que deben ser evaluadas cuidadosamente para determinar su efectividad en la reducción de la transferencia de calor y ruido en el interior de la edificación.

Una vez que se han evaluado las propiedades de los materiales involucrados, se pueden realizar cálculos precisos del calor y el ruido que ingresan a la edificación, lo que permite identificar cualquier punto débil en la estructura del edificio y diseñar estrategias adecuadas para mejorar su eficiencia térmica y acústica.

MATERIALES PRINCIPALES EN CERRAMIENTOS				
Tipo de material	Marca	Espesor	Resistencia térmica m ² · K/W	Conductividad térmica W/m·K
Basecoat (capa de compuesto para repello)	Durock	3 mm		
Paneles de microconcreto	Durock	12.7 mm	0.128	0.099
Membrana impermeable TYVEK	Durock	1 mm	-	-
Aislamiento térmico/acústico (fibra vegetal)	Knauf Insulation	3 1/2"		0.0303
Aislamiento térmico/acústico (fibra vidrio)	Knauf Insulation	3 1/2"	2.25	0.04
Lámina de gypsum fire shield	National Gypsum	12.7 mm	0.45	0.149
Puerta corrediza de doble vidriado hermético (3.00 m x 3.00 m) Vidrios 10 mm y espesor de cámara de 11.5 mm	Extralum	31.5 mm		2.8

Tabla 24. Espesor, resistencia y conductividad térmica de materiales principales en cerramientos. Fuente: Elaboración propia

9.10.2.1) BASECOAT MARCA DUROCK – REPELLOS

No se han encontrado los datos requeridos en la ficha técnica del producto, pero al ser un componente a base de concreto, se utilizarán los valores estándar para este tipo de material.



Uso Exterior:

- Muros.
- Cielos rasos.
- Elementos de fachada: faldones, cornisas, volúmenes decorativos.

Uso Interior:


- Muros divisorios de baños.
- Zonas de duchas.
- Cocinas industriales.

Claves del producto		
Descripción del producto	Clave del producto	UPC
Adhesivo DUROCK® Basecoat Cemento Flexible	ADBCNL227	0-81099-01331-7


Ilustración 77. Usos y propiedades del Basecoat marca Durock - Repellos. Fuente: Ficha técnica del producto

9.10.2.2) AISLANTE DE FIBRA DE VIDRIO – AISLAMIENTO TÉRMICO – ACÚSTICO

No se han encontrado todos datos requeridos en la ficha técnica del producto, pero al ser un componente ampliamente utilizado, se utilizarán los valores estándar para este tipo de material.



KNAUF AISLANTE DE FIBRA DE VIDRIO
CON TECNOLOGÍA ECOSE®




VALOR DE RESISTENCIA TÉRMICA	UNIDAD Valor R °F x h ft² / Btu	ESPESOR	ANCHO	LARGO
R-8	8	2 1/2" (6.35 cm)	61 cm 40.6 cm	30.48 m
R-11	11	3 1/2" (8.89 cm)	61 cm *40.6 cm	21.49 m
R-19	19	6 1/4" (15.8 cm)	*40.6 cm	11.95 m

*Pedido especial

Tabla 25. Propiedades físicas del Aislante de fibra de vidrio ECOSE - Aislante termoacústico.
Fuente: Ficha técnica del producto

9.10.2.3) TYVEL STUCCO WRAP – MEMBRANA IMPERMEABLE

Al ser un material complementario y muy delgado, se considera que el aporte de aislamiento térmico y acústico son despreciables.



DIMENSIONES E INFORMACIÓN TÉCNICA DEL PRODUCTO Rendimiento teórico: 93.30 m2 por rollo de 1.53m x 61m.	
Propiedades	Valor
Desgarre (trapezoidal)	7 / 9 lbs (MC / DC)
Transmisión de vapor de agua	350 gr / m² .24 hrs
Resistencia a la penetración de agua	500 perms
Penetración de aire	>210 cm
Peso	>300 seg / 100 cc
	9.5 kg por rollo

Claves del producto		
Descripción del producto	Clave del producto	FAMILIA
Tyvek® Membrana impermeable Dupont® Tyvek® Stuccowrap 1/ caja con 9 rollos	ODDT5X200	OTROS DUROCK®

Tabla 26. Propiedades físicas de la Tyvel Stucco Wrap - Membrana impermeable. Fuente: Ficha técnica del producto

9.10.2.4) LÁMINA DE GYPSUM FIRE SHIELD – ENSAMBLES INTERIORES

No se han encontrado los datos requeridos en la ficha técnica del producto, pero al ser un componente a base de concreto, se utilizarán los valores estándar para este tipo de material.



TECHNICAL DATA

Physical Properties	1/2" Fire-Shield C	5/8" Fire-Shield X	5/8" Fire-Shield C
Thickness ¹ , Nominal	1/2" (12.7 mm)	5/8" (15.9 mm)	5/8" (15.9 mm)
Width ¹ , Nominal	4' (1,219 mm)	4' (1,219 mm), 54" (1,372 mm)	4' (1,219 mm), 54" (1,372 mm)
Length ^{1,4} , Standard	8' – 12' (2,438 mm – 3,658 mm)	8' – 12' (2,438 mm – 3,658 mm)	8' – 12' (2,438 mm – 3,658 mm)
Weight, Nominal	1.9 lbs./sq. ft. (9.28 k/m ²)	2.2 lbs./sq. ft. (10.74 k/m ²)	2.3 lbs./sq. ft. (11.23 k/m ²)
Edges ¹	Square or Tapered	Square or Tapered	Square or Tapered
Flexural Strength ¹ , Perpendicular	≥ 107 lbf. (476 N)	≥ 147 lbf. (654 N)	≥ 147 lbf. (654 N)
Flexural Strength ¹ , Parallel	≥ 36 lbf. (160 N)	≥ 46 lbf. (205 N)	≥ 46 lbf. (205 N)
Humidified Deflection ¹	≤ 10/8" (31.8 mm)	≤ 5/8" (15.9 mm)	≤ 5/8" (15.9 mm)
Nail Pull Resistance ¹	≥ 77 lbf. (343 N)	≥ 87 lbf. (387 N)	≥ 87 lbf. (387 N)
Hardness ¹ – Core, Edges and Ends	≥ 11 lbf. (49 N)	≥ 11 lbf. (49 N)	≥ 11 lbf. (49 N)
Bending Radius	10' (3,048 mm)	15' (4,572 mm)	15' (4,572 mm)
Thermal Resistance ⁵	R = .45	R = .56	R = .56
Product Standard Compliance	ASTM C 1396	ASTM C 1396	ASTM C 1396

Tabla 27. Propiedades físicas de la Lámina de gypsum fire shield - ensambles interiores. Fuente: Ficha técnica del producto

9.10.2.5) PANELES DE MICROCONCRETO DUROCK – CERRAMIENTOS INTERIORES Y EXTERIORES

Los paneles de microconcreto se utilizarán en las fachadas que aplique y en los espacios húmedos interiores de cada uno de los apartamentos

Información del Producto		Claves del producto		
Espesor	12.7mm (1/2")	Producto	Clave del producto	UPC
Dimensiones	1.22 m ancho ; 2.44 m largo	Tablamiento marca USG DUROCK® 12.7 mm (1/2") 1.22 m X 2.44 m.	DKNGI3244M	0-81099-0449-0
Peso por m ²	11.59 Kg/m ²			
Bordes	Tiene orilla cuadrada en sus lados cortos, redondeada y lisa en sus lados largos.			
Embalaje	El paquete consta de 30 piezas			

VALORES PARA LA NOM-018-ENER-2011

Planta	Resistencia Térmica	Conductividad Térmica	Densidad aparente	Permeabilidad de Vapor de Agua	Adsorción de Humedad		Absorción de Agua
Monterrey	0,128 m ² · K/W 0.729 ft ² h ² F/BTU	0,0990 W/m·K	921,66 kg/m ³	0,137 ng/Pa·s·m	10.22 % (masa)	9.41 % (volumen)	25.28 % (masa)

Tabla 28. Propiedades físicas de los Paneles de microconcreto Durock - Cerramientos interiores y exteriores. Fuente: Ficha técnica del proyecto

9.10.2.6) PUERTAS CORREDIZAS DE VIDRIO (VENTANAS)

Se deberá calcular el valor de resistencia térmica basándose en los materiales utilizados en las puertas, estas serán puertas corredizas de 3.00 m de ancho x 2.30 m de altura.

Para esta configuración se establece un SHGC de 0.35

EXTRALUM
VIDRIO Y ALUMINIO

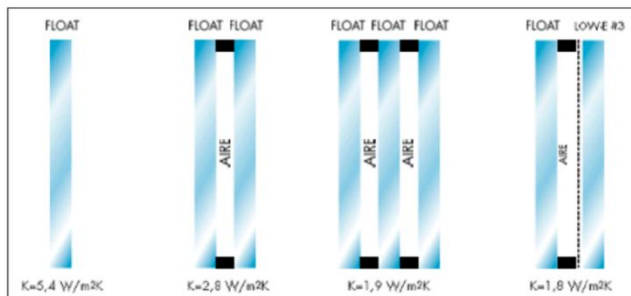
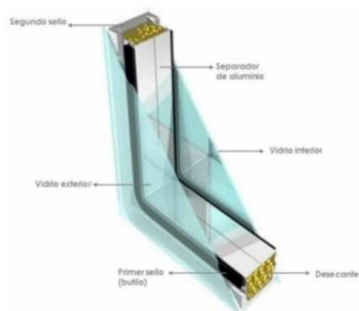


Imagen 1: Valor K para diferentes combinaciones de DVH

Ilustración 78. Propiedades físicas de las puertas corredizas de vidrio (ventanas) Extralum. Fuente: Ficha técnica del producto

9.10.3) PLANTEAMIENTO DEL ANÁLISIS A REALIZAR (APARTAMENTO B) CERRAMIENTOS LIVIANOS E INGENIERÍA DE VALOR

El apartamento “B” posee 4 tipos de ensambles los cuales se detallaron anteriormente. Para poder establecer una comparación al realizar el análisis se partirá de dos panoramas, en el primero se dejará como ya se detalló anteriormente, con el ensamble de resistencia al fuego para dos horas, y en el segundo panorama, se reducirá a una sola lámina, lo cual podría ser tomado en cuenta como una ingeniería de valor.

9.10.3.1) PANORAMA DE ANÁLISIS TERMOACÚSTICO 1

En el panorama uno se analizará la propuesta de intervención antes detallada, esta cuenta con un ensamble de doble lámina para resistencia al fuego de 2 horas (ensamble rojo) y puertas corredizas de doble vidrio en la terraza (ensamble amarillo).

9.10.3.2) PANORAMA DE ANÁLISIS TERMOACÚSTICO 2

Para el planteamiento de un segundo panorama se reconsiderarán el ensamble rojo y amarillo como si de una ingeniería de valor se tratase. El ensamble rojo contará con una sola lámina para la resistencia al fuego (1 hora) y debido a que el análisis de incidencia solar indica que la incidencia solar directa que reciben las puertas corredizas de vidrio en las terrazas es mínima, se cambiará a 1 un solo vidrio.

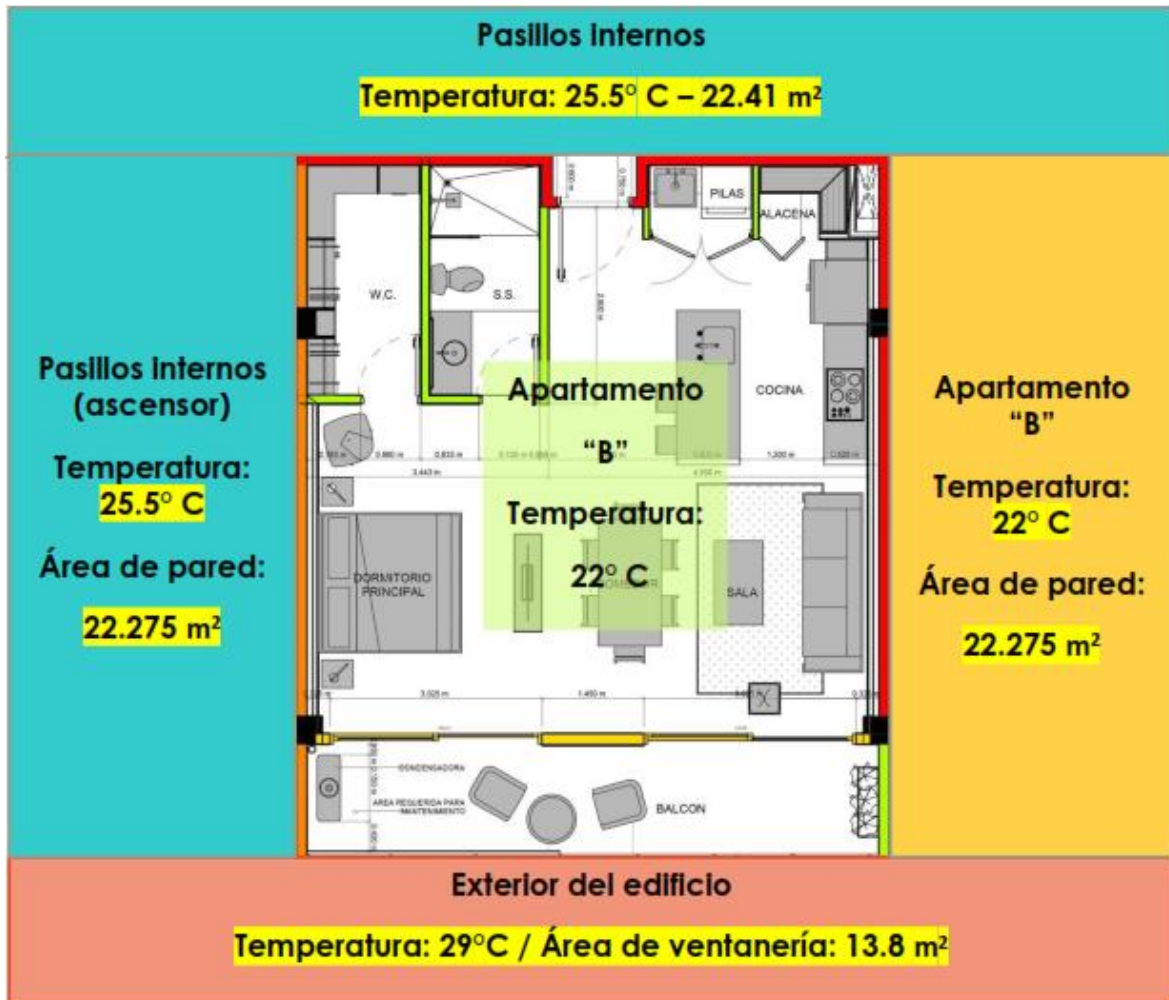


Ilustración 79. Temperaturas exteriores e interior en el Apartamento B. Fuente: Elaboración propia

9.10.3.3) CONSIDERACIÓN PARA LA CUBIERTA DE CIELO Y TECHO

Teniendo en cuenta que la *Tabla 3: Resistencias de espacios cerrados llenos de aire* únicamente determina valores de resistencias para espacios de aire con una **altura máxima de 143 mm**, y conociendo que nuestro espacio entre techo y cielo es de **1.80 m**, se establecen los siguientes parámetros de análisis:

- Se asume que: El aire tiene una conductividad térmica 0.02 W/(m/K) a temperatura ambiente (20-25°C) en espacios sin ventilar. (Thermost Instruments. Latin America, 2020)
- Conociendo que las condiciones de aislamiento de techo y cielo favorecen en gran medida el aislamiento térmico, no se propondrá una modificación en sus características para un segundo análisis, ya que, a diferencia de los ensambles de paredes y ventanas, el techo no se considera “sobre estructurado” en cuanto a condiciones de aislamiento térmico y acústico, sino simplemente, el que debe de ser.



Ilustración 80. Corte de Sección transversal en el Apartamento B. Fuente: Proyecto Residencial Urban Flats

Altura de piso a cielo: 2.70 m.

Altura promedio entre cielo y techo: 1.80 m.

Lámina tipo panel de 100 mm de espesor. Pendiente 15%

Color escogido: Color natural de la lámina (Acero lámina comercial) Emisividad = 0.32 (Tabla A-18)

9.10.4) CÁLCULOS DEL CALOR QUE INGRESA AL APARTAMENTO B

9.10.4.1) CALOR QUE INGRESA AL RECINTO DESDE EL MURO NORTE - ENSAMBLE ROJO / ÁREA: 22.41 M2

Panorama 1

Área	Configuración actual						
22.41	Calor que ingresa al recinto desde el muro norte - Ensamble rojo / Área: 22.41 m2						
W/m2	Espesor (m)	Absortividad solar	Emisividad	Conductividad térmica	h combinado	Resistencia térmica	
1 Basecoat (capa de compuesto para repello) 3 mm y pintura blanca	0.0030	0.21	0.90	0.72	-	0.00417	
2 Lámina Fire-shield C gypsum board 12.5 mm	0.0125	-	0.85	0.15	-	0.45	
3 Lámina Fire-shield C gypsum board 12.5 mm	0.0125	-	0.85	0.15	-	0.45	
4 Aislante de fibra vidrio 5/8"	0.0159	-	0.90	0.04	-	2.25	
5 Lámina Fire-shield C gypsum board 12.5 mm	0.0125	-	0.85	0.15	-	0.45	
6 Lámina Fire-shield C gypsum board 12.5 mm	0.0125	-	0.85	0.15	-	0.45	
7 Basecoat (capa de compuesto para repello) 3 mm y pintura blanca	0.0030	0.21	0.90	0.72	-	0.00417	
8 Coeficiente combinado para convección y radiación	-	-	-	-	8.29	0.12063	
					U global	0.24	
Balance de energía							
Temperatura externa (pasillos)	25.50	$\dot{q}_{ext} = h_{comb,ext}(T_s - T_{ext})$					
Temperatura interna (habitación)	22.00	$\dot{q}_{int} = U_{global}(T_s - T_{int})$					
Calor que entra al recinto (W)	18.77	$\dot{Q} = U \cdot A \cdot (T_1 - T_2)$					
Tabla de absortividades de pinturas y materiales							
Tabla de emisividades de materiales							
<small>Obtenido del Manual de Fundamentos de ASHRAE 2017, capítulo 26, Tabla 2</small>							
Tabla de resistencias y conductividades ASHRAE CAP 26							
Tabla 1 de coeficientes de convección y radiación combinados							

Tabla 29. Calor que ingresa al recinto desde el muro norte - Panorama 1. Fuente: Elaboración propia

Panorama 2

Área	Configuración actual						
22.41	Calor que ingresa al recinto desde el muro norte - Ensamble rojo / Área: 22.41 m ²						
W/m ²	Espesor (m)	Absortividad solar	Emisividad	Conductividad térmica	h combinado	Resistencia térmica	
1 Basecoat (capa de compuesto para repello) 3 mm y pintura blanca	0.0030	0.21	0.90	0.72	-	0.00417	
2 Lámina Fire-shield C gypsum board 12.5 mm	0.0125	-	0.85	0.15	-	0.45	
4 Aislante de fibra vidrio 5/8"	0.0159	-	0.90	0.04	-	2.25	
6 Lámina Fire-shield C gypsum board 12.5 mm	0.0125	-	0.85	0.15	-	0.45	
7 Basecoat (capa de compuesto para repello) 3 mm y pintura blanca	0.0030	0.21	0.90	0.72	-	0.00417	
8 Coeficiente combinado para convección y radiación	-	-	-	-	8.29	0.12063	
					U global	0.30	
Balance de energía							
Temperatura externa (pasillos)	25.50	$\dot{q}_{ext} = h_{comb,ext}(T_s - T_{ext})$					
Temperatura interna (habitación)	22.00	$\dot{q}_{int} = U_{global}(T_s - T_{int})$					
Calor que entra al recinto (W)	23.92	$\dot{Q} = U \cdot A \cdot (T_1 - T_2)$					
Tabla de absorptividades de pinturas y materiales							
Tabla de emisividades de materiales							
<small>Obtenido del Manual de Fundamentos de ASHRAE 2017, capítulo 26, Tabla 2</small>							
Tabla de resistencias y conductividades ASHRAE CAP 26							
Tabla 1 de coeficientes de convección y radiación combinados							

Tabla 30. Calor que ingresa al recinto desde el muro norte - Panorama 2. Fuente: Elaboración propia

9.10.4.2) CALOR QUE INGRESA AL RECINTO DESDE EL MURO OESTE - ENSAMBLE NARANJA / ÁREA: 22.275 M²

Panorama 1

Área	Configuración actual						
22.275	Calor que ingresa al recinto desde el muro oeste - Ensamble naranja / Área: 22.275 m ²						
W/m ²	Espesor (m)	Absortividad solar	Emisividad	Conductividad térmica	h combinado	Resistencia térmica	
1 Muro de concreto de 200 mm	0.2000	-	0.90	1.50	-	0.13333	
2 Aislante de fibra vidrio 5/8"	0.0159	-	0.90	0.04	-	2.25	
3 Lámina Fire-shield C gypsum board 12.5 mm	0.0125	-	0.85	0.15	-	0.45	
4 Basecoat (capa de compuesto para repello) 3 mm	0.0030	-	0.90	0.72	-	0.00417	
5 Coeficiente combinado para convección y radiación	-	-	-	-	8.29	0.12063	
					U global	0.34	
Balance de energía							
Temperatura externa (pasillos)	25.50	$\dot{q}_{ext} = h_{comb,ext}(T_s - T_{ext})$		Se tiene en cuenta que este ensamble da al interior del edificio			
Temperatura interna (habitación)	22.00	$\dot{q}_{int} = U_{global}(T_s - T_{int})$					
Calor que entra al recinto (W)	26.36	$\dot{Q} = U \cdot A \cdot (T_1 - T_2)$					
Tabla de emisividades de materiales							
<small>Obtenido del Manual de Fundamentos de ASHRAE 2017, capítulo 26, Tabla 2</small>							
Tabla de resistencias y conductividades ASHRAE CAP 26							
Tabla 1 de coeficientes de convección y radiación combinados							

Tabla 31. Calor que ingresa al recinto desde el muro oeste - Panorama 1. Fuente: Elaboración propia

Panorama 2

Área	Configuración actual						
22.275	Calor que ingresa al recinto desde el muro oeste - Ensamble naranja / Área: 22.275 m ²						
W/m ²	Espesor (m)	Absortividad solar	Emisividad	Conductividad térmica	h combinado	Resistencia térmica	
1 Muro de concreto de 200 mm	0.2000	-	0.90	1.50	-	0.13333	
2 Lámina Fire-shield C gypsum board 12.5 mm	0.0125	-	0.85	0.15	-	0.45	
3 Basecoat (capa de compuesto para repello) 3 mm	0.0030	-	0.90	0.72	-	0.00417	
4 Coeficiente combinado para convección y radiación	-	-	-	-	8.29	0.12063	
					U global	1.41	
Balance de energía							
Temperatura externa (pasillos)	25.50	$\dot{q}_{ext} = h_{comb,ext}(T_s - T_{ext})$		Se tiene en cuenta que este ensamble da al interior del edificio			
Temperatura interna (habitación)	22.00	$\dot{q}_{int} = U_{global}(T_s - T_{int})$					
Calor que entra al recinto (W)	110.10	$\dot{Q} = U \cdot A \cdot (T_1 - T_2)$					
Tabla de emisividades de materiales							
<small>Obtenido del Manual de Fundamentos de ASHRAE 2017, capítulo 26, Tabla 2</small>							
Tabla de resistencias y conductividades ASHRAE CAP 26							
Tabla 1 de coeficientes de convección y radiación combinados							

Tabla 32. Calor que ingresa al recinto desde el muro oeste - Panorama 2. Fuente: Elaboración propia

9.10.4.3) CALOR QUE INGRESA AL RECINTO DESDE LAS VENTANAS - ENSAMBLE AMARILLO / ÁREA: 13.80 M2

Panorama 1

Gs*	Área	Configuración actual	
450	13.8	Calor que ingresa al recinto desde las ventanas - Ensamble amarillo / Área: 13.80 m2	
		W/m2	Espesor (m)
		1 Doble vidrio flotado de tipo Soda-Cal, incoloro (10 mm) / CLR	0.0100
		2 Separador de aluminio para DVH con sello térmico (13 mm)	0.0130
		3 No se consideran infiltraciones de aire mientras las ventanas estén cerradas	-
		4 Coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC) Establecido en reunión para esta configuración específica	0.3500
		5 Valor de U para esta configuración. ID 5 (W/m2K)	3.4500
		* Se establece un Gs bajo sobre las ventanas ya que no reciben incidencia solar directa (W/m2)	450

Balance de energía

Temperatura externa

$$29 \dot{q}_{ext} = h_{comb,ext}(T_s - T_{ext})$$

Temperatura interna (habitación)

$$22 \dot{q}_{int} = U_{global}(T_s - T_{int})$$

Calor que entra al recinto por medio de las ventanas (W)

$$490.77 \dot{Q}_{rad} = U \cdot A \cdot (T_{ext} - T_{int}) + SHGC \cdot G_{solar}$$

Tabla 4: Coeficientes globales de configuraciones de ventanas Archivo

Dato promedio basado en datos meteorológicos históricos

Tabla 33. Calor que ingresa al recinto desde las ventanas - Panorama 1. Fuente: Elaboración propia

Panorama 2

Gs*	Área	Configuración actual	
450	13.8	Calor que ingresa al recinto desde las ventanas - Ensamble amarillo / Área: 13.80 m2	
		W/m2	Espesor (m)
		1 Vidrio flotado de tipo Soda-Cal, incoloro (10 mm) / CLR	0.0100
		2 No se consideran infiltraciones de aire mientras las ventanas estén cerradas	-
		3 Coeficiente de ganancia de calor solar (SHGC)	0.8340
		4 Valor de U para esta configuración. (W/m2K)	5.6000
		* Se establece un Gs bajo sobre las ventanas ya que no reciben incidencia solar directa (W/m2)	450

Balance de energía

Temperatura externa

$$29 \dot{q}_{ext} = h_{comb,ext}(T_s - T_{ext})$$

Temperatura interna (habitación)

$$22 \dot{q}_{int} = U_{global}(T_s - T_{int})$$

Calor que entra al recinto por medio de las ventanas (W)

$$916.26 \dot{Q}_{rad} = U \cdot A \cdot (T_{ext} - T_{int}) + SHGC \cdot G_{solar}$$

Dato promedio basado en datos meteorológicos históricos

Dato extraído de ficha técnica

Tabla 34. Calor que ingresa al recinto desde las ventanas - Panorama 2. Fuente: Elaboración propia

9.10.4.4) CALOR QUE INGRESA AL RECINTO DESDE EL TECHO / ÁREA: 68.47 M2

Gs*	Área	Configuración actual						
850	68.475	Calor que ingresa al recinto desde el techo / Área: 68.47 m2						
		W/m2	Espesor (m)	Absortividad solar	Emisividad	Conductividad térmica	h combinado	Resistencia térmica
		1 Color natural de lámina (Acero lámina comercial) Gris oscuro	-	0.91	0.32	-	-	-
		2 Lámina tipo panel. Hiansa 100 mm	0.1000	0.20	0.21	0.21	-	0.476
		3 Espacio de aire de 1.80 m	1.8000	-	0.197	0.02	-	90.000
		4 Cielo de lámina de fibra mineral	0.0159	-	0.94	0.07	-	0.244
		5 Coeficiente combinado para convección y radiación	-	-	-	-	2.45	0.409
							U global	0.01

Balance de energía

Temperatura externa

$$29.00 \dot{q}_{ext} = h_{comb,ext}(T_s - T_{ext})$$

Temperatura interna (habitación)

$$22.00 \dot{q}_{int} = U_{global}(T_s - T_{int})$$

Calor que entra por radiación solar

$$773.50 \dot{q}_{solar} = \alpha_s \cdot G_s$$

Convección y radiación externas

$$5.87$$

Cálculo de flujo de calor por unidad de área de la cubierta (W/m2)

$$0.08$$

Determinación de Ts

$$63.05 \text{ Se despeja del balance de energía}$$

Calor que entra al recinto (W)

$$30.85 \dot{Q}_{int} = U \cdot A_s \cdot (T_s - T_{int})$$

Tabla de absorptividades de pinturas y materiales

Tabla de emisividades de materiales

Obtenido del Manual de Fundamentos de ASHRAE 2017, capítulo 26, Tabla 2

Tabla de resistencias y conductividades ASHRAE CAP 26

Tabla 1 de coeficientes de convección y radiación combinados

Emisividad efectiva

Se asume que el aire tiene una conductividad térmica 0.02 W/(mK) a temperatura ambiente (20-25°C) en espacios sin ventilar

Se conservará la configuración actual del techo, por lo cual no se presentará una propuesta nueva

Tabla 35. Calor que ingresa al recinto desde el techo. Fuente: Elaboración propia

9.10.4.5) RESUMEN DEL CALOR QUE INGRESA AL APARTAMENTO

Resumen del calor que ingresa al apartamento B			
	Configuración actual Calor que entra al recinto (W)	Configuración propuesta Calor que entra al recinto (W)	Porcentaje de incremento de calor que ingresa debido al cambio de ensamble
Desde muro norte	18.77	23.92	27%
Desde muro oeste	26.36	110.10	318%
Desde ventanas sur	490.77	916.26	87%
Techo	30.85	30.85	0%
Promedio total	566.75	1081.13	108%

Tabla 36. Tabla resumen del calor que ingresa al Apartamento B en el panorama 1 y 2. Fuente: Elaboración propia

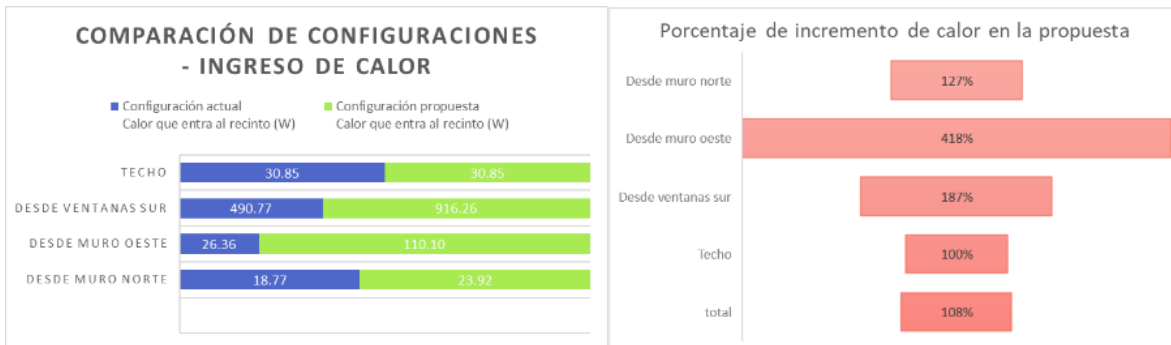


Gráfico 22. Gráficos comparativos del calor que ingresa al Apartamento B en el panorama 1 y 2. Fuente: Elaboración propia

9.10.5) ANÁLISIS DE PROCEDENCIA DE RUIDOS EXTERIORES

Ruido: Es el sonido no deseado por el receptor y, por lo general, desagradable. El sonido es la sensación producida en el oído producido por las oscilaciones en la presión del aire. El nivel sonoro se mide a través de la presión del aire (dB) ponderada para representar la audición humana (A), por lo que la unidad de medida es el dB(A). (“El ascensor que respeta el medio ambiente”)

Previo a determinar el tipo de aislamiento que se debe colocar en el edificio, se analizará la procedencia de los ruidos en el entorno, para ello, se seguirán los lineamientos presentados en la charla: “Seminario de Aislamiento Térmico, Acústico y Humídico” impartida por el profesor Gregorio García López de la Osa de la Universidad Politécnica de Madrid.



Mapa 5. Zonas de ruido identificadas entorno a la ubicación del Proyecto Residencial Urban Flats. Fuente: Elaboración propia utilizando Google Maps.

9.10.5.1) ZONAS DE RUIDO IDENTIFICADAS

Mayor hora de tráfico 8:00 a.m. – Tráfico lento a medio



Mapa 6. Condiciones del tráfico promedio entorno a la ubicación del Proyecto Residencial Urban Flats. Fuente: Elaboración propia utilizando Google Maps

En el marco de un estudio de impacto acústico en un entorno urbano, se llevó a cabo una medición de los niveles de ruido en decibelios en diferentes zonas identificadas alrededor del edificio objeto de estudio. Para ello, se utilizó una tabla de referencia que establece los niveles de ruido en decibelios para diferentes tipos de zonas.

En primer lugar, se determinó que el lote abierto cercano al edificio presentaba un nivel de ruido de 10 dB. Este nivel se considera muy bajo y se debe principalmente a factores como la ausencia de fuentes de ruido cercanas, la baja actividad humana y la presencia de elementos naturales que amortiguan el sonido.

Por otro lado, se midió un nivel de ruido de 40 dB en la zona residencial cercana al edificio. Este nivel se considera moderado y es propio de zonas en las que existe actividad humana como el tránsito peatonal y de vehículos, aunque en general se trata de una actividad moderada.

En la zona comercial e industrial cercana al edificio se midió un nivel de ruido de 70 dB. Este nivel se considera alto y se debe principalmente a la actividad propia de estas zonas, como la operación de maquinarias, la circulación de camiones de carga y descarga y la presencia de negocios con alto flujo de personas.

Finalmente, se midió un nivel de ruido de 70 dB en la zona de tráfico cercana al edificio. Este nivel se considera también alto y es propio de zonas cercanas a vías de alto tránsito vehicular.

- **Lote abierto:** 10 dB
- **Zona residencial:** 40 dB
- **Zona comercial/industrial:** 70 dB
- **Ruido por tráfico:** 70 dB

TABLA DE NIVELES DE RUIDO:

.- Ruido de hojas en la brisa	10 dB.
.- Cuchicheos-murmullos	20 dB.
.- Estudio de radio	30 dB.
.- Calle tranquila en ciudad	40 dB.
.- Aposento mediano	50 dB.
.- Conversación corriente	60 dB.
.- Calle ruidosa	70 dB.
.- Salón restaurante	80 dB.
.- Calle muy activa	90 dB.
.- Martillo neumático	100 dB.
.- Aviones	110 dB.
.- Trueno	120 dB.
.- Umbral de dolor	130 dB.

Tabla 37. Niveles de ruido. Fuente: Protección frente al ruido. CTE DB-HR.

9.10.5.2) NIVELES DE RUIDO PERMITIDOS POR LA OMS

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece recomendaciones para los niveles de ruido en diferentes entornos y situaciones. En el caso de los edificios de apartamentos, la OMS recomienda que el nivel de ruido exterior no supere los 55 dB durante el día y los 45 dB durante la noche, ya que estos niveles se consideran seguros y saludables para la mayoría de las personas.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el impacto del ruido en la salud depende de varios factores, como la duración del tiempo de exposición, la sensibilidad individual, la edad y la salud general de las personas. La exposición a niveles elevados de ruido puede tener efectos negativos en la salud física y mental, como estrés, pérdida de audición, trastornos del sueño, dolores de cabeza, problemas cardiovasculares, entre otros.

En el caso de los usuarios de un edificio de apartamentos, los niveles de ruido excesivos pueden afectar la calidad de vida y el bienestar general, ya que puede interferir con el descanso, el sueño y la capacidad para realizar actividades cotidianas en casa. Además, la exposición constante a niveles elevados de ruido puede aumentar el riesgo de desarrollar problemas de salud a largo plazo.

Por lo tanto, es importante que se tomen medidas para reducir el ruido en entornos residenciales, como utilizar materiales de construcción aislantes de sonido, limitar el tráfico en zonas residenciales, fomentar la conciencia sobre la importancia del ruido y promover políticas y regulaciones que protejan a los residentes de la exposición a niveles excesivos de ruido.

SALUD Y NIVELES DE RUIDO

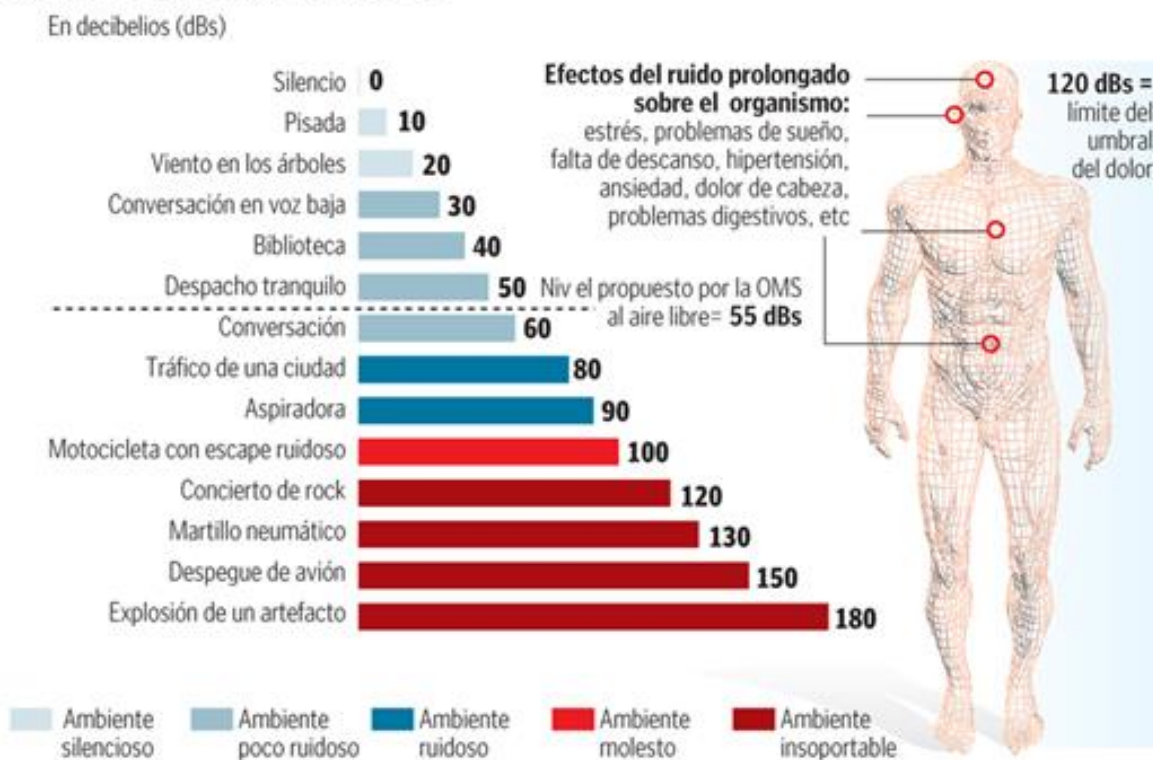


Ilustración 81. salud y niveles de ruido. Fuente: European Acústica - ¿Cómo nos afecta el ruido a la salud?

9.10.6) ANÁLISIS DE RUIDOS EN INTERIORES

Para poder cumplir con los requerimientos de aislamiento acústico en el edificio se proyectarán, construirán y mantendrán, de forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan las características acústicas adecuadas para reducir:

- Transmisión de ruido aéreo.
- Transmisión de ruido de impactos.
- Transmisión de ruido y vibraciones de las instalaciones.
- Ruido reverberante de los recintos.

Para ello, se deberá tener en cuenta el aislamiento en el mismo recinto:

En recintos protegidos

- Protección frente al ruido generado en la misma unidad de uso
- Índice global de protección acústica, ponderado A, RA, de la tabiquería no será menor que 33 dBA.

9.10.6.1) VALORES LÍMITE DE AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO

En recintos protegidos:

- **Protección frente al ruido procedente de zonas comunes**
- **El aislamiento acústico a ruido aéreo:** DnT, A, entre un recinto protegido y una zona común, colindante vertical u horizontalmente con él, siempre que no comparta puertas o ventanas, no será menor que 50 dBA. Cuando sí las compartan y sean edificios de uso residencial o sanitario, el índice global de reducción acústica, RA, de éstas, no será menor que 30 dBA y el índice global de reducción acústica, RA, del muro no será menor que 50 dBA.
- **Protección frente al ruido procedente de recintos de instalaciones y de recintos de actividad:** El aislamiento acústico a ruido aéreo, DnT, A, entre un recinto protegido y un recinto de instalaciones o un recinto de actividad, colindante vertical u horizontalmente con él, no será menor que 55 dB
- **Cuando no se disponga de datos oficiales del valor del índice de ruido día, Ld:** se aplicará el valor de 60 dBA para el tipo de área acústica relativo a sectores de territorio con predominio de suelo de uso residencial. Para el resto de las áreas acústicas, se aplicará lo dispuesto en las normas reglamentarias de desarrollo de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.

En recintos habitables:

- **Protección frente al ruido generado en la misma unidad de uso:** El índice global de reducción acústica, ponderado A, RA, de la tabiquería no será menor que 33 dBA.
- **Protección frente al ruido procedente de otras unidades de uso:** El aislamiento acústico a ruido aéreo, DnT, A, entre un recinto habitable y cualquier recinto habitable colindante vertical u horizontalmente con él, que pertenezca a una unidad de uso diferente no será menor que 45 dBA.
- **Protección frente al ruido procedente de zonas comunes:** El aislamiento acústico a ruido aéreo, DnT, A, entre un recinto habitable y una zona común, colindante vertical u horizontalmente con él, siempre que no comparta puertas o ventanas, no será menor que 45 dBA. Cuando sí las compartan y sean edificios de uso residencial o sanitario, el índice global de reducción acústica,

RA, de éstas, no será menor que 20 dBA y el índice global de reducción acústica, RA, del muro no será menor que 50 dBA.

- **Protección frente al ruido procedente de recintos de instalaciones y de recintos de actividad:** El aislamiento acústico a ruido aéreo, $D_{nT, A}$, entre un recinto habitable y un recinto de instalaciones, o un recinto de actividad, colindantes vertical u horizontalmente con él, no será menor que 45 dBA. (“3.5. Protección frente al ruido. CTE DB-HR.”)

En ascensores

- **Ruido estructural.**
- Se llama ruido estructural (también conocido como ruido de impacto) al que se produce cuando las vibraciones de la máquina o la de las guías entran en contacto o son transmitidas a la estructura del edificio (paredes o forjados). El ruido estructural se identifica con una frecuencia que, cuanto menor es, más grave es el ruido, y cuanto mayor es, más agudo. La frecuencia se mide en Hz y el ruido estructural en dB.
- **Vibración.**
- Se define como el movimiento oscilatorio no deseado. Hay que diferenciar entre vibraciones a través del oído interno o a través de cualquier parte del cuerpo que contacte con el objeto de que vibra (en el caso de un pasajero de ascensor, los pies que están en contacto con el suelo de cabina). En la industria de los ascensores las vibraciones se miden en mili-g que es equivalente a 0.01 m/s². Las vibraciones son sensaciones y percepciones subjetivas ya que lo que para una persona es aceptable, para otra puede no serlo.

Hay cuatro aspectos para tener en cuenta en un ascensor.:

- 1. Hueco del ascensor.
- 2. Recintos colindantes.
- 3. El último acceso (en el que se encuentran la máquina y el cuadro).
- 4. El interior de cabina.

Los estándares aplicables son:

- ISO 18738:2003 Ascensores - Mediciones de la calidad de viaje en cabina.
- VDI 2566-2:2004 Diseño acústico para ascensores sin cuarto de máquinas.

Y la legislación vigente, además de la específica de ascensores:

- Decretos autonómicos y ordenanzas municipales.
- CTE Código Técnico de Edificación.

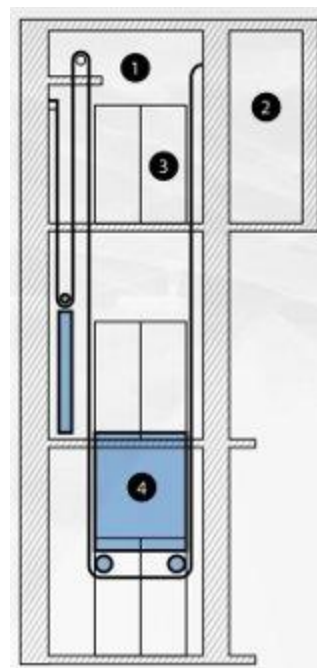


Ilustración 82. Espacios de un ascensor. Fuente: Protección frente al ruido. CTE DB-HR

Estándares aplicables, niveles sonoros y vibraciones admisibles por normativa y valores ofrecidos por el TRIVIUM a 1m/s de velocidad nominal

1. Nivel sonoro en el hueco del ascensor

- En cuanto a ruido estructural el VDI 2566-2:2004 establece los siguientes niveles:

Hz	63	125	250	500
dB	90	90	85	85

Tabla 38. Nivel sonoro en el hueco del ascensor. Fuente: Protección frente al ruido. CTE DB-HR

- El estándar VDI 2566-2:2004 establece un nivel sonoro máximo en el interior del hueco de **75 dB[A]**
- Valores ofrecidos por el **TRIVIUM**:
- Nivel medio: **60 dB[A]**
- Nivel máximo: **63 dB[A]**
- El **TRIVIUM** cumple estos niveles con un amplio margen.

2. Recintos adyacentes al hueco

El estándar VDI 2566-2:2004 establece un nivel sonoro máximo en recintos adyacentes al hueco de **30 dB[A]**.

El Código Técnico de la Edificación [CTE] establece que la construcción debe garantizar los siguientes aislamientos:

Si es un recinto protegido (dormitorio, salón, comedor, etc.) el aislamiento de las paredes del hueco debe ser de **55 dB[A]**.

Si no es un recinto protegido (escaleras, vestíbulos) el aislamiento debe ser de **45 dB[A]**.

Por lo que podemos decir que los **TRIVIUM** cumplen la normativa.

- **3. Nivel sonoro en el vestíbulo de última planta**

Valores ofrecidos por el **TRIVIUM**:

- Ruido de puerta: **60 dB[A]**
- Paso de cabina: **50 dB[A]**
- Nivel máximo impulsivo en última planta: **53 dB[A]**

El estándar VDI 2566-2:2004 establece un nivel sonoro máximo para puertas de acceso de **65 dB[A]**.

- **4. Nivel sonoro en el interior de la cabina**

Vibraciones verticales:

- A 95: 14 +/- 2 milli-g
- Máx. PtP: 18 milli-g

Vibraciones horizontales:

- A 95: 10 +/- 1 milli-g
- Máx. PtP: 12 milli-g

Valores ofrecidos por el **TRIVIUM**:

- Nivel medio: **50 +/- 3 dB[A]**.
- Nivel máximo: **57 +/- 3 dB[A]**.

9.10.6.2) RUIDOS INTERNOS – SEGUNDO NIVEL

Al interior del edificio se identificaron los diferentes niveles de ruido para los que posteriormente se propondrá una alternativa de aislamiento basada en el uso de panelería de microconcreto y aislamiento termoacústico de fibra mineral.

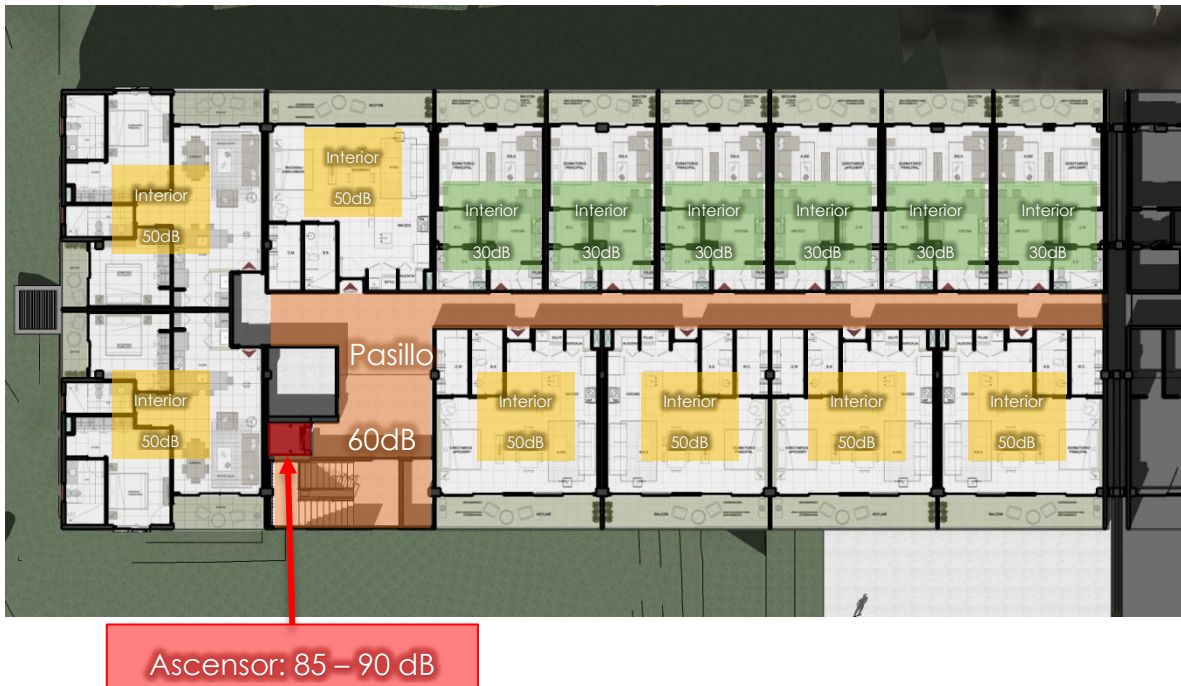


Ilustración 83. Ruidos internos promedio en dB - Segundo nivel. Fuente: Elaboración propia

9.10.7) DATOS Y REQUERIMIENTOS PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO

Teniendo en cuenta la singularidad de los ensambles del proyecto, los cuales han sido diseñados para cumplir con una resistencia al fuego de 2 horas según las exigencias de los bomberos, y tras examinar los valores de Sound Transmission Class (STC) de las tablas empleadas, se procederá a realizar una proyección de los ensambles del proyecto mediante la asociación con un valor de referencia. Se ha concebido la premisa de que los valores reales de STC de los ensambles en cuestión, muy probablemente serán superiores a los valores seleccionados de la tabla.

	Se está recibiendo		Se requiere		
	Intensidad (dB)	Frecuencia (Hz)	dB	TL	STC
Desde muro norte	60	750	35	25	28
Desde muro oeste	60	750	35	25	28
Desde muro este	50	800	35	15	20
Desde ventanas sur	70	500	35	35	39

Tabla 39. Requerimientos para el aislamiento acústico en el Apartamento B. Fuente: Elaboración propia

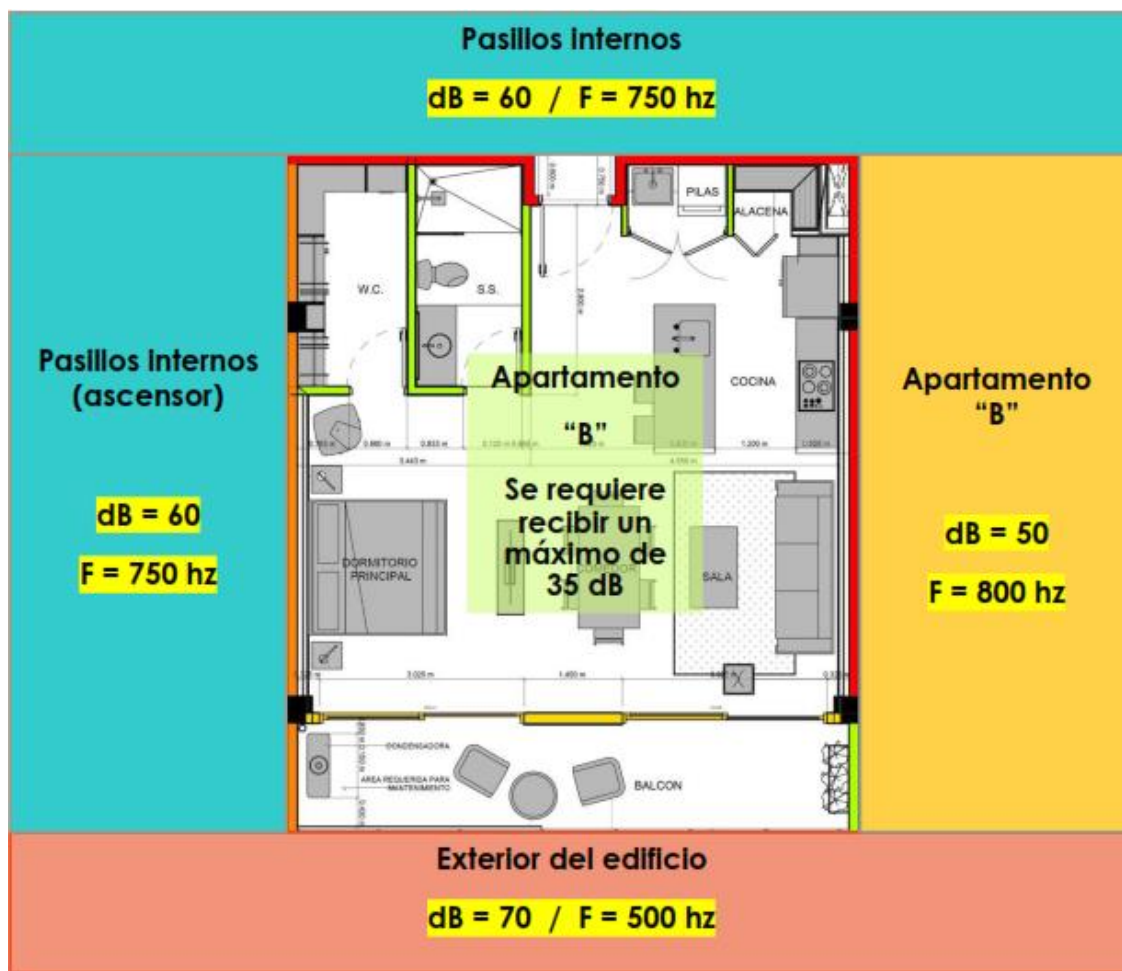


Ilustración 84. Ruidos (dB) exteriores y requerimiento interior en el Apartamento B. Fuente: Elaboración propia

9.10.7.1) REQUERIMIENTOS PARA MURO NORTE Y OESTE

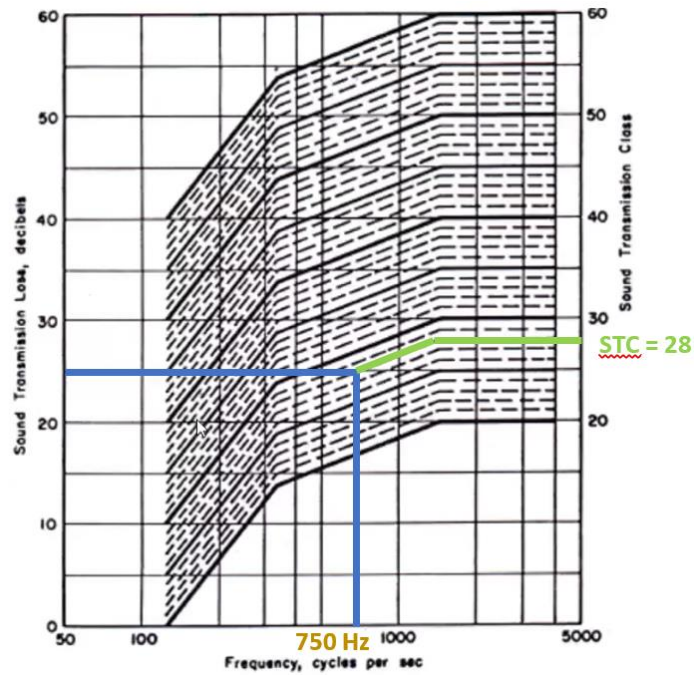


Gráfico 23. Requerimientos de aislamiento para muro norte y oeste. Fuente: Elaboración propia

9.10.7.2) REQUERIMIENTOS PARA MURO ESTE

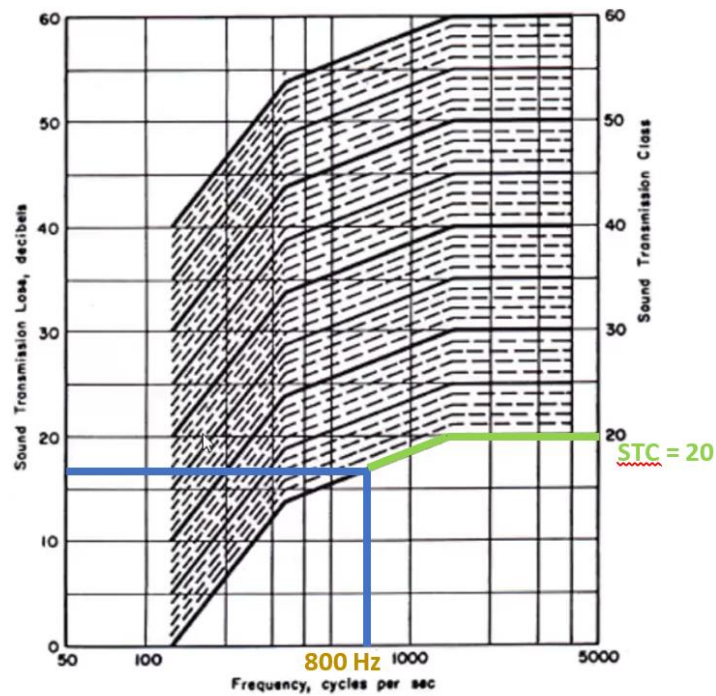


Gráfico 24. Requerimientos de aislamiento para muro este. Fuente: Elaboración propia

9.10.7.3) REQUERIMIENTOS PARA VENTANERÍA SUR

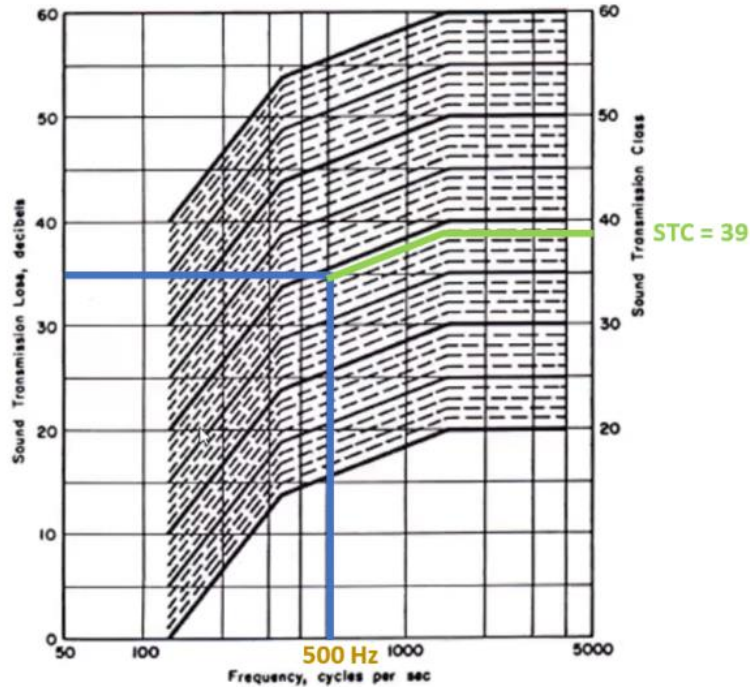


Gráfico 25. Requerimientos de aislamiento para la ventanería sur. Fuente: Elaboración propia

9.10.7.4) RESULTADOS PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO

	Se está recibiendo		Se requiere		
	Intensidad (dB)	Frecuencia (Hz)	dB	TL	STC
Desde muro norte	60	750	35	25	28
Desde muro oeste	60	750	35	25	28
Desde muro este	50	800	35	15	20
Desde ventanas sur	70	500	35	35	39

Configuración actual			Configuración propuesta		
STC	ID	Cumple / No cumple	STC	ID	Cumple / No cumple
56	Conf. 1 hoja A-13	Cumple	44	Conf. 5 hoja A-15	Cumple
56	Conf. 5 hoja A-6	Cumple	56	Conf. 4 hoja A-6	Cumple
56	Conf. 1 hoja A-13	Cumple	44	Conf. 5 hoja A-15	Cumple
38	Conf. 5 hoja A-24	No cumple	29	Conf. 6 hoja A-24	No cumple

Sketch	Brief Description	STC		
	1. Double row of 2x4" studs 16"o.c. on separate plates spaced 1" apart. 2. 1/2" gypsum board screwed 12"o.c. 3. 2 1/4" thick sound attenuation blankets in both stud cavities.	56		1. Face brick. 2. 1/2" air space, with metal ties. 3. 3/4" insulation board sheathing. 4. 2x4" studs 16"o.c. 5. Fiberglas building insulation (3 1/2"). 6. Resilient channel. 7. 1/2" gypsum board.
	1. 3 5/8" metal studs, 24"o.c. 2. 1/2" gypsum board screwed to studs. 3. 2" thick sound attenuation blanket.	44		6x5' picture window glazed double strength, single panel.
	1. Face brick. 2. 1/2" air space, with metal ties. 3. 3/4" insulation board sheathing. 4. 2x4" studs 16"o.c. 5. Resilient channel. 6. 1/2" gypsum board.	54		6x5' picture window plus storm sash, glazed double strength single panel, 3 1/4" separation between panels.

Tabla 40. Resultados para el aislamiento acústico en el Apartamento B. Fuente: Elaboración propia

9.10.8) CONCLUSIÓN SOBRE EL AISLAMIENTO TÉRMICO: PROPUESTAS DE CERRAMIENTO LIVIANO E INGENIERÍA DE VALOR

1. La configuración del panorama 1 presenta una resistencia térmica significativamente mayor que la propuesta en el panorama 2 debido a los requisitos de resistencia al fuego de 2 horas impuestos por los bomberos en la construcción del edificio de apartamentos.
2. Los requisitos de resistencia al fuego de 2 horas impuestos por los bomberos están en línea con las normativas y estándares establecidos para la construcción de edificios en áreas urbanas densamente pobladas.
3. La implementación de los requisitos de resistencia al fuego tiene como objetivo garantizar la seguridad de los residentes y la protección de las propiedades ante eventuales incendios.
4. La implementación del cambio de configuración en el panorama 2 provocó un aumento significativo del porcentaje de calor que entra a la habitación, específicamente un incremento del 108%.
5. Es importante evaluar cuidadosamente los posibles efectos secundarios que podrían derivar de los cambios implementados en el proceso de producción, a fin de minimizar los riesgos y garantizar la calidad y seguridad del producto final.
6. En la implementación de una ingeniería de valor es fundamental considerar los posibles efectos secundarios y evaluar cuidadosamente los cambios a implementar para minimizar los riesgos y garantizar la calidad y eficiencia del producto final.

9.10.9) CONCLUSIÓN SOBRE EL AISLAMIENTO ACÚSTICO PROPUESTA DE CERRAMIENTO LIVIANO E INGENIERÍA DE VALOR

1. En el caso específico descrito, se ha comprobado que los ensambles elegidos son efectivos en términos de aislamiento térmico y acústico, a excepción de las ventanas.
2. Es necesario realizar ajustes en las ventanas para mejorar su eficiencia energética y acústica, ya que no cumplen con los valores requeridos.
3. Si la modificación de los ensambles de una edificación se basara únicamente en los resultados acústicos, se podrían aceptar todos los cambios en los muros, pero se conservaría la configuración actual de las ventanas debido a que presenta mejores resultados en términos de aislamiento acústico.
4. Es fundamental considerar múltiples factores en la elección de los ensambles adecuados para cada proyecto, a fin de garantizar la calidad y eficiencia de la edificación.

CAPÍTULO 10 - ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DEL EDIFICIO

El propósito de este análisis será evaluar la sostenibilidad del edificio Residencial Vertical Urban Flats, tanto en su diseño original (con un sistema estructural de concreto y cerramientos de bloques de concreto) y la propuesta de cambio de sistema estructural (un sistema estructural de columnas y vigas de acero con uniones apernadas), a través de diferentes aspectos relacionados con la huella de carbono, la energía embebida en los materiales, los costos de mantenimiento y la valoración financiera.

Se busca determinar la eficiencia energética y la rentabilidad económica de la edificación actual y de una propuesta alternativa, así como identificar posibles medidas para mitigar las emisiones y mejorar la sostenibilidad.

Este análisis es útil desde las primeras etapas de estudios preliminares hasta la fase de diseño detallado, para arquitectos, ingenieros, empresas constructoras o cualquier persona interesada en evaluar la sostenibilidad de un edificio con un sistema estructural de concreto, como uno basado en columnas y vigas de acero con uniones apernadas. Este análisis no solo sirve para mejorar el impacto ambiental del edificio, sino también su impacto económico, particularmente en lo que se refiere al mantenimiento y la vida útil del mismo.

10.1) ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD Y SU IMPORTANCIA EN LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS

El análisis de sostenibilidad en la construcción de edificios es una práctica cada vez más importante en el sector de la construcción debido a su potencial para reducir el impacto ambiental y social de los edificios. Según un informe del Consejo Mundial de la Construcción Sostenible (World Green Building Council, 2018), los edificios son responsables del 39% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial y consumen el 36% de la energía mundial. Además, la construcción de edificios consume grandes cantidades de materiales y recursos naturales, y genera grandes cantidades de residuos y contaminación.

El análisis de sostenibilidad en la construcción de edificios se centra en evaluar y medir el impacto ambiental, social y económico del edificio a lo largo de todo su ciclo de vida. Según Al-Masraf et al. (2019), el ciclo de vida del edificio incluye las etapas de extracción de materiales, transporte, fabricación de materiales, construcción, uso, mantenimiento y demolición. El análisis de sostenibilidad ayuda a identificar los impactos ambientales, sociales y económicos de cada una de estas etapas y permite tomar decisiones informadas sobre el diseño, la construcción y el mantenimiento del edificio.

El objetivo del análisis de sostenibilidad es asegurar que se construyan edificios que sean sostenibles y que tengan el menor impacto ambiental y social posible, al tiempo que se maximiza la eficiencia energética y se reducen los costos de operación y mantenimiento. Según un estudio de la Universidad de California, Berkeley (Chegut et al., 2018), la construcción de edificios con altos estándares de sostenibilidad puede reducir el consumo de energía en un 50% y reducir los costos de operación y mantenimiento en un 8% en comparación con los edificios convencionales.

Además, el análisis de sostenibilidad ayuda a obtener certificaciones de construcción sostenible, como LEED o BREEAM. Según un estudio de la Universidad de Harvard (Edwards et al., 2017), los edificios con certificaciones de construcción sostenible pueden aumentar el valor de mercado en un 3-4% en comparación con los edificios convencionales y mejorar la reputación y la imagen de la empresa.

En resumen, el análisis de sostenibilidad en la construcción de edificios es esencial para reducir el impacto ambiental y social de los edificios, maximizar la eficiencia energética y reducir los costos de operación y mantenimiento. Además, puede ayudar a obtener certificaciones de construcción sostenible que pueden aumentar el valor del edificio y mejorar la imagen y reputación de la empresa. Por lo tanto, el análisis de sostenibilidad debe ser una práctica común en la industria de la construcción para lograr edificios más sostenibles y responsables.

10.1) ANÁLISIS DE MATERIALES – ESTRUCTURA PRINCIPAL Y SECUNDARIA

Para el análisis de los materiales se obtuvieron las cantidades de obra del modelo 3D en Revit, este ha sido modelado por elaboración propia, siguiendo las dimensiones de los planos arquitectónicos y de acabados.

10.1.1) CANTIDADES DE MATERIALES

10.1.1.1) EDIFICACIÓN ACTUAL

*Datos extraídos del modelo de REVIT (Elaboración propia)

Edificación actual - Cantidades generales					
Material: Nombre	Ubicación/descripción /nota	Volumen (m3)	Área (m2)	Cantidad	Tipo
Cimentaciones					
Volumen total de cimentaciones	Zapatas, soleras y tensores	204.26	1,135.00	-	
Columnas					
Columnas de concreto armado	Columnas interiores	50.50	514.30	-	
Columnas de concreto armado	Columnas perimetrales	61.20	570.50	-	
Vigas					
Vigas de concreto armado	Elementos que se conservarán	96.30	1,202.80	-	
Vigas de concreto armado	Elementos que se cambiarán	154.00	1,613.90	-	
Muros					
Muros de carga	Núcleo de circulación vertical y apart.	98.30	555.00	-	Muro de carga - Hormigón 150 mm
Muro de retención	Niveles de sótanos	313.40	1,057.80	-	Retención - Hormigón 300 mm
Estructura de entrepisos					
Losa moldeado in situ	Terrazas y exterior lobby principal	126.10	560.60	-	Hormigón in situ 250 mm
Losa moldeado in situ	Entrepiso apartamentos	663.40	2,653.40	-	Hormigón in situ 300 mm
Losa moldeado in situ	Techo núcleo de circulación vertical	6.99	46.60	-	
Cerramiento interior liviano					
Panelería de gypsum	Cerramientos interiores	-	1,514.10	-	
Estructura de techos					
Estructura de techos (acero) - Vigas	Estructura metálica	1.98	482.42	7	
Estructura de techos (acero) - Correas	Estructura metálica	3.50	847.30	13	
Cubierta de techos					
Cubierta (teja nicaragüense)	Área por techar		1,322.20	-	Genérico - 400 mm - Rellenado + Teja
Acabado de Pisos					

Piso en núcleo de circulación	Lobbies secundarios (niveles apartamentos)	-	139.50	-	Acabado en madera estándar
Adoquín	Estacionamientos en sótanos	-	1,826.60	-	Genérico 10 mm - Adoquinado/Arena
Porcelanato	Área aproximada		3,214.00		
Cerramientos					
Bloques de hormigón	Cerramientos	487.90	4,065.00	-	
Cielos					
Área aproximada de cielo falso		-	3,386.40	-	
Puertas					
Puertas Bois - Panneau de porte	Bodegas en lobbies de sótanos	-	12.80	4	
Puertas de acceso en lobbies secundarios	Lobby en sótanos	-	5.30	2	
Puertas genéricas	Apartamentos "A" y bodegas en sótanos	-	232.80	48	
Puertas genéricas	Apartamentos "B"	-	94.70	28	
Puertas genéricas	Apartamentos "C", interiores 1	-	45.20	12	
Puertas genéricas	Apartamentos "C" acceso y bodegas	-	36.20	9	
Puertas genéricas	Apartamentos "C" interiores 2	-	56.30	14	
Puerta corrediza de vidrio	Terraza apartamentos "A"	-	264.10	36	1800 x 2300mm Aluminio
Puerta corrediza de vidrio	Terraza apartamentos "B"	-	350.00	28	2970 x 2300mm Aluminio
Puerta corrediza de vidrio	Terraza apartamentos "C" (Norte, Sur)	-	96.80	12	1966 x 2300mm
Puerta corrediza de vidrio	Terraza apartamentos "C" (Oeste)	-	67.80	6	2700 x 2300mm Aluminio
Ventanas					
Ventana panorámica 1	Núcleo de circulación vertical	-	17.70	4	1.30m x 2.93m
Ventana panorámica 2	Núcleo de circulación vertical	-	23.70	5	1.60m x 2.93m
Ventana tipo Europa - Extralum	Apartamentos "C"	-	18.40	12	900mm x 600mm
Tota puertas y ventanas de vidrio					
Área total de puertas y ventanas	Vidrio en módulo de apartamentos "A"	-	838.50		

Tabla 41. Cantidades de materiales - Edificación actual (Estructura de concreto armado). Fuente: Elaboración propia

10.1.1.2) EDIFICACIÓN PROPUESTA

*Datos extraídos del modelo de REVIT (Elaboración propia)

Edificación actual - Cantidades generales					
Material: Nombre	Ubicación/descripción/ nota	Volumen (m3)	Área (m2)	Cantidad	Tipo
Cimentaciones					
Volumen total de cimentaciones	Zapatillas, soleras y tensores	204.26	1,135.00	-	
Concreto (vigas y columnas)					
Vigas y columnas de concreto armado	Estructura de concreto armado	164.48	1,767.00	-	
Concreto (muros)					
Muros de carga	Núcleo de circulación vertical y apart.	175.45	1,054.00	-	Muro de carga - Hormigón 150 mm
Muro de retención	Niveles de sótanos	281.14	950.00	-	Retención - Hormigón 300 mm
Acero					
Vigas, columnas y riostras de acero	Estructura principal y secundaria + techos	17.68	3,797.00	-	Hormigón in situ 300 mm
Entrepisos metaldeck					
Metaldeck	Terrazas y exterior lobby principal	67.27	560.60	-	
Metaldeck	Entrepiso apartamentos	318.41	2,653.40	-	
Metaldeck	Techo núcleo de circulación vertical	5.59	46.60	-	
Entrepiso macizo					
Losa moldeado in situ	Niveles de sótanos	667.97	2,226.56	-	
Cerramientos					
Panelería de gypsum	Cerramientos interiores	-	5,579.10	-	

Cubierta de techos					
Cubierta (teja nicaragüense)	Área por techar		1,322.20	-	Genérico - 400 mm - Rellenado + Teja
Acabado de Pisos					
Piso en núcleo de circulación	Lobbies secundarios (niveles apartamentos)	-	139.50	-	Acabado en madera estándar
Adoquín	Estacionamientos en sótanos	-	1,826.60	-	Genérico 10 mm - Adoquinado/Arena
Porcelanato	Área aproximada		3,214.00		

Tabla 42. Cantidades de materiales - Edificación propuesta (Estructura de acero). Fuente: Elaboración propia

Cielos					
Área aproximada de cielo falso		-	3,386.40	-	
Puertas					
Puertas Bois - Panneau de porte	Bodegas en lobbies de sótanos	-	12.80	4	
Puertas de acceso en lobbies secundarios	Lobby en sótanos	-	5.30	2	
Puertas genéricas	Apartamentos "A" y bodegas en sótanos	-	232.80	48	
Puertas genéricas	Apartamentos "B"	-	94.70	28	
Puertas genéricas	Apartamentos "C", interiores 1	-	45.20	12	
Puertas genéricas	Apartamentos "C" acceso y bodegas	-	36.20	9	
Puertas genéricas	Apartamentos "C" interiores 2	-	56.30	14	
Puerta corrediza de vidrio	Terraza apartamentos "A"	-	264.10	36	1800 x 2300mm Aluminio
Puerta corrediza de vidrio	Terraza apartamentos "B"	-	350.00	28	2970 x 2300mm Aluminio
Puerta corrediza de vidrio	Terraza apartamentos "C" (Norte, Sur)	-	96.80	12	1966 x 2300mm
Puerta corrediza de vidrio	Terraza apartamentos "C" (Oeste)	-	67.80	6	2700 x 2300mm Aluminio
Ventanas					
Ventana panorámica 1	Núcleo de circulación vertical	-	17.70	4	1.30m x 2.93m
Ventana panorámica 2	Núcleo de circulación vertical	-	23.70	5	1.60m x 2.93m
Ventana tipo	Apartamentos "C"	-	18.40	12	900mm x 600mm
Tota puertas y ventanas de vidrio					
Área total de puertas y ventanas	Vidrio en módulo de apartamentos "A"	-	838.50		

Tabla 43. Cantidades de materiales - Edificación propuesta (Estructura de acero). Fuente: Elaboración propia

10.2) HUELLA DE CARBONO

La huella de carbono es una medida del impacto ambiental de una actividad humana y se basa en las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta medida puede ayudar a identificar las fuentes de emisiones y establecer objetivos y estrategias para reducirlas, lo que puede generar ahorros de costos y mejorar las relaciones entre empresas y proveedores. Además, la huella de carbono puede crear conciencia en los consumidores y promover la reducción de emisiones. La norma ISO 14067 y la PAS 2050 son estándares internacionales para medir la huella de carbono de los productos y servicios. La compra de compensaciones de carbono puede ayudar a lograr la neutralidad de carbono y apoyar proyectos sostenibles. ("Revista HSEC - ¿Para qué sirve medir la huella de carbono?")

10.2.1) HUELLA DE CARBONO – EDIFICACIÓN ACTUAL

Huella de carbono

CO₂e:

El equivalente de CO₂ o equivalente de dióxido de carbono, es una medida en toneladas de la huella de carbono. Huella de carbono es el nombre dado a la totalidad de la emisión de Gases de Efecto Invernadero. La masa de los gases emitidos es medida por su equivalencia en CO₂

Emissiones de CO₂e durante el ciclo <<cradle-to-gate>> de los materiales:

Cálculo de huella de carbono de estructura

Elemento	Cantidad (m3)	Área/peso	Factor de CO ₂ e	Unidad	Material específico	Huella de carbono (kg de CO ₂)	Huella de carbono (t de CO ₂)
Estructura de concreto armado		(2400 kg/m3)					
Cimentaciones	204.26	490,224.00 kg	0.2005 kg CO ₂ e/kg			98,275.21	98.28
Columnas	111.70	268,080.00 kg	0.2005 kg CO ₂ e/kg			53,742.00	53.74
Vigas	250.30	600,720.00 kg	0.2005 kg CO ₂ e/kg		Especificación técnica sin definir	120,426.34	120.43
Muros estructurales	411.70	988,080.00 kg	0.2005 kg CO ₂ e/kg			198,080.40	198.08
Entrepisos	1,371.79	3,292,296.00 kg	0.2005 kg CO ₂ e/kg			660,006.58	660.01
Estructuras de acero		(7800 kg/m3)					
Estructura de techos (Vigas)	1.98	15,444.00 kg	2.8000 kg CO ₂ e/kg		Especificación técnica sin definir	43,243.20	43.24
Estructura de techos (Correas)	3.50	27,300.00 kg	2.8000 kg CO ₂ e/kg			76,440.00	76.44
PESO TOTAL DE LA ESTRUCTURA		5,682,144.00 kg				TOTAL (toneladas de CO₂)=	1,250.21

TOTAL (toneladas de CO₂)=	1,250.21
---	-----------------

Tabla 44. Cálculo de huella de carbono de estructura - Edificación actual (Estructura de concreto armado).
Fuente: Elaboración propia

10.2.2) HUELLA DE CARBONO – EDIFICACIÓN PROPUESTA

Cálculo de huella de carbono de estructura

Elemento	Cantidad (m3)	Área/peso	Factor de CO ₂ e	Unidad	Material específico	Huella de carbono (kg de CO ₂)	Huella de carbono (t de CO ₂)
Estructura de concreto armado		(2400 kg/m3)					
Cimentaciones	204.26	490,224.00 kg	0.20047 kg CO ₂ e/kg			98,275.21	98.28
Columnas y vigas	164.48	394,752.00 kg	0.20047 kg CO ₂ e/kg			79,135.93	79.14
Muros estructurales	456.59	1,095,816.00 kg	0.20047 kg CO ₂ e/kg			219,678.23	219.68
Entrepisos en sótanos	667.97	1,603,123.20 kg	0.20047 kg CO ₂ e/kg			321,378.11	321.38
Estructuras de acero		(7800 kg/m3)					
Vigas, columnas y riostras + techos	17.68	137,904.00 kg	2.80000 kg CO ₂ e/kg		Especificación técnica sin definir	386,131.20	386.13
Entrepiso metaldeck	Cantidad (m3)	(1200 kg/m3)					
Concreto en losa	391.27	469,526.40 kg	0.20047 kg CO ₂ e/kg			94,125.96	94.13
Entrepiso metaldeck	Cantidad (m2)	(7.57 kg/m2)					
Lámina de metaldeck	3,260.60	24,682.74 kg	2.80000 kg CO ₂ e/kg			69,111.68	69.11
PESO TOTAL DE LA ESTRUCTURA		4,191,345.60 kg				TOTAL (toneladas de CO₂)=	1,267.84

TOTAL (toneladas de CO₂)=	1,267.84
---	-----------------

Tabla 45. Cálculo de huella de carbono de estructura - Edificación propuesta (Estructura de acero).
Fuente: Elaboración propia

10.2.1) COMPARACIÓN HUELLA DE CARBONO Y ENERGÍA EMBEBIDA DE ESTRUCTURA

Tabla resumen comparativa - Huella de carbono y energía embebida de estructura					
EDIFICACIÓN ACTUAL			EDIFICACIÓN PROPUESTA		
Elemento	Huella de carbono (t de CO2)	Energía (MJ)	Energía (MJ)	Huella de carbono (t de CO2)	Elemento
Estructura de concreto armado			Estructura de concreto armado		
Cimentaciones	98.28	962,799.94	962,799.94	98.28	Cimentaciones
Columnas	53.74	526,509.12	775,292.93	79.14	Columnas y vigas
Vigas	120.43	1,179,814.08	2,152,182.62	219.68	Muros estructurales
Muros estructurales	198.08	1,651,645.44	3,148,533.96	321.38	Entrepisos en sótanos
Entrepisos	660.01	6,466,069.34			
Estructuras de acero			Estructuras de acero		
Estructura de techos (Vigas)	43.24	200,772.00	1,792,752.00	386.13	Vigas, columnas y riostras + techos
Estructura de techos (Correas)	76.44	354,900.00	922,149.85	94.13	Concreto en losa
			320875.646	69.11	Lámina de metaldeck
Total	1,250.21	11,342,509.92	10,074,586.95	1,267.84	Total
TOTAL	3,150,697.20	kW-h	TOTAL	2,798,496.37	kW-h

Tabla 46. Resultados y comparación de las huellas de carbono y energía embebida en las estructuras. Fuente: Elaboración propia

10.2.2) GRÁFICA COMPARATIVA – HUELLA DE CARBONO (T DE CO2)

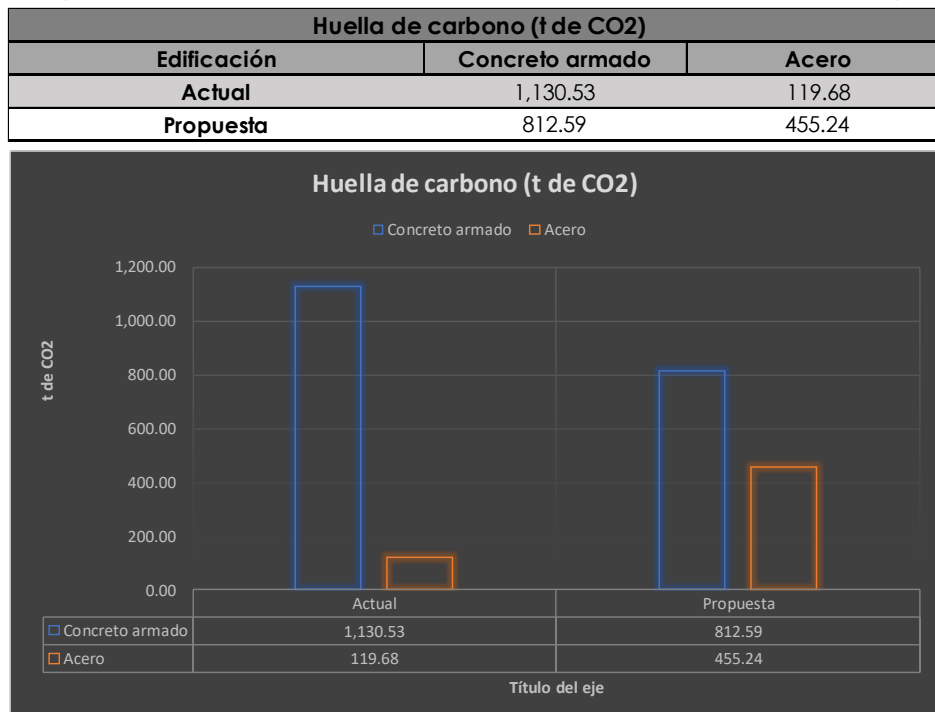


Gráfico 26. Gráfica comparativa – Huella de carbono (t de CO2). Fuente: Elaboración propia

10.2.3) GRÁFICA COMPARATIVA – ENERGÍA EMBEBIDA EN LOS MATERIALES (MJ)

Energía (MJ)			
Edificación	Concreto armado	Acero	kW-h
Actual	10,786,837.92	555,672.00	3,150,697.20
Propuesta	7,960,959.30	2,113,627.65	2,798,496.37

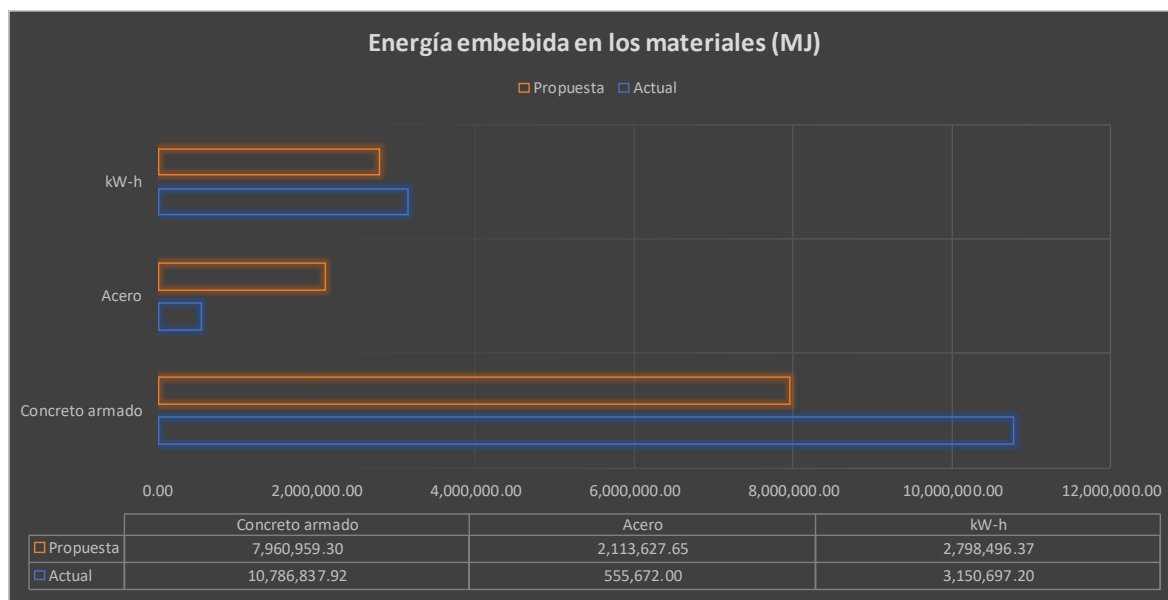


Gráfico 27. Gráfica comparativa – Energía embebida en los materiales (MJ). Fuente: Elaboración propia

10.2.4) TABLA RESUMEN COMPARATIVO

Tabla resumen comparativa - Huella de carbono y energía embebida de estructura					
EDIFICACIÓN ACTUAL			EDIFICACIÓN PROPUESTA		
Elemento	Huella de carbono (t de CO ₂)	Energía (MJ)	Energía (MJ)	Huella de carbono (t de CO ₂)	Elemento
Estructura de concreto armado	1,130.53	10,786,837.92	7,960,959.30	812.59	Estructura de concreto armado
Estructuras de acero	119.68	555,672.00	2,113,627.65	455.24	Estructuras de acero
Total	1,250.21	11,342,509.92	10,074,586.95	1,267.84	Total
TOTAL	3,150,697.20	kW-h	TOTAL	2,798,496.37	kW-h

Tabla 47. Tabla resumen comparativa - Huella de carbono y energía embebida de estructura. Fuente: Elaboración propia

La realización de un análisis de huella de carbono es de gran importancia en la actualidad, especialmente en el ámbito de la construcción, ya que permite medir el impacto ambiental generado por una edificación en particular. En este caso, se ha llevado a cabo un análisis comparativo entre dos sistemas estructurales diferentes para un mismo edificio, uno de columnas y vigas de concreto y otro de columnas y vigas metálicas apernadas.

Tras la realización del análisis y la representación gráfica de los resultados obtenidos, se puede observar que la estructura de concreto generó una huella de carbono de 17.62 t de CO₂, mientras que la estructura metálica apernada presentó una huella de carbono menor. El cambio de sistema estructural y el tipo de cerramientos utilizados pudo reducir considerablemente la energía embebida, obteniendo una disminución de 352,200.83 kW-h.

Es importante destacar que la disminución de la energía embebida es un factor positivo en términos de sostenibilidad, ya que implica un menor consumo de energía y, por tanto, una menor emisión de gases de efecto invernadero. Sin embargo, es necesario considerar también el impacto generado por la huella de carbono, ya que implica una mayor emisión de gases de efecto invernadero y, por tanto, una mayor contribución al cambio climático.

En este sentido, se recomienda realizar un análisis detallado de los impactos ambientales generados por ambos sistemas estructurales, considerando no solo la huella de carbono y la energía embebida, sino también otros aspectos relevantes como la calidad del aire, la emisión de contaminantes, el uso de recursos naturales, entre otros. Asimismo, se sugiere la evaluación de opciones más sostenibles en términos ambientales, como el uso de materiales de construcción renovables, la implementación de sistemas de energía renovable, entre otras alternativas.

10.2.5) ALGUNAS MEDIDAS PARA MITIGAR LAS EMISIONES

La construcción es uno de los sectores que más contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero, tanto durante la fase de construcción como durante la vida útil del edificio. En Costa Rica, la construcción de edificios de apartamentos es una actividad cada vez más común, especialmente en el valle central, y es importante considerar medidas para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero en esta industria. En particular, se puede comparar el sistema estructural basado en concreto armado con el sistema estructural basado en elementos de acero apernados para determinar cuál es más eficiente en términos de emisiones de gases de efecto invernadero.

- **SELECCIÓN DE MATERIALES SOSTENIBLES**

Es importante elegir materiales de construcción sostenibles y de bajo impacto ambiental en ambos sistemas estructurales. En el caso del concreto armado, se puede utilizar cemento Portland sustituto o cemento geopolimérico, que tienen una huella de carbono menor que el cemento convencional (Chakraborty, 2021). En el caso de los elementos de acero apernados, se puede elegir acero reciclado.

- **EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Es importante incorporar medidas de eficiencia energética en ambos sistemas estructurales, como la utilización de ventanas de alta eficiencia energética y sistemas de iluminación y aire acondicionado

eficientes. Esto ayudará a reducir el consumo de energía y, por lo tanto, las emisiones de gases de efecto invernadero.

- **DISEÑO PASIVO**

El diseño pasivo puede ayudar a reducir la cantidad de energía necesaria para mantener la temperatura adecuada en el interior del edificio. En el caso del concreto armado, se pueden incorporar paredes y techos verdes, mientras que en el caso de los elementos de acero apernados, se pueden utilizar cubiertas reflectantes para reducir la absorción de calor.

- **TRANSPORTE Y LOGÍSTICA**

La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en la construcción también puede ser alcanzada mediante la reducción de la cantidad de transporte y logística necesarios para llevar los materiales y herramientas al sitio de construcción. Se debe elegir la ubicación adecuada del proyecto y planificar adecuadamente la logística.

- **MANTENIMIENTO Y REHABILITACIÓN**

Es importante incorporar medidas de mantenimiento y rehabilitación adecuadas para prolongar la vida útil del edificio. De esta manera se reducen las emisiones asociadas a la construcción de un nuevo edificio.

En general, ambas opciones de sistema estructural pueden ser eficientes en términos de emisiones de gases de efecto invernadero si se implementan medidas adecuadas. La selección de materiales sostenibles, medidas de eficiencia energética y diseño pasivo pueden reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, la reducción de la cantidad de transporte y logística necesarios y la implementación de medidas adecuadas de mantenimiento y rehabilitación también pueden contribuir a la reducción de las emisiones.

10.2.5.1) ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO DURANTE EL CICLO CRADLE TO GATE

El análisis de consumo energético durante el ciclo cradle-to-gate de los materiales consiste en evaluar la cantidad de energía utilizada en todas las etapas del ciclo de vida de un material, desde la extracción de las materias primas hasta la fabricación del producto final. Este tipo de análisis es fundamental para comprender y reducir el impacto ambiental de los materiales utilizados en la construcción.

Según un estudio realizado por la Asociación Nacional de Fabricantes de Concreto de Estados Unidos, el concreto armado tiene un consumo energético promedio de 1.63 GJ/m³ durante el ciclo cradle-to-gate, lo que lo convierte en uno de los materiales más intensivos en energía utilizados en la construcción. En contraste, un estudio realizado por la Universidad de Lund en Suecia encontró que el acero apernado tiene un consumo energético promedio de 0.19 GJ/m³ durante el ciclo cradle-to-gate, lo que lo convierte en una opción más eficiente desde el punto de vista energético.

Existen varias medidas que se pueden tomar para reducir el consumo energético durante el ciclo cradle-to-gate de los materiales utilizados en la construcción, independientemente del tipo de material. Entre estas medidas se incluyen:

- Utilización de materiales reciclados o reciclables para reducir la necesidad de extraer nuevas materias primas.
- Optimización de los procesos de producción para reducir el consumo de energía.
- Implementación de fuentes de energía renovable en los procesos de producción.
- Selección de proveedores que utilicen prácticas sostenibles y eficientes en el uso de la energía.

En conclusión, el análisis de consumo energético durante el ciclo cradle-to-gate de los materiales es fundamental para comprender el impacto ambiental de los materiales utilizados en la construcción. La selección de materiales más eficientes desde el punto de vista energético y la implementación de medidas para reducir el consumo de energía en los procesos de producción son medidas clave para mitigar el impacto ambiental de la construcción.

10.2.5.2) ENERGÍA EMBEBIDA EN LOS MATERIALES – EDIFICACIÓN ACTUAL

Consumo energético durante el ciclo <<cradle-to-gate>> de los materiales

Elemento	Cantidad (m3)	Área/peso	Factor de Energía (MJ/kg)	Unidad	Material específico	Energía (MJ)
Estructura de concreto armado		(2400 kg/m3)				
Cimentaciones	204.26	490,224.00 kg	1.9640	MJ/kg		962,799.94
Columnas	111.70	268,080.00 kg	1.9640	MJ/kg	Especificación técnica sin definir	526,509.12
Vigas	250.30	600,720.00 kg	1.9640	MJ/kg		1,179,814.08
Muros estructurales	350.40	840,960.00 kg	1.9640	MJ/kg		1,651,645.44
Entrepisos	1,371.79	3,292,296.00 kg	1.9640	MJ/kg		6,466,069.34
Estructuras de acero		(7800 kg/m3)				
Estructura de techos (Vigas)	1.98	15,444.00 kg	13.0000	MJ/kg	Especificación técnica sin definir	200,772.00
Estructura de techos (Correas)	3.50	27,300.00 kg	13.0000	MJ/kg		354,900.00
PESO TOTAL DE LA ESTRUCTURA		5,492,280.00 kg				
TOTAL (energía incorporada) =						11,342,509.92
TOTAL						3,150,697.20 kW-h

Conversión de la base : 1 MJ = 0.277777777777778 kWh

Tabla 48. Consumo energético durante el ciclo <<cradle-to-gate>> de los materiales - Edificación actual. Fuente: Elaboración propia

Ventanas

Información basada en estudio: CONFORTA - Estudi UPC Aïllament tèrmic portes i finestres de pvc, alumini i fusta. Barcelona, 2005.
Estimación del consumo de energía y de la emisión CO2 atribuible a una ventana de 1,34 m x 1,34 m

Consumo energético y emisión de CO2 producción, uso y disposición final ventanas de PVC, aluminio y madera

Tabla 4.1: Consumos energéticos de la extracción de recursos naturales y de la producción de materiales

Material	Consumo de energía (kWh kg ⁻¹)	Fuente
PVC	7,19	(Baldasano y Parra, 2005)
Acero	6,70	(EPA, 2004)
Vidrio	2,70	(EPA, 2004)
Aluminio	45,56	(WBG, 2004)
Madera	0,58	Base de datos Simapro5

Se aplicarán los datos de producción, uso y disposición final a las ventanas de aluminio actuales en el proyecto

Consumo energético por ventana ensamblada			
Elemento	Área (m2)	kWh por ventana ensamblada	Consumo kWh total
Puertas de vidrio y aluminio (terracea en apartamentos)	778.70	45.56	35.477.57
Ventanas de vidrio	59.8	45.56	2.724.49

Total 38,202.06 kWh

Tabla 49. Consumo energético durante el ciclo <<cradle-to-gate>> de las ventanas - Edificación actual. Fuente: Elaboración propia

10.2.5.3) ENERGÍA EMBEBIDA EN LOS MATERIALES EDIFICACIÓN PROPUESTA

Consumo energético durante el ciclo <<cradle-to-gate>> de los materiales						
Elemento	Cantidad (m3)	Área/peso	Factor de Energía (MJ/kg)	Unidad	Material específico	Energía (MJ)
Estructura de concreto armado		(2400 kg/m3)				
Cimentaciones	204.26	490,224.00 kg	1.9640	MJ/kg		962,799.94
Columnas y vigas	164.48	394,752.00 kg	1.9640	MJ/kg		775,292.93
Muros estructurales	456.59	1,095,816.00 kg	1.9640	MJ/kg		2,152,182.62
Entrepisos en sótanos	667.97	1,603,123.20 kg	1.9640	MJ/kg		3,148,533.96
Estructuras de acero		(7800 kg/m3)				
Vigas, columnas y riostras + techos	17.68	137,904.00 kg	13.0000	MJ/kg	Especificación técnica sin definir	1,792,752.00
Entrepiso metaldeck		Cantidad (m3) (1200 kg/m3)				
Concreto en losa	391.27	469,526.40 kg	1.9640	MJ/kg		922,149.85
Entrepiso metaldeck		Cantidad (m2) (7.57 kg/m2)				
Lámina de metaldeck	3,260.60	24,682.74 kg	13.0000	MJ/kg		320,875.65
PESO TOTAL DE LA ESTRUCTURA		4,699,999.20 kg				
TOTAL (energía incorporada) =						10,074,586.95
TOTAL						2,798,496.37 kWh

Conversión de la base : 1 MJ = 0.277777777777778 kWh

Tabla 50. Consumo energético durante el ciclo <<cradle-to-gate>> de los materiales - Edificación propuesta. Fuente: Elaboración propia

Ventanas

Información base en estudio: CONFORTA - Estudi UPC Aïllament tèrmic portes i finestres de pvc, alumini i fusta. Barcelona, 2005.

Estimación del consumo de energía y de la emisión CO₂ atribuible a una ventana de 1,34 m x 1,34 m

Consumo energético y emisión de CO₂ producción, uso y disposición final ventanas de PVC, aluminio y madera

Tabla 4.1: Consumos energéticos de la extracción de recursos naturales y de la producción de materiales

Material	Consumo de energía (kWh kg ⁻¹)	Fuente
PVC	7,19	(Baldasano y Parra, 2005)
Acero	6,70	(EPA, 2004)
Vidrio	2,70	(EPA, 2004)
Aluminio	45,56	(WBG, 2004)
Madera	0,58	Base de datos Simapro5

Se aplicarán los datos de producción, uso y disposición final a las ventanas de aluminio actuales en el proyecto

Consumo energético por ventana ensamblada			
Elemento	Área (m ²)	kWh por ventana ensamblada	Consumo kWh total
Puertas de vidrio y aluminio (terrazas en apartamentos)	778.70	7.19	5,598.85
Ventanas de vidrio	59.8	7.19	429.96
Total			6,028.82 kWh

Tabla 51. Consumo energético durante el ciclo <<cradle-to-gate>> de las ventanas - Edificación propuesta. Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 11 - ANÁLISIS DE VALORACIÓN FINANCIERA POR COSTOS DE MANTENIMIENTO

11.1) VIDA ÚTIL DE LAS EDIFICACIONES

Es importante determinar la vida útil de las edificaciones porque permite conocer el período de tiempo en que el edificio podrá ser utilizado sin comprometer su seguridad y estabilidad estructural. Además, esto permite planificar y anticipar posibles necesidades de mantenimiento o reparación que podrían requerirse en el futuro, así como también establecer una estrategia para la sustitución del edificio en caso de ser necesario.

En el caso de la comparación entre un edificio de concreto armado y un edificio basado en estructura metálica con uniones apernadas, es importante tener en cuenta que la vida útil de cada uno puede verse afectada por distintos factores. Por ejemplo, un edificio de concreto armado puede presentar deterioro en su estructura debido a la corrosión de las armaduras de acero que están incrustadas en el concreto, mientras que un edificio basado en estructura metálica con uniones apernadas puede presentar problemas de corrosión en las zonas de unión de los elementos metálicos.

Por tanto, determinar la vida útil de estas dos estructuras es fundamental para poder establecer planes de mantenimiento y gestión de los recursos a largo plazo. Además, conocer las particularidades de cada tipo de estructura permitirá tomar decisiones informadas acerca de cuál sería la mejor opción para construir en un determinado contexto o situación.

En este sentido, existen estudios que analizan la vida útil de edificaciones y comparan diferentes tipos de estructuras en función de sus propiedades mecánicas, resistencia y durabilidad. Por ejemplo, el estudio "Análisis de vida útil en edificaciones de concreto armado" (Ponce et al., 2017) y el estudio

"Durabilidad de las estructuras de acero" (Gálvez et al., 2013) son algunos ejemplos de investigaciones que abordan estos temas y pueden servir de referencia para futuras decisiones constructivas.

11.1.1) EDIFICACIÓN ACTUAL

Vida útil de edificación actual = 70 años.



9.1.10.5 TIPO AP05		
Elemento	Vida Útil	Materiales
Estructura	70 años	Columnas y vigas de concreto armado, perfiles metálicos.
Paredes	70 años	Bloques de concreto con repello fino o ladrillo, prefabricados con acabado estuco, paneles de yeso, cemento y fibra de vidrio (Gypsum), elegantes fachadas.
Cubierta	70 años	Cerchas de perfiles metálicos. Teja de barro, algunas láminas acrílicas o domos. Canoas y bajantes hierro galvanizado del tipo pecho paloma u ocultas por precintas.
Cielos	70 años	Concreto lanzado o viguetas expuestas. Paneles de yeso, cemento y fibra de vidrio (Gypsum), tablilla o artesonado en algunos sectores. Láminas de fibrocemento, yeso, cementicias o similares (Plystone o Plyrock) de 14mm y 17mm y cielos falsos de 5mm de espesor. Áreas artesonados de buenas maderas, tablilla laqueada.
Entrepisos	70 años	Prefabricados con viguetas pretensadas.
Pisos	70 años	Cerámica de excelente calidad y porcelanatos. Dormitorios con alfombras de excelente calidad. Pisos laminados.
Baños	70 años	Un cuarto de baño muy bueno de tamaño mediano, uno bueno, medio para visitas, y otro de servicio normal.
Otros	70 años	Puerta principal de Cedro, cerrajería de excelente calidad, amplios ventanales con marco de aluminio anodizado color bronce, vidrios color bronce. Cocina de tamaño mediano, con mueble de muy bueno. Closets de madera de Cedro o similar con puertas de madera, PVC o madera de excelente calidad, vestidor de mediano tamaño el dormitorio principal, vigas banquetas y/o comisas en concreto armado colado en sitio con diferentes diseños, sistema de distribución de agua por bomba eléctrica, tanque de agua caliente, sistema contra incendios, planta eléctrica de emergencia, intercomunicadores. Estacionamiento para dos vehículos. Construcciones de varias plantas.
Valor	\$765 000 / m ²	MANUAL DE VALORES BASE UNITARIOS POR TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA - PAG: 53

11.1.1) EDIFICACIÓN PROPUESTA

Vida útil de la edificación propuesta = 70 años



9.1.10.5 TIPO AP05		
Elemento	Vida Útil	Materiales
Estructura	70 años	Columnas y vigas de concreto armado, perfiles metálicos.
Paredes	70 años	Bloques de concreto con repello fino o ladrillo, prefabricados con acabado estuco, paneles de yeso, cemento y fibra de vidrio (Gypsum), elegantes fachadas.
Cubierta	70 años	Cerchas de perfiles metálicos. Teja de barro, algunas láminas acrílicas o domos. Canoas y bajantes hierro galvanizado del tipo pecho paloma u ocultas por precintas.
Cielos	70 años	Concreto lanzado o viguetas expuestas. Paneles de yeso, cemento y fibra de vidrio (Gypsum), tablilla o artesonado en algunos sectores. Láminas de fibrocemento, yeso, cementicias o similares (Plystone o Plyrock) de 14mm y 17mm y cielos falsos de 5mm de espesor. Áreas artesonados de buenas maderas, tablilla laqueada.
Entrepisos	70 años	Prefabricados con viguetas pretensadas.
Pisos	70 años	Cerámica de excelente calidad y porcelanatos. Dormitorios con alfombras de excelente calidad. Pisos laminados.
Baños	70 años	Un cuarto de baño muy bueno de tamaño mediano, uno bueno, medio para visitas, y otro de servicio normal.
Otros	70 años	Puerta principal de Cedro, cerrajería de excelente calidad, amplios ventanales con marco de aluminio anodizado color bronce, vidrios color bronce. Cocina de tamaño mediano, con mueble de muy bueno. Closets de madera de Cedro o similar con puertas de madera, PVC o madera de excelente calidad, vestidor de mediano tamaño el dormitorio principal, vigas banquetas y/o comisas en concreto armado colado in situ con diferentes diseños, sistema de distribución de agua por bomba eléctrica, tanque de agua caliente, sistema contra incendios, planta eléctrica de emergencia, intercomunicadores. Estacionamiento para dos vehículos. Construcciones de varias plantas.
Valor	\$765 000 / m ²	MANUAL DE VALORES BASE UNITARIOS POR TIPOLOGÍA CONSTRUCTIVA - PAG: 53

11.2) PLAN Y COSTOS DE MANTENIMIENTO

La finalidad básica de la gestión de costos de mantenimiento, aplicado a un edificio de apartamentos, es garantizar que se realice el mantenimiento de manera eficiente y rentable, con el objetivo de mantener el edificio en buenas condiciones, aumentar su vida útil y proporcionar un ambiente seguro y saludable para los residentes.

En cuanto al mantenimiento de un edificio de apartamentos basado en un sistema estructural de concreto con cerramientos de bloques de concreto y otro que está basado en un sistema estructural

de columnas y vigas de acero con cerramientos livianos, existen algunas diferencias en términos de costos y estrategias de mantenimiento.

En el caso del edificio basado en un sistema estructural de concreto, el mantenimiento se centraría en el control de las grietas, la humedad y el desgaste de las superficies de concreto, lo que puede requerir la aplicación de selladores y pinturas especiales para proteger la superficie. También puede ser necesario reemplazar secciones de concreto dañadas, lo que puede ser costoso.

Por otro lado, en el caso del edificio basado en un sistema estructural de columnas y vigas de acero con cerramientos livianos, el mantenimiento se centraría en la revisión periódica de las uniones apernadas y la reparación o reemplazo de las piezas dañadas o desgastadas. También es importante mantener el revestimiento exterior, como el acabado de pintura, para evitar la oxidación y la corrosión del acero.

En ambos casos, la gestión de costos de mantenimiento ayudaría a los propietarios o administradores de los edificios a planificar y programar el mantenimiento preventivo de manera adecuada para evitar costos innecesarios y reducir el tiempo de inactividad del edificio. También les permitiría establecer un presupuesto adecuado para cada tarea de mantenimiento, en función de los costos asociados con los materiales y la mano de obra necesarios para llevar a cabo la tarea.

En resumen, la finalidad básica de la gestión de costos de mantenimiento, aplicado a un edificio de apartamentos, es garantizar que se realice el mantenimiento de manera eficiente y rentable, y que se maximice la vida útil del edificio. Los costos y estrategias de mantenimiento variarán según el tipo de sistema estructural utilizado en el edificio, y es importante considerar estas diferencias al planificar el mantenimiento y establecer el presupuesto.

11.2.1) PLAN DE MANTENIMIENTO

Para las estructuras de concreto – Niveles Sótano y Sótano 2
En las instrucciones de uso se recogerá toda la información necesaria para que el uso de edificio sea conforme a las hipótesis adoptadas en las bases de cálculo.
De toda la información acumulada sobre la obra, las instrucciones de uso incluirán aquellas que resulten de interés para la propiedad y para los usuarios, que como mínimo serán: <ul style="list-style-type: none">- Acciones permanentes- Sobrecargas de uso- Deformaciones admitidas, incluidas las del terreno en su caso.- Condiciones particulares de utilización, como el respeto a las señales de limitación de sobrecarga, o el mantenimiento de las marcas o bolardos que definen zonas con requisitos especiales al respecto.- En su caso, las medidas adoptadas para reducir los riesgos de tipo estructural
En plan de mantenimiento, en lo correspondiente a los elementos estructurales, se establecerá en concordancia con las bases de cálculo y con cualquier información adquirida durante la ejecución de la obra que pudiera ser de interés, e identificará: <ul style="list-style-type: none">- El tipo de los trabajos de mantenimiento a llevar a cabo.- Lista de los puntos que requieran un mantenimiento particular.- El alcance, la realización y la periodicidad de los trabajos de conservación.- Un programa de revisiones.

Cualquier modificación de los elementos componentes de la estructura que pueda modificar las condiciones de trabajo previstas en el proyecto debe ser justificada y comprobada mediante los cálculos oportunos, realizados por un técnico competente.

Su mantenimiento se debe ceñir principalmente a protegerla de acciones no previstas sobre el edificio, cambios de uso y sobre cargas en los forjados, así como de los agentes químicos y de la humedad (cubierta, voladizos, plantas bajas por capilaridad) que provocan la corrosión de las armaduras.

Tabla 52. Plan de mantenimiento para las estructuras de concreto – Niveles Sótano y Sótano 2. Fuente: Elaboración propia basada en Doc. 11 Manual de uso y mantenimiento

Para las estructuras de acero – Niveles 1, 2 y 3 de apartamentos
PRECAUCIONES
<p>Cuando se prevea una modificación que pueda alterar las solicitaciones previstas, será necesario el dictamen de un técnico competente.</p> <p>En este tipo de inspecciones se prestará especial atención a la identificación de los síntomas de daños estructurales, que normalmente serán de tipo dúctil y se manifiestan en forma de daños de los elementos inspeccionados (deformaciones excesivas causantes de fisuras en cerramientos, por ejemplo). También se identificarán las causas de daños potenciales (humedades por filtración o condensación, actuaciones inadecuadas de uso, etc.)</p> <p>Es conveniente que en la inspección del edificio se realice una específica de la estructura, destinada a la identificación de daños de carácter frágil como los que afectan a secciones o uniones (corrosión localizada, deslizamiento no previsto de uniones atornilladas, etc.), dados que no pueden identificarse a través de sus efectos en otros elementos no estructurales. Es recomendable que las inspecciones de este tipo se realicen al menos 2 veces al año. (S.A.S, s.f.)</p>
PRESCRIPCIONES
<ul style="list-style-type: none"> - La propiedad deberá conservar en su poder la documentación técnica relativa a los elementos realizados, en la que figurarán las solicitudes para las que han sido previstos. - En casos de producirse fugas de saneamiento o bastecimiento, o infiltraciones de cubierta o fachada, se repararán rápidamente para que la humedad no ocasione o acelere procesos de corrosión de la estructura. (“Uso y mantenimiento. Estructuras para cubiertas. Acero ...”) - Se repararán o sustituirán los elementos estructurales deteriorados o en mal estado por un profesional cualificado.
PROHIBICIONES
<ul style="list-style-type: none"> - No se manipularán los pilares ni se modificarán las solicitaciones previstas en proyecto sin un estudio previo realizado por un técnico competente.
MANTENIMIENTO
<ul style="list-style-type: none"> - POR EL USUARIO <ul style="list-style-type: none"> o Cada año: Inspección de fisuras en forjados y cerramientos, así como de humedades que puedan deteriorar la estructura metálica. - POR EL PROFESIONAL CUALIFICADO <ul style="list-style-type: none"> o Cada año: Protección de la estructura metálica con antioxidantes y esmaltes o similares, en ambiente agresivos. o Cada 3 años: Protección de la estructura con antioxidantes y esmaltes o similares, en ambientes no agresivos. Inspección del estado de conservación de la protección

contra fuego de la estructura, y cualquier tipo de lesión, procediéndose al repintado o reparación si fuera preciso. Para volver a pintar el soporte, bastará con limpiar las manchas si el recubrimiento está en buen estado, En el caso de existir ampollas, desconchados, agrietamiento o cualquier otro tipo de defecto, como paso previo a la pintura, se eliminarán las partes sueltas con cepillo de alambre, se aplicará una composición decapante, se lijará y se lavará.

- **Cada 10 años:** Inspección visual, haciéndola extensiva a los elementos de protección, especialmente a los de protección contra incendio.

Tabla 53. Plan de mantenimiento para las estructuras de acero – Niveles 1, 2 y 3 de apartamentos. Fuente: Elaboración propia basada en Doc. 11 Manual de uso y mantenimiento

Para el ascensor – Todos los niveles
PRECAUCIONES
<ul style="list-style-type: none"> - El uso de la llave de apertura de puertas en caso de emergencia se limitará exclusivamente a operaciones de rescate en momento de averías. - La iluminación del recinto del ascensor permanecerá apagada, excepto cuando se proceda a reparaciones en el interior de este. (“Uso y mantenimiento. Ascensores. Transporte. Instalaciones”) - El cuarto de máquinas será accesible únicamente a la persona encargada del servicio ordinario y la personal de la empresa conservadora. - La empresa instaladora facilitará una llave de puertas en caso de emergencia a la persona encargada del servicio ordinario de los ascensores. - El uso de esta llave se limitará exclusivamente a las operaciones de rescate de las personas que viajasen el camarín en el momento de la avería.

Tabla 54. Plan de mantenimiento para el ascensor – Todos los niveles. Fuente: Elaboración propia basada en Doc. 11 Manual de uso y mantenimiento

PRESCRIPCIONES
<ul style="list-style-type: none"> - Si alguna de las comprobaciones realizadas por el usuario fuese desfavorable y observase alguna otra anomalía en el funcionamiento del ascensor, deberá dejar éste fuera de servicio cortando el interruptor de alimentación de este, colocará en cada acceso carteles indicativos de “No Funciona” y avisará a la empresa conservadora. (“DOC.11 MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO”) - Si la anomalía observada es que puede abrirse una puerta de acceso al ascensor sin estar frente a ella el recinto, además del letrero de “No Funciona”, deberá dejarse fuera de servicio el ascensor y condenarse la puerta, impidiendo su apertura. - Cualquier deficiencia o abandono en la debida conservación de la instalación deberá denunciarse ante la Delegación de Industria correspondiente, a través del propietario o administrador del inmueble. - Deberá conservarse en buen estado el libro de registro de revisiones. - Siempre que se revisen las instalaciones (atención de avisos, engrases y ajustes, reparación o recambio de cualquier componente del conjunto), un instalador autorizado deberá reparar los defectos encontrados y reponer las piezas que así lo precisen. - Los elementos y equipos de la instalación deberán ser manipuladas única y exclusivamente por el personal de la empresa fabricante o por el servicio de mantenimiento contratado para tal efecto (empresa conservadora, autorizada por el ente pertinente). (“Manual de mantenimiento de edificio Martires”)

PROHIBICIONES

- No se utilizará el camarín por un número de personas superior al indicado en la placa de carga ni para una carga superior a la que figura en la misma.
- No se accionará el pulsador de alarma, salvo en caso de emergencia.
- No se hará uso indiscriminado del botón de parada, debiendo utilizarse únicamente en caso de emergencia.
- No se saltará ni se realizarán otros movimientos violentos.
- No se obstruirán las guías de la puerta.
- No se utilizará cuando, directa o indirectamente, se tenga conocimiento de que no reúne las debidas condiciones de seguridad.
- No se utilizará como montacargas, para evitar su deterioro.
- No se maltratarán sus acabados ni su botonera.
- No se obstaculizará el cierre de sus puertas.

MANTENIMIENTO

- **POR EL USUARIO**
 - o **Cada 6 meses:** Comprobación de:
 - El cumplimiento de las instrucciones de la empresa conservadora.
 - El buen funcionamiento del ascensor.
 - El correcto funcionamiento de las puertas.
 - La nivelación del camarín en todas las plantas.
 - Bajando a pie, se comprobará en todas las plantas que las puertas semiautomáticas no se pueden abrir sin que esté el camarín parado en esa planta.
- **POR EL PROFESIONAL CUALIFICADO**
 - o **Cada 6 meses:** Revisión y subsanación de los problemas que surjan en los ascensores eléctricos, al menos en los siguientes elementos:
 - Puertas de acceso y su enclavamiento.
 - Cable de tracción y sus amarres.
 - Grupo tractor y mecanismo de freno.
 - Paracaídas y limitador de velocidad.
 - Topes elásticos y amortiguadores.
 - Alarma y parada de emergencia.
 - Cabina y su acceso.
 - Contrapeso
 - Circuitos eléctricos de seguridad, señalización y maniobras que afecten a la seguridad.
 - Hueco del ascensor.
 - o Revisión y subsanación de los problemas que surjan en los ascensores hidráulicos, al menos en los siguientes elementos:
 - Puertas de acceso y su enclavamiento.
 - Cable de tracción, si lo hubiera, y sus amarres.
 - Grupo tractor.
 - Topes elásticos y amortiguadores.
 - Alarma y parada de emergencia.
 - Cabina y su acceso.
 - Circuitos eléctricos de seguridad, señalización y maniobras que afectan la seguridad.

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">▪ Hueco del ascensor.○ Cada 6 años:<ul style="list-style-type: none">▪ Inspección y comprobación de la instalación completa. (Arkarazo, 2013) |
|---|

Tabla 55. Prescripciones, prohibiciones y mantenimiento para edificios. Fuente: Elaboración propia basada en Doc. 11 Manual de uso y mantenimiento

11.1) VALORACIÓN FINANCIERA POR COSTOS DE MANTENIMIENTO

Al realizar un análisis de valoración financiera por costos de mantenimiento de un edificio que considera dos posibles sistemas estructurales, uno de concreto con cerramientos de bloques de concreto y otro edificio que considera un sistema estructural de acero con cerramientos livianos, los resultados y hallazgos pueden variar según los siguientes factores:

1. Costos iniciales: Es posible que el costo inicial de construcción de un edificio de acero sea mayor que el de un edificio de concreto, ya que los materiales de construcción de acero suelen ser más costosos. Sin embargo, el tiempo de construcción de un edificio de acero puede ser más corto, lo que puede compensar este aumento inicial de costos.
2. Costos de mantenimiento: En términos de costos de mantenimiento, el sistema estructural de acero puede requerir menos mantenimiento que el de concreto. El acero es más resistente a la corrosión y a la fatiga, y su mantenimiento puede ser menos costoso a largo plazo. Los cerramientos livianos también pueden ser más fáciles de mantener que los bloques de concreto
3. Vida útil: La vida útil de un edificio puede ser un factor importante en la decisión de elegir un sistema estructural sobre otro. Los edificios de concreto tienen una vida útil más larga que los edificios de acero, pero esto depende del clima y de la calidad del mantenimiento. Si se espera que el edificio tenga una vida útil corta, el sistema de acero puede ser una opción más económica.
4. Flexibilidad: La flexibilidad del edificio también puede ser un factor importante. Los edificios de acero pueden ser más fáciles de modificar o ampliar en el futuro, mientras que los edificios de concreto pueden requerir más trabajo y costos para hacer cambios estructurales.
5. Impacto ambiental: El impacto ambiental de un edificio también puede ser un factor importante en la decisión. El acero es un material reciclable, lo que puede ser beneficioso para el medio ambiente, mientras que el concreto no lo es tanto. Sin embargo, el proceso de fabricación de acero es más intensivo en energía que el proceso de fabricación de concreto.

Por lo tanto, los resultados y hallazgos de un análisis de valoración financiera por costos de mantenimiento de un edificio que considera dos posibles sistemas estructurales pueden variar según los factores mencionados anteriormente y otros factores específicos del proyecto. Por lo tanto, es importante realizar un análisis detallado de cada opción y considerar los costos a largo plazo, la vida útil del edificio, la flexibilidad y el impacto ambiental antes de tomar una decisión.

11.2) COSTO MENSUAL DE MANTENIMIENTO – EDIFICACIÓN ACTUAL

El costo de mantenimiento de la edificación actual se obtuvo a través de la empresa desarrolladora del Condominio Residencial Vertical Urban Flats. El costo que ellos establecen para el apartamento tipo A es de \$120.00 mensuales, este costo ha sido asignado por los metros cuadrados del apartamento, el cual tiene un área de 58.20 m² y agregando el espacio para estacionamiento, un total de 68.20 m².

Por lo tanto, se tiene que, el costo de mantenimiento por metro cuadrado de la edificación actual es de \$1.75 mensuales.

Costo de mantenimiento por metro cuadrado – Edificación actual			
<p>Condominio Urban Flats Estructura actual</p> 			
<p>Estructura actual: Marcos estructurales de concreto armado en los niveles de apartamentos, muros de retención en los dos niveles inferiores (estacionamientos), muros de carga en los tres niveles superiores (apartamentos) y una estructura de vigas de acero para el techo. Para los cerramientos exteriores se utiliza mampostería de bloques de concreto y para los cerramientos interiores se combina la mampostería de bloques de concreto y cerramientos livianos de Gypsum.</p>			
Determinación del costo – Edificación actual			
El costo de mantenimiento de la edificación actual se obtuvo a través de la empresa desarrolladora del Condominio Residencial Vertical Urban Flats.			
Costo mensual de mantenimiento para apartamento tipo "A"; este costo ha sido asignado por los metros cuadrados del apartamento	=	C.M.	m2 del apartamento "A"
		\$120.00	68.20
Por lo tanto, se tiene que, el costo de mantenimiento por m2 de los apartamentos en la edificación actual es de \$1.75		\$1.76	

Tabla 56. Determinación del costo de mantenimiento - Edificación Actual. Fuente: Elaboración propia

Costo mensual de mantenimiento / m2 - Edificación Actual							
Apartamento A: 68.20 m2	Espacio	Materiales de acabados principales			Área (m2)	Costo de mantenimiento/m2	Total c. m./m2
		Piso	Cielo	Paredes			
	Área de lavado	Porcelanato	Gypsum	Muros de bloque de concreto, repello fino + pintura	5.11	\$1.76	\$8.99
	Sala de estar				13.00	\$1.76	\$22.87
	Terraza				9.37	\$1.76	\$16.49
	Dormitorio				11.75	\$1.76	\$20.67
	Walking closet				4.68	\$1.76	\$8.23
	Cocina			Cerámica	8.16	\$1.76	\$14.36
	Baño			Porcelanato	6.14	\$1.76	\$10.80
Estacionamiento	Adoquín		Muros de bloque de concreto	10.00	\$1.76	\$17.60	
Total, de costo de mantenimiento por unidad habitacional						\$120.02	
Cantidad de unidades: Apartamento tipo "A"						18	
Costo de mantenimiento por el total de unidades habitacionales						\$2,160.32	

Tabla 57. Costo mensual de mantenimiento/m2 - Apartamento A (Edificación Actual). Fuente: Elaboración propia

Costo mensual de mantenimiento / m2 - Edificación Actual							
Apartamento B: 94.90 m2	Espacio	Materiales de acabados principales			Área (m2)	Costo de mantenimiento/m2	Total c. m./m2
		Piso	Cielo	Paredes			
	Área de lavado	Porcelanato	Gypsum	Muros de bloque de concreto, repello fino + pintura	3.20	\$1.76	\$5.63
	Sala de estar + comedor				18.61	\$1.76	\$32.74
	Terraza				13.95	\$1.76	\$24.55
	Dormitorio				17.42	\$1.76	\$30.65
	Walking closet				6.29	\$1.76	\$11.07
	Pasillo				6.17	\$1.76	\$10.86
	Cocina			Cerámica	12.81	\$1.76	\$22.54
Baño	Porcelanato			6.45	\$1.76	\$11.35	
Estacionamiento	Adoquín		Muros de bloque de concreto	10.00	\$1.76	\$17.60	

Total, de costo de mantenimiento por unidad habitacional	\$166.98
Cantidad de unidades: Apartamento tipo "B"	14
Costo de mantenimiento por el total de unidades habitacionales	\$2,337.71

Tabla 58. Costo mensual de mantenimiento/m2 - Apartamento B (Edificación Actual). Fuente: Elaboración propia

Costo mensual de mantenimiento / m2 - Edificación Actual							
Espacio	Materiales de acabados principales			Área (m2)	Costo de mantenimiento/m2	Total c. m./m2	
	Piso	Cielo	Paredes				
Apartamento C: 129.48 m2	Sala de estar + comedor	Porcelanato	Gypsum	Muros de bloque de concreto, repello fino + pintura	23.13	\$1.76	\$40.70
	Terrazas				13.41	\$1.76	\$23.60
	Dormitorio + walking closet (x2)				38.14	\$1.76	\$67.11
	Pasillo (pequeños vestíbulos)				7.17	\$1.76	\$12.62
	Cocina + área de lavado				12.71	\$1.76	\$22.36
	Baño (x2)		Porcelanato	14.86	\$1.76	\$26.15	
	Estacionamiento	Adoquín		Muros de bloque de concreto	20.00	\$1.76	\$35.19
Total, de costo de mantenimiento por unidad habitacional					\$227.72		
Cantidad de unidades: Apartamento tipo "B"					6		
Costo de mantenimiento por el total de unidades habitacionales					\$1,366.31		

Tabla 59. Costo mensual de mantenimiento/m2 - Apartamento C (Edificación Actual). Fuente: Elaboración propia

Costo de mantenimiento / m2 de apartamentos en el módulo "A" - Edificación Actual	
Total, mensual =	\$5,864.34
Total, anual =	\$70,372.08

Tabla 60. Costo de mantenimiento/m2 de apartamentos en el Módulo A - Edificación Actual. Fuente: Elaboración propia

11.2.1) COSTO MENSUAL DE MANTENIMIENTO – EDIFICACIÓN PROPUESTA

Para valorar el costo mensual por mantenimiento de la edificación propuesta se han considerado los siguientes aspectos:

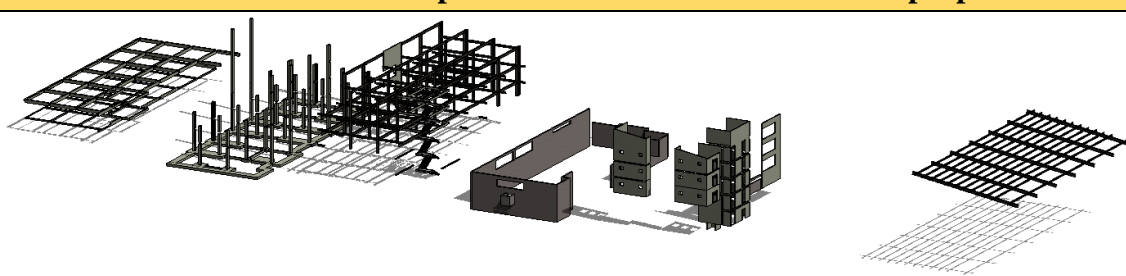
Costo de mantenimiento por metro cuadrado – Edificación propuesta

<p>Estructura actual: Sistema constructivo mixto que integra marcos y muros de carga de concreto armado junto con vigas, columnas y riostras de acero con conexiones apernadas y cerramientos de panelería de microconcreto y gypsum.</p>

Tabla 61. Determinación del costo de mantenimiento - Edificación Propuesta. Fuente: Elaboración propia

Determinación del costo - Edificación propuesta						
Para determinar el costo por mantenimiento de la edificación propuesta se tomará de base el costo por mantenimiento de la edificación actual más un 25%, el cual ha sido definido mediante la investigación realizada.						
Costo mensual de mantenimiento para apartamento tipo "A"; este costo ha sido asignado por los metros cuadrados del apartamento	=	Costo por mantenimiento (precio base de edificación actual)	por	% de aumento por estructura de acero	Igual a	m2 del apartamento "A"
		\$120.00		50%		\$180.00

PRECIO BASE PARA LA ESTRUCTURA DE ACERO	Por lo tanto, se tiene que, el costo de mantenimiento por m2 de los apartamentos en la edificación propuesta es de:	\$2.64
--	---	---------------

PRECIO REDUCIDO PARA LA ESTRUCTURA DE ACERO	Teniendo en cuenta que se ha hecho una propuesta de implementación de materiales alternativos, el costo base para la estructura de acero que han sido intervenidas tendrán una reducción del:	8%	\$2.44
--	---	----	---------------

Tabla 62. Costo mensual de mantenimiento/m2 - Módulo A (Edificación propuesta). Fuente: Elaboración propia





Costo mensual de mantenimiento / m2 - Edificación propuesta						
Espacio	Materiales de cabados principales			Área (m2)	Costo de mantenimiento/m2	Total c. m./m2
	Piso	Cielo	Paredes			
Área de lavado	Piso en loseta vinílica de lujo LVT Creation 55, 360 mm x 696 mm 	Cielo acústico con 80% de contenido reciclado, modelo SIERRA 	Cerramiento liviano paneles de microconcreto y gypsum  	5.11	\$2.44	\$12.48
Sala de estar				13.00	\$2.44	\$31.74
Dormitorio				11.75	\$2.44	\$28.69
Walking closet				4.68	\$2.44	\$11.43
Cocina				8.16	\$2.44	\$19.92
Baño				6.14	\$2.44	\$14.99
Terraza				Porcelanato		
Estacionamiento	Adoquín		Muros de bloque de concreto	10.00	\$1.76	\$17.60
Total de costo de mantenimiento por unidad habitacional						\$161.57
Cantidad de unidades: Apartamento tipo "A"						18
Costo de mantenimiento por el total de unidades habitacionales						\$2,908.18

Tabla 63. Costo mensual de mantenimiento/m2 - Apartamento A (Edificación propuesta). Fuente: Elaboración propia





Costo mensual de mantenimiento / m2 - Edificación propuesta									
Espacio	Materiales de cabados principales			Área (m2)	Costo de mantenimiento/m2	Total c. m./m2			
	Piso	Cielo	Paredes						
Costo mensual de mantenimiento / m2 - Edificación propuesta									
Espacio	Materiales de cabados principales			Área (m2)	Costo de mantenimiento/m2	Total c. m./m2			
Sala de estar + comedor	Piso en loseta vinílica de lujo LVT Creation 55, 360 mm x 696 mm 	Cielo acústico con 80% de contenido reciclado, modelo SIERRA 	Cerramiento liviano paneles de microconcreto y gypsum  	23.13	\$2.44	\$56.47			
Dormitorio + walking closet (x2)				38.14	\$2.44	\$93.11			
Pasillo (pequeños vestíbulos)				7.17	\$2.44	\$17.50			
Cocina + área de lavado				12.71	\$2.44	\$31.03			
Baño (x2)				14.86	\$2.44	\$36.28			
Terrazas				Porcelanato			13.41	\$2.64	\$35.39
Estacionamiento				Adoquín		Muros de bloque de concreto	20.00	\$1.76	\$35.20
Total de costo de mantenimiento por unidad habitacional						\$204.00			
Costo de mantenimiento por el total de unidades habitacionales						\$1,829.92			

Tabla 64. Costo mensual de mantenimiento/m2 - Apartamento B (Edificación propuesta). Fuente: Elaboración propia

Tabla 65. Costo mensual de mantenimiento/m2 - Apartamento C (Edificación propuesta). Fuente: Elaboración propia

Costo de mantenimiento / m2 de apartamentos en el módulo "A" - Edificación propuesta

Tabla 66. Costo de mantenimiento/m2 de apartamentos en el Módulo A - Edificación Propuesta.
Fuente: Elaboración propia

11.2.2) VARIACIÓN DEL COSTO DE MANTENIMIENTO / M² ENTRE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Variación del costo de mantenimiento / m2 de apartamentos en el módulo "A"		
	Edificación actual	Edificación propuesta
Total, mensual	\$5,864.34	\$8,086.51
Total, anual	\$70,372.08	\$97,038.08

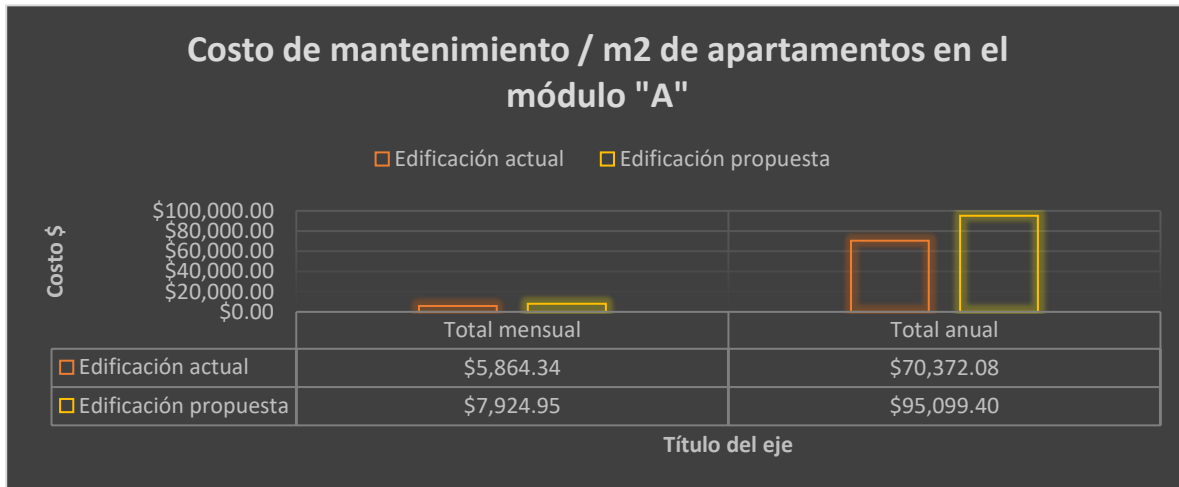


Gráfico 28. Tabla y gráfico de Costos de mantenimiento/m2 de apartamentos en el módulo "A". Fuente: Elaboración propia

11.3) HALLAZGOS Y CONCLUSIONES SOBRE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO

11.3.1) HALLAZGOS

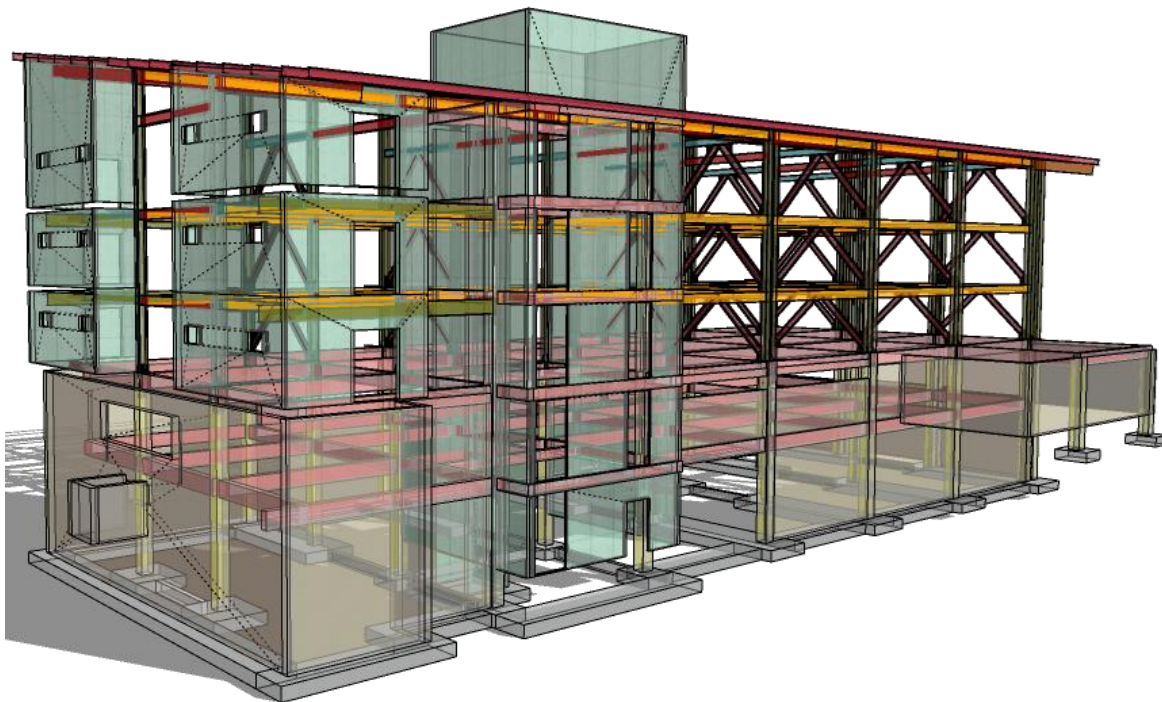
1. Es importante determinar la vida útil de las edificaciones para saber cuánto tiempo se pueden utilizar sin comprometer su seguridad y estabilidad estructural, y para planificar futuras necesidades de mantenimiento o reparación.
2. La vida útil de un edificio de concreto armado y un edificio basado en estructura metálica con uniones apernadas puede verse afectada por distintos factores, como la corrosión de las armaduras de acero incrustadas en el concreto o la corrosión en las zonas de unión de los elementos metálicos.
3. Conocer las particularidades de cada tipo de estructura permite tomar decisiones informadas sobre qué opción es mejor para construir en un determinado contexto o situación.
4. La edificación actual y la propuesta tienen la misma vida útil de 70 años y utilizan materiales similares para su estructura, paredes, techos, entresijos y pisos.
5. El valor de la edificación actual y la propuesta es de \$765,000 por metro cuadrado según el Manual de Valores Base Unitarios por Tipología Constructiva.
6. La gestión de costos de mantenimiento es importante para garantizar que el mantenimiento del edificio de apartamentos se realice de manera eficiente y rentable, con el objetivo de mantener el edificio en buenas condiciones, aumentar su vida útil y proporcionar un ambiente seguro y saludable para los residentes.
7. En el caso de un edificio basado en un sistema estructural de concreto, el mantenimiento se centraría en el control de las grietas, la humedad y el desgaste de las superficies de concreto, mientras que en el caso de un edificio basado en un sistema estructural de columnas y vigas de acero con cerramientos livianos, el mantenimiento se centraría en la revisión periódica de las uniones apernadas y la reparación o reemplazo de las piezas dañadas o desgastadas.
8. El plan de mantenimiento debe establecer el tipo de trabajos de mantenimiento a llevar a cabo, la lista de los puntos que requieran un mantenimiento particular, el alcance, la realización y la periodicidad de los trabajos de conservación, y un programa de revisiones.

11.3.2) CONCLUSIONES

1. El cambio de sistema estructural de concreto a acero con cerramientos livianos aumentó el costo de mantenimiento del edificio propuesto en comparación con el edificio actual.
2. El aumento del costo de mantenimiento del edificio propuesto en comparación con el edificio actual fue del 37.9%.
3. La elección del sistema estructural de un edificio puede influir significativamente en su costo de mantenimiento a largo plazo.
4. Es esencial realizar un análisis detallado de los costos de mantenimiento de un edificio antes de decidir sobre el sistema estructural a utilizar para minimizar los costos a largo plazo.
5. La determinación del costo de mantenimiento de un edificio implica varios factores, como los componentes del edificio que requieren mantenimiento, la frecuencia de mantenimiento, el costo de los materiales y la mano de obra, y los costos indirectos.
6. Es fundamental considerar que el costo de mantenimiento de un edificio puede variar significativamente según el tipo de edificio, su ubicación, la edad del edificio y su uso, por lo que es necesario realizar un análisis detallado para determinar su costo de mantenimiento específico.

CAPÍTULO 12 - EVALUACIÓN FINAL MEDIANTE EL MODELO MULTICRITERIO

12.1) EVALUACIÓN FINAL – EDIFICACIÓN PROPUESTA



A continuación, se presenta el peso relativo de la Matriz Multicriterio final, la cual, ha evaluado bajo los mismo parámetros tanto la propuesta de cambio del sistema estructural como anteriormente se hizo con la edificación y sistema estructural existente, un sistema de muro, columnas y vigas de concreto armado. Cabe aclarar que desde un inicio, los parámetros de evaluación buscan ser de carácter neutro y objetivo al momento de evaluar si realmente ha habido una mejora o no, y no simplemente favorecer o forzar un puntaje en el proyecto de investigación aplicada. Una mejor perspectiva a las conclusiones y contrastes de ambos sistemas estructurales podrá ser encontrado en el siguiente capítulo.

Los resultados de la evaluación se han resumido en este documento y por tal motivo se presentan únicamente las cuatro variables principales de cada uno de los componentes de sostenibilidad, el físico-ambiental, sociocultural y económico-financiero. De la misma manera, luego de presentar las tablas finales del Modelo Multicriterio, se realiza una serie de conclusiones que basadas únicamente con los resultados de este peso relativo.

La evaluación completa ha tenido un 15.58% de mejora en comparación a la primera evaluación. Para una mejor comprensión de todos los aspectos que han sido de vital importancia para alcanzar dicha mejora, se recomienda la revisión de estos, la Matriz del Modelo Multicriterio que se utilizó para este análisis contiene 46 variables de evaluación físico-ambientales, 21 variables de evaluación socioculturales y 32 variables de evaluación económico-financieras, estas tablas se incluyen como anexo en un archivo Excel en un CD que acompaña este documento físico.

TABLA MULTICRITERIO PARA EVALUACION DE PROYECTO: CONDOMINIO RESIDENCIAL VERTICAL "URBAN FLATS" (Versión PROPUESTA)					
TABLA RESUMEN: PESO RELATIVO					
Físico - Ambiental					
SUBCOMPONENTES	No	VARIABLE	ESTADOS	Puntos	PUNTAJE Obtenido
Aspectos físico espaciales	1	Ubicación del proyecto: emplazamiento y aprovechamiento de recursos bioclimáticos	Se presenta un análisis del emplazamiento que refleje el balance entre el recorrido solar y la dirección del viento que beneficia al 100% de los espacios	3	3
			Se presenta un análisis del emplazamiento que refleje el balance entre el recorrido solar y la dirección del viento que beneficia al 75% de los espacios	2	
			Se presenta un análisis del emplazamiento que refleje el balance entre el recorrido solar y la dirección del viento que beneficia al 50% de los espacios	1	
			Se presenta un análisis del emplazamiento que refleje el balance entre el recorrido solar y la dirección del viento que beneficia al 25% de los espacios	0	
	2	Impacto al entorno por la duración de la etapa constructiva	La construcción del edificio se efectúa en 6 meses o menos	3	3
			La construcción del edificio se efectúa entre 6 - 9 meses	2	
			La construcción del edificio se efectúa entre 9 - 12 meses	1	
			La construcción del edificio se efectúa en un periodo mayor a 12 meses	0	
Aspectos energéticos	3	Selección de materiales de baja energía embebida	(madera cultivada, bloque concreto, mosaico) Sistema artesanal	3	2
			(concreto, madera cultivada -vidrio, cerámica) Semi artesanal	2	
			(concreto, vidrio endurecido, acero, porcelanatos) Media tecnología	1	
			(acero inoxidable, enchapes de aluminio y otros, vidrio endurecido, porcelanatos y otros) Alta tecnología	0	
Constructividad (Materiales y sistemas constructivos)	4	Metálicos: -Aluminio -Acero -Cobre -Hierro	Más del 75% de los elementos metálicos utilizados en el proyecto constan de metales con menor factor de energía embebida y el uso general de los elementos metálicos se hace de manera racionalizada en la estructura principal y secundaria, evitándolos en acabados.	3	3
			Más del 50% de los elementos metálicos utilizados en el proyecto constan de metales con menor factor de energía embebida y el uso general de los elementos metálicos se hace de manera racionalizada en la estructura principal y secundaria, evitándolos en acabados.	2	
			Más del 25% de los elementos metálicos utilizados en el proyecto constan de metales con menor factor de energía embebida y el uso general de los elementos metálicos se hace de manera racionalizada en la estructura principal y secundaria, evitándolos en acabados.	1	
			Menos del 25% de los elementos metálicos utilizados en el proyecto constan de metales con menor factor de energía embebida y el uso general de los elementos metálicos se hace de manera racionalizada en la estructura principal y secundaria, evitándolos en acabados.	0	
	4			12	11

CUADRO RESUMEN		Unidad
Total de variables Físico Ambientales	4	variables
Total de puntos alcanzables	12	puntos
Total de puntos obtenidos	11	puntos
Valor porcentual	91.67	%

Tabla 67. Evaluación mediante el Modelo Multicriterio Edificación Propuesta - Peso relativo: Físico-Ambiental. Fuente: Elaboración propia

TABLA MULTICRITERIO PARA EVALUACION DE PROYECTO: CONDOMINIO RESIDENCIAL VERTICAL "URBAN FLATS" (Versión ACTUAL)					
TABLA RESUMEN: PESO RELATIVO					
FÍSICO - AMBIENTAL					
SUBCOMPONENTES	No	VARIABLE	ESTADOS	Puntos	PUNTAJE Obtenido
Aspectos físico espaciales	1	Ubicación del proyecto: emplazamiento y aprovechamiento de recursos bioclimáticos	Se presenta un análisis del emplazamiento que refleje el balance entre el recorrido solar y la dirección del viento que beneficia al 100% de los espacios	3	3
			Se presenta un análisis del emplazamiento que refleje el balance entre el recorrido solar y la dirección del viento que beneficia al 75% de los espacios	2	
			Se presenta un análisis del emplazamiento que refleje el balance entre el recorrido solar y la dirección del viento que beneficia al 50% de los espacios	1	
			Se presenta un análisis del emplazamiento que refleje el balance entre el recorrido solar y la dirección del viento que beneficia al 25% de los espacios	0	
	2	Impacto al entorno por la duración de la etapa constructiva	La construcción del edificio se efectúa en 6 meses o menos	3	3
			La construcción del edificio se efectúa entre 6 - 9 meses	2	
			La construcción del edificio se efectúa entre 9 - 12 meses	1	
			La construcción del edificio se efectúa en un periodo mayor a 12 meses	0	
Aspectos energéticos	3	Selección de materiales de baja energía embebida	(madera cultivada, bloque concreto, mosaico) Sistema artesanal	3	2
			(concreto, madera cultivada -vidrio, cerámica) Semi artesanal	2	
			(concreto, vidrio endurecido, acero, porcelanatos) Media tecnología	1	
			(acero inoxidable, enchapes de aluminio y otros, vidrio endurecido, porcelanatos y otros) Alta tecnología	0	
Constructividad (Materiales y sistemas constructivos)	4	Metálicos: -Aluminio -Acero -Cobre -Hierro	Más del 75% de los elementos metálicos utilizados en el proyecto constan de metales con menor factor de energía embebida y el uso general de los elementos metálicos se hace de manera racionalizada en la estructura principal y secundaria, evitándolos en acabados.	3	3
			Más del 50% de los elementos metálicos utilizados en el proyecto constan de metales con menor factor de energía embebida y el uso general de los elementos metálicos se hace de manera racionalizada en la estructura principal y secundaria, evitándolos en acabados.	2	
			Más del 25% de los elementos metálicos utilizados en el proyecto constan de metales con menor factor de energía embebida y el uso general de los elementos metálicos se hace de manera racionalizada en la estructura principal y secundaria, evitándolos en acabados.	1	
			Menos del 25% de los elementos metálicos utilizados en el proyecto constan de metales con menor factor de energía embebida y el uso general de los elementos metálicos se hace de manera racionalizada en la estructura principal y secundaria, evitándolos en acabados.	0	
	4			12	4

Comparación resultados iniciales - Edificación Actual

Cuadro Resumen		Unidad
Total de variables Físico Ambientales	4	variables
Total de puntos alcanzables	12	puntos
Total de puntos obtenidos	4	puntos
Valor porcentual	33.33	%

SOCIO - CULTURAL

SUBCOMPONENTES	No	VARIABLE	ESTADOS	Puntos	PUNTAJE Obtenido
Aspectos psicosociales	1	Fomentar la conciencia ambiental, protección y recuperación de entornos naturales de la comunidad	Participación activa y con iniciativas en el fomento de la conciencia ambiental, protección y recuperación de entornos naturales en la comunidad	3	3
			Participación pasiva en el fomento de la conciencia ambiental, protección y recuperación de entornos naturales en la comunidad	2	
			Participación pasiva en el fomento de la conciencia ambiental	1	
			No se fomenta la conciencia ambiental, protección y recuperación de entornos naturales en la comunidad	0	
	2	Adaptabilidad e integración armónica al perfil urbano y tipologías arquitectónicas existentes	Buena integración: Diseño, texturas y materiales acorde con el perfil urbano	3	3
			Mediana integración	2	
			Poca integración	1	
			El edificio no presenta un diseño, texturas ni materiales acordes al perfil	0	
	3	Espacios dentro del proyecto para el desarrollo de actividades sociales, culturales, de relajación (pasivas)	El proyecto cuenta con tres o mas espacios para estas actividades	3	3
			El proyecto cuenta con dos espacios para estas actividades	2	
			El proyecto cuenta con un espacios para estas actividades	1	
			El proyecto no ofrece ningún espacio para desarrollar estas actividades	0	
Función	4	Perturbación del entorno social durante la construcción (Contaminación del suelo y aire, contaminación visual y sónica)	El proceso constructivo produce una perturbación mínima al entorno social, además, los tiempos de construcción son mínimos debido al sistema implementado	3	3
			El proceso constructivo produce una perturbación media al entorno social, además, los tiempos de construcción son medios debido al sistema implementado	2	
			El proceso constructivo produce una perturbación alta al entorno social, sin embargo, los tiempos de construcción son mínimos debido al sistema implementado	1	
			El proceso constructivo produce una perturbación alta al entorno social, además, los tiempos de construcción son altos debido al sistema implementado	0	
4				12	12

CUADRO RESUMEN		Unidad
Total de variables Socio Culturales	4	variables
Total de puntos alcanzables	12	puntos
Total de puntos obtenidos	12	puntos
Valor porcentual	100.00%	

Tabla 68. Evaluación mediante el Modelo Multicriterio Edificación Propuesta - Peso relativo: Socio-Cultural. Fuente: Elaboración propia

Comparación resultados iniciales - Edificación Actual

SOCIO - CULTURAL					
SUBCOMPONENTES	No	VARIABLE	ESTADOS	Puntos	PUNTAJE Obtenido
Aspectos psicosociales	1	Fomentar la conciencia ambiental, protección y recuperación de entornos naturales de la comunidad	Participación activa y con iniciativas en el fomento de la conciencia ambiental, protección y recuperación de entornos naturales en la comunidad	3	3
			Participación pasiva en el fomento de la conciencia ambiental, protección y recuperación de entornos naturales en la comunidad	2	
			Participación pasiva en el fomento de la conciencia ambiental	1	
			No se fomenta la conciencia ambiental, protección y recuperación de entornos naturales en la comunidad	0	
	2	Adaptabilidad e integración armónica al perfil urbano y tipologías arquitectónicas existentes	Buena integración: Diseño, texturas y materiales acorde con el perfil urbano	3	3
			Mediana integración	2	
			Poca integración	1	
			El edificio no presenta un diseño, texturas ni materiales acordes al perfil	0	
	3	Espacios dentro del proyecto para el desarrollo de actividades sociales, culturales, de relajación (pasivas)	El proyecto cuenta con tres o mas espacios para estas actividades	3	3
			El proyecto cuenta con dos espacios para estas actividades	2	
			El proyecto cuenta con un espacios para estas actividades	1	
			El proyecto no ofrece ningún espacio para desarrollar estas actividades	0	
Función	4	Perturbación del entorno social durante la construcción (Contaminación del suelo y aire, contaminación visual y sónica)	El proceso constructivo produce una perturbación mínima al entorno social, además, los tiempos de construcción son mínimos debido al sistema implementado	3	0
			El proceso constructivo produce una perturbación media al entorno social, además, los tiempos de construcción son medios debido al sistema implementado	2	
			El proceso constructivo produce una perturbación alta al entorno social, sin embargo, los tiempos de construcción son mínimos debido al sistema implementado	1	
			El proceso constructivo produce una perturbación alta al entorno social, además, los tiempos de construcción son altos debido al sistema implementado	0	
4				12	9

CUADRO RESUMEN		Unidad
Total de variables Socio Culturales	4	variables
Total de puntos alcanzables	12	puntos
Total de puntos obtenidos	9	puntos
Valor porcentual	75.00%	

ECONÓMICO - FINANCIERO

SUBCOMPONENTES	No	VARIABLE	ESTADOS	Puntos	PUNTAJE Obtenido
La constructividad	Manejo y montaje	Velocidad de ensamble de los elementos constructivos	El sistema constructivo cuenta con piezas de fácil ensamble (no se necesita mano de obra muy calificada)	3	3
			El sistema constructivo cuenta con piezas de ensamble complejas (se necesita mano de obra calificada)	2	
			El sistema constructivo no cuenta con piezas de ensamble eficientes, aunque no se necesite mano de obra muy calificada	1	
			El sistema constructivo es artesanal o conlleva mucho tiempo entre fases constructivas	0	
	Uso adecuado de materiales	Se utilizan sistemas constructivos livianos no estructurales que representan reducción de peso de la edificación kg/m2	Se presenta evidencia documental de que la edificación ha sido diseñada con sistemas constructivos con pesos menores a 90kg/m2 en al menos tres de los siguientes componentes: cubiertas, cerramientos, divisiones internas	3	3
			Se presenta evidencia documental de que la edificación ha sido diseñada con sistemas constructivos con pesos menores a 90kg/m2 en al menos dos de los siguientes componentes: cubiertas, cerramientos, divisiones internas	2	
			Se presenta evidencia documental de que la edificación ha sido diseñada con sistemas constructivos con pesos menores a 90kg/m2 en al menos uno de los siguientes componentes: cubiertas, cerramientos, divisiones internas	1	
			No se presenta evidencia documental de que la edificación ha sido diseñada con sistemas constructivos con pesos menores a 90kg/m2 en alguno de los siguientes componentes: cubiertas, cerramientos, divisiones internas	0	
Costos	Construcción	Constructibilidad - Resolución e inclusión de conceptos constructivos en la fase de diseño de planos, planificación, estandarización, modulación, uso adecuado de materiales	a- Estricta conceptualización y manejo de la técnica constructiva	3	3
			b- Buena conceptualización y manejo de técnica constructiva	2	
			c- Regular conceptualización y aceptable manejo de técnica constructiva	1	
			d- Mala conceptualización y mala manejo de técnica constructiva	0	
El grado tecnológico del proceso	Materiales de bajo consumo energético	Inversión en materiales producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de invernadero, u otro criterio de sostenibilidad	Al menos el 50% de los materiales han sido producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de invernadero, u otro criterio de sostenibilidad	3	3
			Al menos el 40% de los materiales han sido producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de invernadero, u otro criterio de sostenibilidad	2	
			Al menos el 30% de los materiales han sido producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de invernadero, u otro criterio de sostenibilidad	1	
			Menos del 30% de los materiales han sido producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de invernadero, u otro criterio de sostenibilidad	0	
	4			12	12

CUADRO RESUMEN		Unidad
Total de variables Economico Financieras	4	variables
Total de puntos alcanzables	12	puntos
Total de puntos obtenidos	12	puntos
Valor porcentual	100.00%	%

Tabla 69. Evaluación mediante el Modelo Multicriterio Edificación Propuesta - Peso relativo: Económico-Financiero. Fuente: Elaboración propia

Comparación resultados iniciales - Edificación Actual

ECONÓMICO - FINANCIERO					
SUBCOMPONENTES	No	VARIABLE	ESTADOS	Puntos	PUNTAJE Obtenido
La constructividad	Manejo y montaje	Velocidad de ensamble de los elementos constructivos	El sistema constructivo cuenta con piezas de fácil ensamble (no se necesita mano de obra muy calificada)	3	0
			El sistema constructivo cuenta con piezas de ensamble complejas (se necesita mano de obra calificada)	2	
			El sistema constructivo no cuenta con piezas de ensamble eficientes, aunque no se necesite mano de obra muy calificada	1	
			El sistema constructivo es artesanal o conlleva mucho tiempo entre fases constructivas	0	
	Uso adecuado de materiales	Se utilizan sistemas constructivos livianos no estructurales que representan reducción de peso de la edificación kg/m2	Se presenta evidencia documental de que la edificación ha sido diseñada con sistemas constructivos con pesos menores a 90kg/m2 en al menos tres de los siguientes componentes: cubiertas, cerramientos, divisiones internas	3	1
			Se presenta evidencia documental de que la edificación ha sido diseñada con sistemas constructivos con pesos menores a 90kg/m2 en al menos dos de los siguientes componentes: cubiertas, cerramientos, divisiones internas	2	
			Se presenta evidencia documental de que la edificación ha sido diseñada con sistemas constructivos con pesos menores a 90kg/m2 en al menos uno de los siguientes componentes: cubiertas, cerramientos, divisiones internas	1	
			No se presenta evidencia documental de que la edificación ha sido diseñada con sistemas constructivos con pesos menores a 90kg/m2 en alguno de los siguientes componentes: cubiertas, cerramientos, divisiones internas	0	
Costos	Construcción	Constructibilidad - Resolución e inclusión de conceptos constructivos en la fase de diseño de planos, planificación, estandarización, modulación, uso adecuado de materiales	a- Estricta conceptualización y manejo de la técnica constructiva	3	2
			b- Buena conceptualización y manejo de técnica constructiva	2	
			c- Regular conceptualización y aceptable manejo de técnica constructiva	1	
			d- Mala conceptualización y mala manejo de técnica constructiva	0	
El grado tecnológico del proceso	Materiales de bajo consumo energético	Inversión en materiales producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de invernadero, u otro criterio de sostenibilidad	Al menos el 50% de los materiales han sido producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de invernadero, u otro criterio de sostenibilidad	3	3
			Al menos el 40% de los materiales han sido producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de invernadero, u otro criterio de sostenibilidad	2	
			Al menos el 30% de los materiales han sido producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de invernadero, u otro criterio de sostenibilidad	1	
			Menos del 30% de los materiales han sido producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de invernadero, u otro criterio de sostenibilidad	0	
	4			12	6

CUADRO RESUMEN		Unidad
Total de variables Economico Financieras	4	variables
Total de puntos alcanzables	12	puntos
Total de puntos obtenidos	6	puntos
Valor porcentual	50.00%	%

	Puntos	Peso Relativo
RESULTADO	4	21.05%
IDENTIDAD DEL PROYECTO, ENTORNO Y TRANSPORTE	0	0.00%
CONFIGURACIÓN DEL EDIFICIO Y BIENESTAR ESPACIAL	0	0.00%
SUSTENTABILIDAD	4	21.05%
Total	19	100.00%

TALLER DE CONSTRUCCION: Edificaciones y sus Materiales	
Profesor: Arq. Rudy Piedra	Ciclo 2019-I
Alumno: Arq. Mario Clemente	

TABLA MULTICRITERIO FINAL	FASE III: VALIDACIÓN
Proyecto evaluado: CONDOMINO RESIDENCIAL VERTICAL "URBAN FLATS" - PROPUESTA	
Distrito Pozos de Santa Ana, San José, Costa Rica	

	CUADRO RESUMEN		Resultado
	Total de criterios de sostenibilidad Físico - Ambiental	Unidad	
FISICO - AMBIENTAL	Total de puntos alcanzables	46 variables	95.65%
	Total de puntos obtenidos	139 puntos	
	Valor porcentual	132 puntos	
		95.65% / %	
SOCIO - CULTURAL	Total de criterios de sostenibilidad Socio - Cultural	21 variables	95.24%
	Total de puntos alcanzables	63 puntos	
	Total de puntos obtenidos	60 puntos	
	Valor porcentual	95.24% / %	
ECONÓMICO - FINANCIERO	Total de criterios de sostenibilidad Económico - Financiero	32 variables	90.63%
	Total de puntos alcanzables	96 puntos	
	Total de puntos obtenidos	87 puntos	
	Valor porcentual	90.63% / %	

RESULTADOS PUNTUALES ALCANZADOS

FÍSICO - AMBIENTAL	95.65%
SOCIO - CULTURAL	95.24%
ECONÓMICO - FINANCIERO	90.63%

Tabla 70. Tabla resumen de la evaluación mediante el Modelo Multicriterio Edificación Propuesta. Fuente: Elaboración propia

La evaluación final con el Modelo Multicriterio nos indica que la nueva propuesta posee unas excelentes posibilidades de éxito con un 93.79%, lo cual demuestra una mejora más que significativa con el cambio del sistema estructural de concreto a un sistema estructural mixto, utilizando estructura de acero como enfoque principal para los apartamentos.

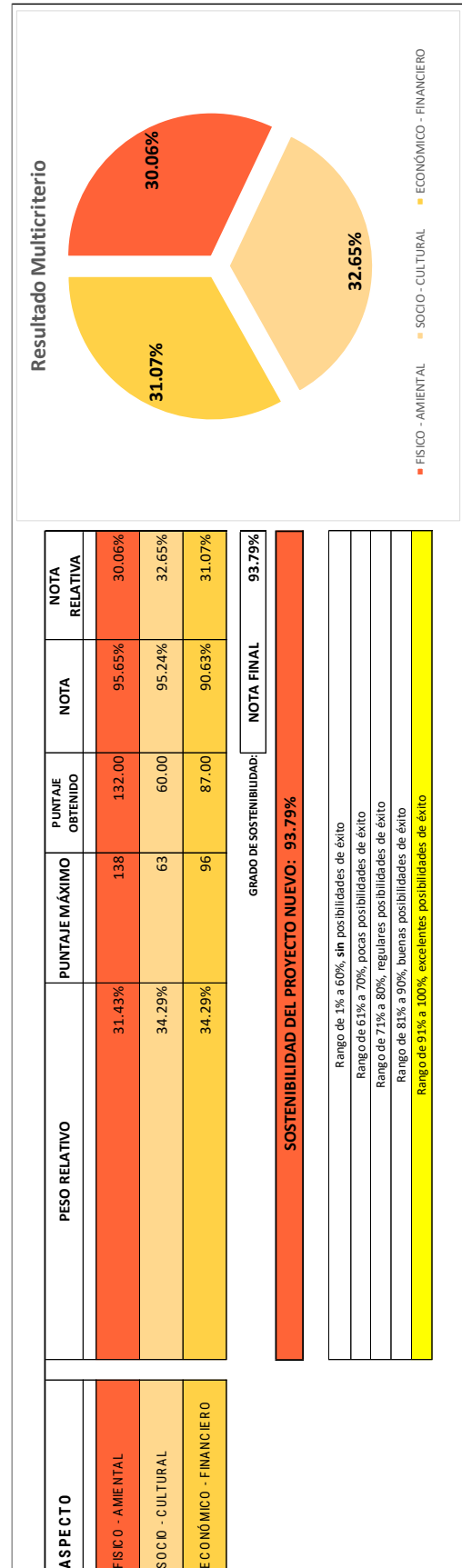


Tabla 71. Resultado final: Probabilidades de éxito de la Edificación Propuesta. Fuente: Elaboración propia

12.2) CONCLUSIONES DEL MODELO MULTICRITERIO FINAL

Geometría y emplazamiento: Desde un inicio se conoce que la ubicación del proyecto, su emplazamiento y su diseño geométrico aprovecha en la mayoría de sus aposentos los recursos bioclimáticos, logrando de esta manera un balance entre el recorrido solar y la dirección del viento.

Velocidad de construcción: El edificio se puede llegar a construir en un plazo de 6 meses o menos mediante la implementación de un sistema estructural basado en columnas y vigas de acero arriostradas, por componentes y uniones apernados, además, el impacto al entorno por la duración de la etapa constructiva se reduce considerablemente.

Impacto ambiental del sistema estructural propuesto: Los materiales utilizados en la estructura principal presentan un ventaja y una desventaja, por un lado, el acero posee una energía embebida mayor que el concreto, y por el otro, se podría decir que la mayoría del acero puede llegar a reutilizarse al cumplir con su vida útil en el edificio, especialmente por ser una estructura desmontable. En cuanto a los materiales en acabados, se ha buscado implementar más del 75% de elementos metálicos que poseen un menor factor de energía embebida, y su uso general se ha hecho de manera racionalizada en la estructura principal y secundaria, evitándolos en los acabados.

Apariencia de la edificación: El proyecto se integra de manera armónica al perfil urbano y las tipologías arquitectónicas existentes, su diseño busca conservar en la medida de lo posible la forma del terreno natural y mediante su diseño, hace uso de texturas y materiales que se integran con la naturaleza existente en el sitio.

Etapas constructiva: Gracias a que el proceso constructivo de una estructura de acero apernada es más rápido que un sistema basado completamente en concreto, se consigue una perturbación del entorno social durante la construcción, afectando menos los suelos y el aire, y reduciendo la contaminación visual y sónica que se podría generar en un proceso convencional y de mayor duración.

Costos directos e indirectos en etapas de diseño y etapa constructiva: el sistema constructivo cuenta con piezas de fácil ensamble (no necesita mano de obra muy calificada) y la velocidad de ensamble de los elementos constructivos no se ve afectada. Otro aspecto por tener en cuenta es que, se utilizan sistemas constructivos livianos no estructurales que representan una reducción de peso de la edificación, los cuales poseen pesos menores a 90 kg/m² en cubiertas, cerramientos y divisiones, esto reduce las cargas requeridas de diseño.

Ventajas del sistema estructural en la etapa de coordinación: Al ser un sistema estructural de alta precisión en su etapa de diseño, se debe tener una estricta conceptualización y manejo de la técnica constructiva, esto hace vital la resolución e inclusión de conceptos constructivos en la fase de diseño de planos, planificación, estandarización, modulación y el uso adecuado de materiales, no sólo a nivel del sistema estructural sino también en cuanto diseños eléctricos, mecánicos, aire acondicionado y datos.

Sostenibilidad: Al menos el 50% de los materiales ha sido producidos bajo estándares de bajo consumo energético, de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y criterios de sostenibilidad.

CAPÍTULO 13 - CONCLUSIONES

13.1) CONCLUSIONES

Cuando hablamos de las posibilidades de éxito de un proyecto, esto significa que existen condiciones favorables para que se logre el objetivo o meta prevista. Sin embargo, no se garantiza que el éxito sea seguro, pero se sugiere que hay factores que pueden favorecer su logro. Las posibilidades de éxito se basan en una evaluación de los factores que pueden influir en el resultado y en una valoración de las fortalezas y debilidades del proyecto, plan o acción. En general, mientras mayor sea el número de factores favorables y menor el número de obstáculos, mayores serán las posibilidades de éxito. Sin embargo, siempre hay cierto grado de incertidumbre y riesgo asociado con cualquier proyecto, por lo que es importante evaluar cuidadosamente todas las variables que puedan influir en el resultado final.

Luego de realizada la investigación, la propuesta final resultó en un sistema constructivo mixto que integra marcos y muros de carga de concreto armado junto con vigas, columnas y riostras de acero con conexiones apernadas y cerramientos de panelería de microconcreto y gypsum, el cual posee una huella de carbono levemente mayor que la propuesta actual, se logró reducir la energía embebida en los materiales, establecer un plan de mantenimiento que podría extender la vida útil de la edificación tanto como una estructura de concreto, sin embargo, esto conlleva costos más elevados en mantenimiento, pero que al final logra incrementar sus posibilidades de éxito según el Modelo Multicriterio llevándolo de un 78.21%, hasta una nota final de 93.79%, dejándolo así con excelentes posibilidades de éxito.

13.1.1) SISTEMA ESTRUCTURAL

La implementación del sistema estructural metálico prefabricado tipo “mecano” por componentes y pernos conlleva rangos de error milimétricos, es por ello por lo que, una etapa de diseño mayor será necesaria para asegurar la eficiencia en obra. A su vez, al tener un tiempo menor en construcción se reducen los gastos indirectos de obra y el impacto al entorno colindante (ruido, volúmenes de desperdicio, gases y polvo) es menor durante esta etapa.

1. **CONSERVACIÓN PARCIAL DE LA ESTRUCTURA DE CONCRETO:** Un sistema estructural mixto que combina elementos de concreto y acero es más adecuado que un sistema que utiliza solo marcos de acero en zonas altamente sísmicas y terrenos accidentados.
 - a. El concreto es un material resistente y adecuado para soportar cargas pesadas y distribuir las de manera uniforme, así como para resistir los efectos de los terremotos.
 - b. El acero es resistente a la tracción y al corte, ideal para formar elementos estructurales y resistir tensiones y deformaciones.
 - c. La combinación de concreto y acero permite aprovechar las ventajas de ambos materiales y proporcionar una mayor seguridad y estabilidad a la estructura, así como una mayor flexibilidad en el diseño y adaptación a las condiciones específicas del terreno.
 - d. La propuesta de intervención busca optimizar la estructura sin perder su estabilidad y seguridad, conservando la mayoría de los elementos existentes y reemplazando solo aquellos que necesitan ser mejorados.
2. **TIPOS DE CONEXIONES:** La elección del tipo de rigidez necesaria para un edificio de apartamentos depende de varios factores, como la altura del edificio, la ubicación geográfica y las cargas que se esperan que soporte la estructura. En el caso de un edificio que tiene los primeros

dos niveles de estacionamiento con una estructura de concreto armado y los próximos tres niveles con una estructura de acero, la elección del tipo de conexión dependerá de la estructura específica del edificio y las cargas que se esperan que soporte. Si se deben utilizar únicamente uniones apernadas, entonces la conexión de brida es la más rígida y puede ser deseable en ciertas partes de la estructura, como las uniones entre la estructura de acero y los muros y columnas de concreto. Sin embargo, en otras partes de la estructura, una conexión más flexible puede ser más adecuada para permitir la expansión térmica y reducir las tensiones en las zonas de unión. Es importante consultar con ingenieros estructurales y de construcción capacitados y con experiencia en la construcción de edificios de apartamentos para tomar una decisión informada y segura en cuanto al tipo de rigidez y conexión que se debe utilizar en la construcción del edificio.

3. **PLANIFICACIÓN DURANTE LAS ETAPAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN:** Durante la fase de diseño, se deben evaluar y diseñar cada uno de los componentes estructurales, incluyendo los conectores (pernos, tornillos, clavijas y placas), para asegurar que cumplan con las cargas requeridas y las condiciones de servicio. Si un componente no está diseñado adecuadamente, puede fallar durante la construcción o durante la vida útil de la estructura, lo que puede poner en peligro la seguridad de las personas y los bienes.

La planificación y evaluación cuidadosa de los conectores es especialmente importante en estructuras que utilizan conexiones apernadas. Estas conexiones son críticas para la transferencia de cargas y fuerzas entre los diferentes elementos estructurales, por lo que es importante asegurarse de que los pernos, tornillos, clavijas y placas utilizados sean adecuados para las cargas y condiciones de servicio.

En la fase de dibujo de planos constructivos, se debe prestar atención a la ubicación de los conectores y la secuencia de instalación para garantizar que se puedan instalar correctamente y que cumplan con las especificaciones de diseño. Si se instalan incorrectamente, los conectores pueden no cumplir con las cargas requeridas o pueden sufrir daños durante la construcción, lo que puede debilitar la estructura.

4. **ARRIOSTRAMIENTO:** El sistema estructural de acero necesita rigidez para garantizar su estabilidad y resistencia ante las cargas que actúan sobre él. El arrostramiento de columnas y vigas en puntos determinados es una de las estrategias más comunes para proporcionar rigidez a una estructura de acero.

El arrostramiento es un sistema de barras o elementos diagonales que se colocan entre las columnas y las vigas, en puntos determinados de la estructura. Estos elementos diagonales tienen una función importante, ya que ayudan a resistir las cargas laterales (por ejemplo, viento o sismo) y reducen la cantidad de desplazamiento lateral que experimenta la estructura.

La rigidez de la estructura de acero es crítica, ya que, sin ella, la estructura podría deformarse y fallar bajo cargas laterales o incluso cargas verticales, lo que puede poner en peligro la seguridad de las personas y los bienes.

El arrostramiento también puede ayudar a reducir el tamaño de las secciones de acero utilizadas en la estructura, lo que puede ahorrar en los costos de construcción y materiales. Sin embargo, es importante que los elementos diagonales de arrostramiento estén correctamente dimensionados y ubicados, ya que, si están sub-dimensionados o mal ubicados, pueden no proporcionar la rigidez necesaria y, en algunos casos, incluso debilitar la estructura.

5. **PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS:** La protección contra incendios es un aspecto crítico en el diseño de estructuras de acero. A diferencia del concreto, que es un material incombustible,

el acero es altamente inflamable y puede perder rápidamente su resistencia estructural en caso de incendio.

Por esta razón, las normas y códigos de construcción establecen requisitos de protección contra incendios para las estructuras de acero, incluyendo la aplicación de materiales de protección en la superficie del acero expuesto.

Los materiales de protección contra incendios incluyen pinturas intumescentes, morteros y paneles resistentes al fuego, entre otros. Estos materiales están diseñados para retrasar la transferencia de calor al acero y evitar que se alcancen temperaturas críticas que puedan comprometer su resistencia.

Es importante destacar que la aplicación de materiales de protección contra incendios debe ser adecuada y suficiente para garantizar la resistencia estructural de la estructura en caso de incendio. Si la protección es insuficiente o no está diseñada adecuadamente, la estructura de acero puede deformarse o incluso colapsar con mayor rapidez que el concreto.

13.1.2) CERRAMIENTOS

1. **PANEL DE MICROCONCRETO:** El uso del tablero de cemento USG DUROCK en edificios de estructura metálica y con cerramientos livianos es importante debido a su funcionalidad, estética, coste, durabilidad, sostenibilidad y cumplimiento de normativas y estándares de calidad. Este material es una excelente opción para proporcionar una base sólida para recibir acabados cerámicos, pétreos y de pasta, y su resistencia al agua y la humedad lo convierte en una opción ideal para áreas en contacto directo con el agua o en condiciones de humedad alta. Además, su fabricación y reciclabilidad son aspectos positivos en términos de sostenibilidad.
2. **LÁMINA DE GYPSUM PARA RESISTENCIA AL FUEGO:** El Shaftliner XP GREENGUARD GOLD es un material de construcción resistente al fuego que brinda protección en áreas de difícil acceso en edificios de estructura metálica y con cerramientos livianos. Proporciona una resistencia al fuego de 1 a 4 horas, lo que lo convierte en una opción esencial para garantizar la seguridad en caso de emergencia. Además, es rentable en comparación con otras opciones de construcción de cerramientos resistentes al fuego, sostenible al ser un material de yeso reciclable y con un proceso de fabricación sostenible, y cuenta con la certificación GREENGUARD GOLD que garantiza la calidad del aire interior en edificios. El Shaftliner XP cumple con las normativas y estándares de calidad aplicables y requiere poco mantenimiento y es duradero, lo que lo convierte en una opción eficaz y segura para proteger edificios contra incendios.
3. **AISLAMIENTO TERMOACÚSTICO – COLCHONETA DE LANA MINERAL:** El aislamiento EcoBatt de Knauf con tecnología ECOSE es esencial para la seguridad y el confort de los ocupantes del edificio, proporcionando aislamiento térmico y acústico, resistencia a la intemperie y protección contra incendios. La tecnología ECOSE utilizada en la fabricación del producto es sostenible y reduce su impacto ambiental. Además, es competitivo en coste, se integra fácilmente en el diseño del edificio, tiene una larga vida útil y requiere poco mantenimiento, lo que lo hace una opción rentable y práctica a largo plazo. Cumple con las normativas y estándares de calidad aplicables a la construcción de cerramientos de edificios, lo que proporciona tranquilidad a los propietarios y constructores.
4. **VENTANERÍA – DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO:** El Doble Vidriado Hermético (DVH) es una opción importante en la construcción de edificios debido a sus múltiples beneficios. En primer lugar, el DVH proporciona un alto grado de aislamiento térmico y acústico, lo que aumenta

la comodidad de los ocupantes y reduce el consumo de energía necesario para climatizar el edificio. Además, el DVH evita la condensación de humedad y el exceso de luminosidad, mejorando la calidad del ambiente interior. Esta solución también es altamente adaptable a cualquier tipo de diseño arquitectónico, lo que lo hace una opción estética y coherente. Asimismo, el DVH tiene una larga vida útil y requiere poco mantenimiento, lo que lo convierte en una opción rentable y práctica a largo plazo. En términos de sostenibilidad ambiental, el DVH contribuye a reducir el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero asociados con la climatización de edificios. Por último, es importante destacar que el DVH es reciclable y cumple con las normativas y estándares de calidad aplicables a la construcción de cerramientos de edificios, lo que proporciona tranquilidad a los propietarios y constructores en cuanto a su seguridad y durabilidad.

13.1.3) ESTUDIOS DE SOSTENIBILIDAD

13.1.3.1) HUELLA DE CARBONO Y ENERGÍA EMBEBIDA DE LOS MATERIALES

Tras la realización del análisis y la representación gráfica de los resultados obtenidos, se puede observar que la estructura de concreto generó una huella de carbono de 17.62 t de CO₂, mientras que la estructura metálica apertada presentó una huella de carbono menor. El cambio de sistema estructural y el tipo de cerramientos utilizados pudo reducir considerablemente la energía embebida, obteniendo una disminución de 352,200.83 kW-h.

La reducción de la huella de carbono y la energía embebida en los materiales utilizados en la construcción de un edificio de apartamentos tiene múltiples beneficios, entre los que se incluyen:

1. Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero: Al reducir la huella de carbono y la energía embebida, se disminuye la cantidad de gases de efecto invernadero que se emiten a la atmósfera durante la construcción del edificio y durante su vida útil. Esto contribuye a mitigar el cambio climático.
2. Ahorro energético: La reducción de la energía embebida implica que se necesitará menos energía para producir los materiales de construcción y transportarlos al sitio de construcción. Además, al utilizar materiales más eficientes en términos energéticos, se puede reducir el consumo de energía del edificio durante su vida útil.
3. Ahorro económico: La utilización de materiales más eficientes en términos energéticos puede reducir los costos de energía del edificio durante su vida útil. Además, la reducción de la energía embebida y la huella de carbono puede contribuir a reducir los costos de construcción y aumentar la eficiencia en el uso de recursos.
4. Mejora de la calidad de vida: Un edificio más sostenible puede mejorar la calidad de vida de los ocupantes al proporcionar un ambiente interior más saludable y confortable, reduciendo el impacto ambiental del edificio en su entorno y en la comunidad en general.

En resumen, la reducción de la huella de carbono y la energía embebida en los materiales utilizados en la construcción de un edificio de apartamentos tiene múltiples beneficios ambientales, económicos y sociales que contribuyen a una sociedad más sostenible y resiliente.

13.1.4) VALORACIÓN FINANCIERA

13.1.4.1) VIDA ÚTIL DEL EDIFICIO

Determinar la vida útil de las edificaciones es crucial para garantizar la seguridad y estabilidad estructural de los edificios, así como para planificar y anticipar posibles necesidades de mantenimiento y reparación a futuro. En el caso de comparar diferentes sistemas estructurales, es importante considerar las particularidades de cada tipo de estructura y cómo pueden afectar su vida útil. Los estudios que analizan la vida útil de las edificaciones y comparan diferentes tipos de estructuras son una herramienta valiosa para tomar decisiones informadas sobre la construcción de edificios en un contexto determinado. En definitiva, la evaluación de la vida útil de los edificios es un aspecto clave para garantizar la seguridad y calidad de las construcciones a largo plazo.

Y para efectos de la investigación, se concluye que la vida útil de los dos sistemas estructurales analizados puede llegar a ser muy similar, y que una dure más que la otra dependerá de la frecuencia de mantenimiento que se practique a lo largo de su vida útil.

13.1.4.2) PLAN Y COSTOS POR MANTENIMIENTO

1. **AUMENTO DEL COSTO DE MANTENIMIENTO:** El uso de un sistema estructural de acero con cerramientos livianos en lugar de concreto aumentó significativamente el costo de mantenimiento del edificio propuesto en comparación con el edificio actual. El aumento en los costos de mantenimiento del edificio propuesto en comparación con el edificio actual se calculó en un 37.9%.
2. **ANÁLISIS PARA DETERMINAR LA VIDA ÚTIL:** Para minimizar los costos de mantenimiento a largo plazo, es esencial realizar un análisis detallado de los costos de mantenimiento antes de decidir sobre el sistema estructural a utilizar. La edificación actual y la propuesta tienen la misma vida útil de 70 años y utilizan materiales similares para su estructura, paredes, techos, entrepisos y pisos.
3. **GESTIÓN DE COSTOS:** La gestión de costos de mantenimiento es importante para garantizar que el mantenimiento del edificio de apartamentos se realice de manera eficiente y rentable, con el objetivo de mantener el edificio en buenas condiciones, aumentar su vida útil y proporcionar un ambiente seguro y saludable para los residentes.
4. **ENFOQUES DURANTE EL MANTENIMIENTO:** En el caso de un edificio basado en un sistema estructural de concreto, el mantenimiento se centraría en el control de las grietas, la humedad y el desgaste de las superficies de concreto, mientras que en el caso de un edificio basado en un sistema estructural de columnas y vigas de acero con cerramientos livianos, el mantenimiento se centraría en la revisión periódica de las uniones apernadas y la reparación o reemplazo de las piezas dañadas o desgastadas. El plan de mantenimiento debe establecer el tipo de trabajos de mantenimiento a llevar a cabo, la lista de los puntos que requieran un mantenimiento particular, el alcance, la realización y la periodicidad de los trabajos de conservación, y un programa de revisiones.

13.2) RECOMENDACIONES

13.2.1) SISTEMA ESTRUCTURAL

1. **TIPOS DE FALLAS EN CONEXIONES:** Es importante conocer los diferentes daños en las conexiones en una estructura de acero que utiliza únicamente conexiones apernadas porque esto puede afectar significativamente la seguridad y la estabilidad de la estructura.
 - a. Las conexiones apernadas son una parte crítica de las estructuras de acero, ya que permiten la transferencia de cargas y fuerzas entre los diferentes elementos estructurales. Si una conexión apernada falla, puede comprometer la integridad de toda la estructura y poner en peligro la seguridad de las personas y los bienes.
 - b. Al conocer los diferentes tipos de daños que pueden ocurrir en las conexiones apernadas, como la fatiga, la corrosión y la deformación plástica, se pueden tomar medidas preventivas para evitar o minimizar estos problemas. Por ejemplo, se pueden utilizar materiales resistentes a la corrosión o aplicar recubrimientos protectores en las conexiones expuestas a ambientes corrosivos. También se pueden realizar inspecciones regulares para detectar posibles daños en las conexiones y tomar medidas de reparación o reemplazo en caso de ser necesario.
 - c. Además, conocer los diferentes tipos de daños en las conexiones apernadas puede ser útil en el diseño de futuras estructuras de acero. Los ingenieros pueden incorporar características de diseño que minimicen los efectos de los diferentes tipos de daños en las conexiones apernadas y aumenten la seguridad y la durabilidad de la estructura.
2. **SITIO DE FABRICACIÓN Y TIPO DE UNIONES:** La fabricación de conexiones puede realizarse en el taller o en el campo. Las conexiones prefabricadas en taller suelen ser más precisas y tienen una mayor calidad de acabado. Sin embargo, transportarlas al lugar de la obra puede ser costoso y llevar más tiempo. Por otro lado, las conexiones fabricadas en el campo son más convenientes y pueden reducir los tiempos de construcción, pero su calidad puede verse afectada por las condiciones del lugar.

En cuanto al mecanismo de resistencia adecuado, existen dos tipos principales de conexiones: por fricción y por aplastamiento. Las conexiones por fricción utilizan la resistencia a la fricción entre los elementos conectados para transmitir cargas, mientras que las conexiones por aplastamiento utilizan la compresión para transmitir cargas. Cada tipo de conexión tiene sus ventajas y desventajas y la elección depende de varios factores, como el tipo de carga, la capacidad de deformación y la facilidad de fabricación.

13.2.2) CERRAMIENTOS

Al diseñar cerramientos livianos se deben considerar ensambles diferentes para cada tipo de espacios, así como también el tipo de láminas o paneles, aislantes térmicos, piezas para cada tipo de ensamble, etc. Y principalmente, las características del espacio para el cual se diseña, teniendo en cuenta variables térmicas, de ruidos, humedad, resistencia al fuego, ambiente húmedo o en intemperie, etc. Todas estas variables también podrían cambiar a lo largo del año.

Se recomienda elaborar un análisis o evaluación de aislamiento en diferentes zonas del edificio, ya que se podrían realizar ingeniería de valor en cuanto a los ensambles en zonas menos afectadas por ruido, calor o incluso requerimientos de resistencia al fuego, por ejemplo, en zonas húmedas, los muros que dividen las terrazas, entre otros.

13.2.3) ESTUDIOS DE SOSTENIBILIDAD

13.2.3.1) HUELLA DE CARBONO Y ENERGÍA EMBEBIDA DE LOS MATERIALES

Al hacer uso de una estructura mixta se debe calcular la huella de carbono y la energía embebida en los materiales para balancear el uso entre concreto armado y acero. En este proyecto, el uso de un solo sistema ya sea concreto o acero eleva considerablemente el impacto ambiental. El mérito de mantenimiento no es conocer los costos totales sino poder precisar su distribución por diferentes conceptos. Por tal motivo, se recomienda tomar a consideración el diseño estructural de un edificio según los requerimientos de cada uno de los espacios de este, el considerar una estructura mixta puede acelerar la construcción de esta, el conservar espacios basados en elementos de concreto puede reducir la complejidad del diseño y las necesidades de mantenimiento en esos espacios, sin mencionar las demás ventajas que se han podido demostrar a lo largo de la investigación.

13.2.4) VALORACIÓN FINANCIERA

13.2.4.1) VIDA ÚTIL DEL EDIFICIO

La vida útil de una edificación es un factor clave en su planificación y construcción, ya que permite determinar cuánto tiempo podrá ser utilizada sin comprometer su seguridad y estabilidad estructural. Para ello, es necesario identificar las características específicas de la edificación y del entorno en el que se encuentra, así como realizar una investigación bibliográfica para recopilar información sobre los diferentes tipos de estructuras y su vida útil. A partir de esta información, se puede evaluar las propiedades mecánicas, resistencia y durabilidad de cada tipo de estructura y establecer un plan de mantenimiento y gestión de recursos a largo plazo para garantizar la durabilidad y seguridad estructural de la edificación.

1. Identifica las características específicas de la edificación y del entorno en el que se encuentra para determinar los factores que pueden influir en su vida útil.
2. Realiza una investigación bibliográfica para recopilar información sobre la vida útil de los diferentes tipos de estructuras, incluyendo edificios de concreto armado y estructuras metálicas con uniones apertadas.
3. Evalúa las propiedades mecánicas, resistencia y durabilidad de los diferentes tipos de estructuras para establecer las ventajas y desventajas de cada una de ellas.
4. Establece un plan de mantenimiento y gestión de recursos a largo plazo para garantizar la durabilidad y seguridad estructural de la edificación.

13.2.4.2) PLAN DE MANTENIMIENTO

La finalidad básica de una gestión de costos en un plan de mantenimiento es la de mantener la estructura en buen estado y alargar su vida útil de las edificaciones, además, estimula la optimización del uso de mano de obra, cantidad de materiales y tiempos de paro.

1. Planificar y programar el mantenimiento: es importante contar con un plan de mantenimiento que establezca las actividades a realizar, su periodicidad y los recursos necesarios para llevarlas a cabo. La programación del mantenimiento permitirá evitar gastos innecesarios y planificar los recursos de manera eficiente.

2. Realizar inspecciones periódicas: las inspecciones periódicas permiten identificar problemas y necesidades de mantenimiento antes de que se conviertan en costosas reparaciones. Es importante establecer una frecuencia adecuada de inspecciones y llevar un registro de estas.
3. Priorizar las necesidades de mantenimiento: no todas las actividades de mantenimiento tienen la misma importancia o urgencia. Es importante priorizar las necesidades de mantenimiento según su impacto en la seguridad, el funcionamiento y la vida útil de la edificación.
4. Contar con un presupuesto adecuado: es importante contar con un presupuesto adecuado para el mantenimiento de la edificación, que tenga en cuenta tanto las necesidades de mantenimiento programadas como las no programadas. El presupuesto debe ser realista y ajustado a las necesidades de la edificación.
5. Establecer un sistema de seguimiento y control: es necesario llevar un registro de los costos de mantenimiento y compararlos con el presupuesto establecido. Esto permitirá identificar desviaciones y tomar medidas correctivas a tiempo.

Siguiendo estas recomendaciones, se puede lograr una gestión adecuada de los costos de mantenimiento en edificaciones, lo que permitirá prolongar su vida útil, mejorar su funcionamiento y mantener su competitividad en el mercado.

13.2.4.3) COSTOS

- Considerar una etapa de diseño más detallada: Esto con el objetivo de reducir los errores milimétricos, además, se recomienda dedicar un tiempo adicional en la etapa de diseño para asegurarse de la eficiencia en obra.
- Reducir el tiempo en construcción: Al reducir el tiempo de construcción, se pueden reducir los gastos indirectos de obra y el impacto ambiental, lo que es una ventaja para todas las partes involucradas.
- Minimizar el impacto ambiental: La implementación de un sistema estructural metálico prefabricado tipo "mecano" tiene el potencial de reducir el impacto ambiental en el entorno colindante, incluyendo la reducción de ruido, volúmenes de desperdicio, gases y polvo. Por lo tanto, es importante considerar estos aspectos durante la etapa de construcción.
- Implementar técnicas para asegurar la calidad: La implementación de técnicas para asegurar la calidad en la construcción, tales como la inspección de los componentes y la utilización de herramientas precisas, pueden ayudar a garantizar la eficiencia en la implementación del sistema estructural.

CAPÍTULO 14 - DOCUMENTOS CITADOS

- ACESCO. (2013). *Manual técnico del METALDECK*. Colombia: Nical Impresores Ltda.
- Acústica, E. (1 de Junio de 2017). *European Acústica*. Obtenido de ¿Cómo nos afecta el ruido a la salud?: <https://www.europeanacustica.com/aislamiento-acustico/como-nos-afecta-el-ruido-a-la-salud>
- Alacero. (08 de 06 de 2018). *Conexiones base-columna*. Obtenido de Arquitectura + acero: <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/conexiones-base-columna>
- Alacero. (10 de 05 de 2019). *Conexiones típicas en estructuras de acero*. Obtenido de Arquitectura + acero: <http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/conexiones-tipicas-en-estructuras-de-acero>
- Arkarazo, S. U. (2013). *Doc. 11 Manual de uso y mantenimiento*. Elorrio: Colegio Oficial de Arquitectos Vaco-Navarro.
- BID, B. I. (2013). *Infraestructura sostenible para la competitividad y el crecimiento inclusivo*. Washington D.C., EEUU: WebXSP.
- Construction., A. I. (2010). *AISC 360*. Traducción oficial al español por ALACERO.
- Costrucción, C. C. (2018). *Informe económico del sector construcción*. San José.
- Crisafulli, F. J. (2018). *Diseño Sismoresistente de Construcción de Acero*. Mendoza, Argentina: Alacero.
- Desconocido. (06 de 04 de 2012). *Monografías*. Obtenido de Costos de mantenimiento: <https://www.monografias.com/trabajos98/costos-mantenimiento/costos-mantenimiento>
- Gandica, A. C. (2014). *Gráficos para el predimensionado de estructuras*. Los Andes, Venezuela: Universidad de los Andes, Venezuela.
- Hernández Cembellín, B. (diciembre de 2004). grandes obras de ingeniería y su impacto ambiental. *Revista Técnica Industrial*, 67-72.
- López Bernal, O. (diciembre de 2004). La sustentabilidad urbana. *Revista Bitácora Urbano Territorial*, 8-14.
- López Carrasco, M. A. (2017). *Aprendizaje, competencias y TIC* (Segunda ed.). Ciudad de México: Pearson.
- MINURVI, F. d. (2016). *Desafíos, dilemas y compromisos de una agenda urbana común*. Nueva York, EEUU: Naciones Unidas, Santiago.
- Piñar, K. R. (30 de noviembre de 2016). *Inversión Inmobiliaria*. Obtenido de <https://www.inversioninmobiliariacr.com/es/mercado-inmobiliario/residencial/item/705-saturacion-en-vivienda-depende-de-quien>

- Rodríguez, H. S. (2005). Revisión, elaboración del guión y locución a cargo del Dpto. de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile con coordinación del Ing. Ricardo Herrera. *Conexiones* (pág. 113). Morelia, Michoacán. México: Alacero.
- Rojas López, M. D., & Arenas Giraldo, J. J. (2008). *Comparación Técnico-Financiera del Acero Estructural y el Hormigón Armado*. Medellín: Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Minas.
- S.A.S, I. &. (s.f.). *Ingeniería & Construcción S.A.S*. Obtenido de <https://www.estructurasmetalicascolombia.com/mantenimiento-de-estructuras/consejos-para-el-mantenimiento-de-su-edificacion-de-acero-o-estructura-metalica#:~:text=INSPECCIONAR,de%20un%20evento%20climático%20extremo>.
- Seguí, P., & OVACEN. (02 de Septiembre de 2014). *OVACEN*. Obtenido de Nueva guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido: <https://ovacen.com/nueva-guia-de-aplicacion-del-db-hr-proteccion-frente-al-ruido/>
- Serrano, M. M. (02 de 10 de 2016). *Cap. XI*. Obtenido de ARRIOSTRAMIENTO: <https://docplayer.es/7351317-Arriostramientos-1.html>

CAPÍTULO 15 - BIBLIOGRAFÍA

- Colaboradores de Wikipedia. (2021, 4 mayo). *Meccano*. Wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/wiki/Meccano>
- R. (s. f.). *MECANO - Plataforma para almacenamiento by Rosss / ArchiExpo*. ArchiExpo. <https://www.archiexpo.es/prod/rosss/product-125987-1301163.html>
- Paneles y Estructuras Moroni. (s. f.). *Estructuras tipo mecano*. Estructuras tipo mecano. Recuperado 5 de abril de 2019, de <https://panelesyestructurasmoroni.cl/estructuras-tipo-mecano/>
- Alacero. (2017, 17 mayo). *Mecano System | Arquitectura en acero*. <http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/vivienda-social/mecano-system>. Recuperado 9 de mayo de 2019, de <http://www.arquitecturaenacero.org/proyectos/vivienda-social/mecano-system>
- SASEC. (s. f.). *Especificar*. Estructuras Tipo Mecano Industrial. Recuperado 9 de mayo de 2019, de <http://www.especificar.cl/fichas/estructuras-tipo-mecano-industrial>
- Alacero. (s. f.). *Conexiones en acero. . . ¿Apernadas o soldadas? | Arquitectura en acero*. Arquitectura + acero. Recuperado 10 de mayo de 2019, de

<http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/conexiones-en-aceroapernadas-o-soldadas>

El Comercio. (2010, 20 febrero). *Paneles de microconcreto, otra opción*. Recuperado 15 de mayo de 2019, de <https://www.elcomercio.com/actualidad/paneles-microconcreto-opcion.html>.

AREATECNOLOGIA. (s. f.). *Estructuras Metálicas Definición Tipos Uniones Calculos y Ejemplos*. Recuperado 11 de mayo de 2019, de <https://www.areatecnologia.com/estructuras/estructuras-metalicas.html>

Mezano, M. (2016, 23 febrero). *SISTEMAS PREFABRICADOS O INDUSTRIALIZADOS*. Prezi.Com. Recuperado 15 de mayo de 2019, de <https://prezi.com/qjzpetas7cq/sistemas-prefabricados-o-industrializados/>

MECANO(F) de IGEO en la bienal internacional de arquitectura de buenos aires!!! (2015, 17 septiembre). Estudio Borrachia Arquitectos. Recuperado 8 de mayo de 2019, de <http://estudioborrachia.blogspot.com/2015/09/mecano-f-flotante-de-igeo-en-la-bienal.html>

IGEO UM FADAU. (2015, 15 marzo). *MECANO*. igeo-um-fadau. Recuperado 11 de mayo de 2019, de <https://esad-pfi.wixsite.com/igeo-um-fadau/mecano>

Architecture & Sustainability Research unit in Barcelona. (2018, 10 mayo). *Herramientas informáticas - Diseño Bioclimático*. Arquitectura y Sostenibilidad. Recuperado 19 de mayo de 2019, de <http://arquitecturaysostenibilidad.com/profesionales/herramientas-informaticas/>

Paiz, C. (2018, 18 junio). *Túnel de viento - Flow Desing*. Arte+. Recuperado 15 de mayo de 2019, de <https://mrmannoticias.blogspot.com/2018/06/tunel-de-viento-flow-desing.html>

Paiz, C. (2014, 1 diciembre). *Viento en los edificios*. Arte+. Recuperado 15 de mayo de 2019, de <https://mrmannoticias.blogspot.com/2014/12/viento-en-los-edificios.html>

Paiz, C. (2010, 31 mayo). *SINDROME DE EDIFICIO ENFERMO (SEE)*. Arte+. Recuperado 15 de mayo de 2019, de <https://mrmannoticias.blogspot.com/2010/05/sindrome-de-edificio-enfermo-see.html>

Paiz, C. (2017, 1 septiembre). *Análisis climático - Base de datos*. Arte+. Recuperado 15 de mayo de 2019, de <https://mrmannoticias.blogspot.com/2017/09/analisis-climatico-base-de-datos.html>

Editor Summa. (2018, 13 abril). *Nuevo complejo EcoFriendly se levanta en Costa Rica*. Revista Summa. Recuperado 14 de abril de 2019, de <https://revistasumma.com/nuevo-complejo-ecofriendly-se-levanta-en-costa-rica/>

Hernández Moreno, S. (2016, diciembre). *¿Cómo se mide la vida útil de los edificios?* Ciencia. https://www.amc.edu.mx/revistaciencia/images/revista/67_4/PDF/VidaUtilEdificios.pdf

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TÉCNICO. (2018, diciembre). *Informe económico del sector construcción*. Cámara Costarricense de la Construcción. <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/6341>

Cámara Costarricense de la Cosntrucción. (2019). Obras en Santa Ana. *Revista Construcción*, 227(01), 15, 19. <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/6777>

Cámara Costarricense de la Construcción. (2018, diciembre). Informe económico del sector construcción. En <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/6341> (Dic 2018). Recuperado 10 de abril de 2019, de <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/6341>

Knauf Ceiling Solutions. (s. f.). *Divestiture | Redirects | Armstrong World Industries*. Recuperado 25 de mayo de 2019, de <https://www.armstrongworldindustries.com/en-us/divestiture-emea-ap.html#destination=https://armstrongceilingsolutions.co.uk/es-es/>

Bolio Guerrero, N. (2009). *Comparación de cerramientos no estructurales en edificios iguales o menores a cuatro pisos* (Revisado ed.). Escuela de Ingeniería Civil.

ANEXOS

DE LA FASE 2: CONFIGURACIÓN

ANEXO 1 - CONEXIONES VIGA-COLUMNA

1.1) CONEXIONES DE CORTE

Las conexiones de corte son muy utilizadas en las estructuras de acero, y se pueden clasificar por el elemento de conexión:

- **A través de ángulos en el alma de la viga:** se pueden materializar conectando sólo al alma del miembro soportado, dejando las alas no conectadas.
- **Las conexiones de asiento:** son las únicas que conectan a las alas del miembro soportado

Los ángulos de las conexiones de corte se pueden conectar indistintamente por soldadura o apernados. Las conexiones con ángulos simples tienden a tener menor capacidad de carga que las conexiones con doble ángulo. (“Conexiones típicas en estructuras de acero | Arquitectura ...”)

- Aunque **las conexiones con placas de corte** son más económicas, su aplicación debe ser evaluada cuidadosamente.

1.2) CON DOBLE ÁNGULO APERNADO

El doble ángulo es colocado en taller al alma de la viga y apernado en obra al alma de la columna

Esta conexión es aplicable tanto para conexiones viga-columna como para conexiones de viga (secundaria) a viga (principal). Se trata de una conexión de corte toda vez que los ángulos se fijan al alma de la viga y transfieren la fuerza de corte. (Alacero, 2019)

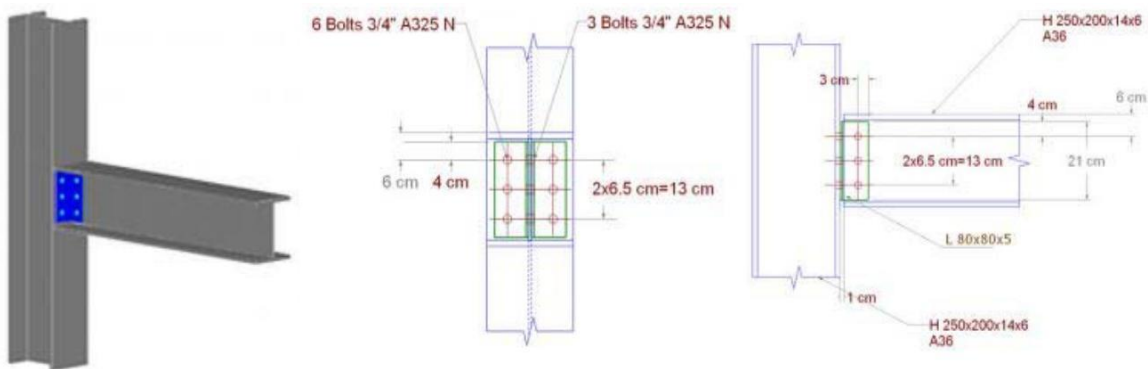


Ilustración 85. Unión con doble ángulo apernado. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project

Los ángulos son apernados al alma de la viga en taller.

- Posteriormente, en obra, los ángulos son apernados al alma de la columna (o de la viga principal, según corresponda).
- Si la altura de la viga principal y de la viga secundaria coincide, se deben rebajar ambas alas de la viga secundaria para permitir la nivelación superior de las alas. Si tienen altura diferente, bastará con rebajar las alas superiores de la viga secundaria

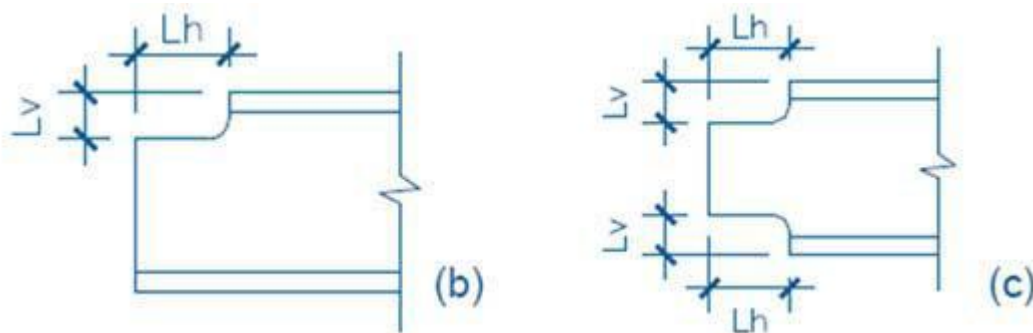
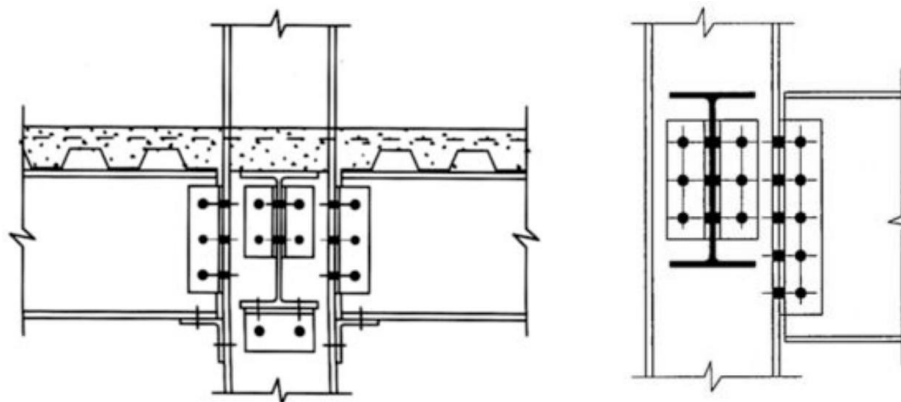


Ilustración 86. Corte de las piezas para uniones apernadas. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project

Las perforaciones para los pernos se pueden desfasar o desplazar a fin de no quedar enfrentadas para facilitar la instalación.

Existe una cierta rotación debido a la separación entre las alas de la viga y el alma de la columna debido a la flexibilidad del material de la conexión (ala sobresaliente del ángulo).

1.3) CON PLANCHA EXTREMA DE CORTE SOLDADA EN TALLER AL ALMA DE LA VIGA Y APERNADA EN OBRA AL



ALA DE LA COLUMNA

Ilustración 87. Detalles de uniones apernadas en el alma y las alas de la columna. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project

Se trata de una conexión de corte, ya que, las alas de la viga no se aseguran para evitar la rotación de la viga. (“Uniones y conexiones en estructuras de acero - SlideShare”)

La plancha de cabeza se suelda al alma de la viga, habiendo hecho previamente las perforaciones para pasar los pernos. En obra se hace la conexión apernada a la columna.

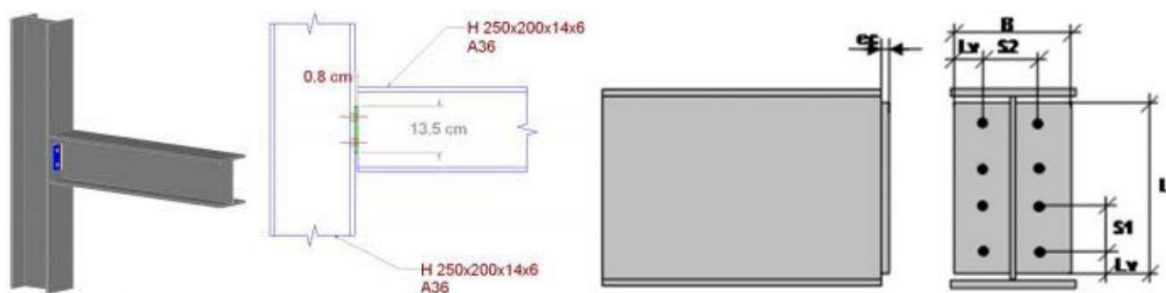


Ilustración 88. Plancha extrema de corte soldada al alma de la viga y apernada al ala de la columna. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project

1.4) CON PLANCHA DE CORTE SIMPLE (SINGLE PLATE) SOLDADA EN TALLER A LA COLUMNA Y APERNADA EN OBRA A LA VIGA

Como se comentó anteriormente, esta es una conexión simple muy económica y es una conexión de corte por cuanto la placa se fija al alma de la viga.

La plancha de corte es perforada o punzonada y luego soldada en taller al alma de la columna

Luego, es apernada al alma de la viga principal

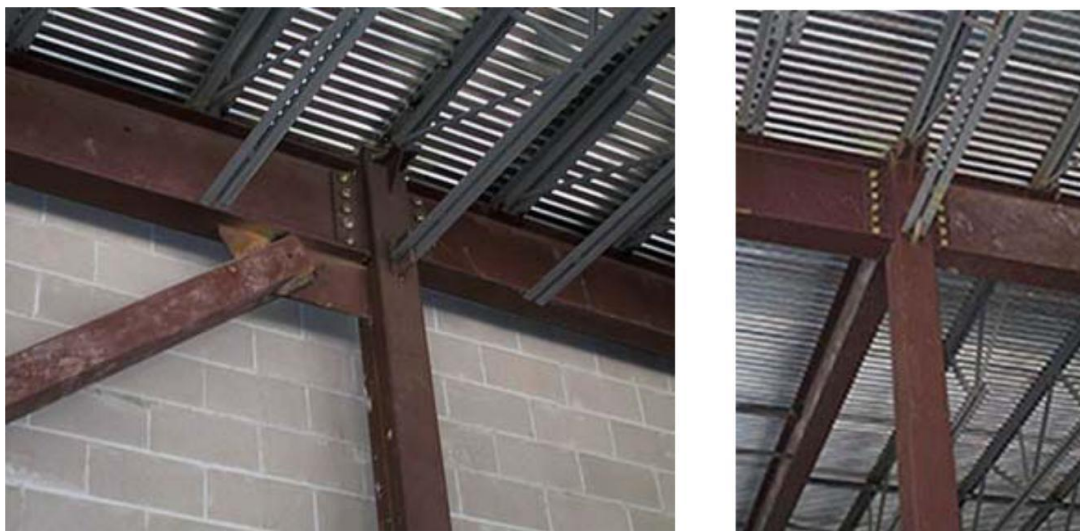


Ilustración 89. Plancha de corte simple soldada a la columna y apernada a la viga. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project

1.5) CON ÁNGULOS SOLDADOS A LAS ALAS DE LA VIGA EN TALLER Y APERNADAS A LA COLUMNA EN OBRA

- Se trata de una conexión simple o de corte ya que los pernos que fijan el ángulo inferior (asiento) a la columna trabajan al corte.
- Los ángulos son perforados antes de ser soldados a las alas de la viga.
- **El ángulo inferior, denominado asiento es de mayor sección y espesor que el ángulo superior ya que transfiere la reacción de la viga a la columna.**
- El ángulo superior otorga estabilidad a la viga.
- "A diferencia de otras conexiones, esta conexión no se hace al alma sino a las alas de la viga." ("Diseño estructural de una plataforma de cajón para la ...")
- Tanto el angular de asiento como el de estabilidad tienen acotados su espesor para permitir cierto grado de rotación en la viga.

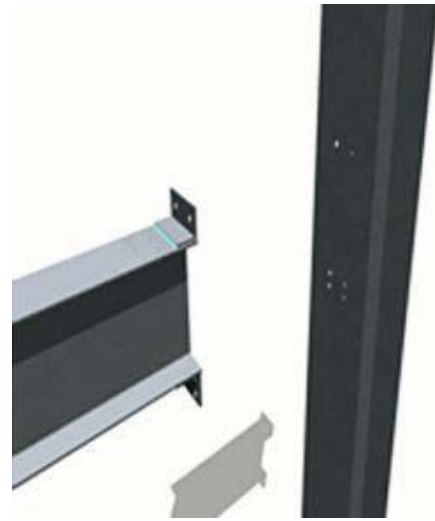


Ilustración 90. Ángulos soldados a las alas de la viga y apernadas a la columna. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project

ANEXO 2 - CONEXIONES DE MOMENTO

Las conexiones de momento proveen continuidad entre los miembros soportantes y los soportados. Las alas del miembro soportado se fijan indistintamente a un elemento de conexión o directamente al miembro soportante.

A continuación, se presentan algunos ejemplos y soluciones típicas de conexiones de momento viga-columna:

2.1) CON PLACAS SOLDADAS EN TALLER A LA COLUMNA Y VIGAS APERNADAS EN OBRA

- Se trata de una conexión de momento ya que las alas superiores e inferiores soldadas a la columna evitan la rotación del extremo de la viga.
- La placa de corte (single plate) se aperna en taller al alma de la viga.
- Las placas, superior e inferior, se apernan a las alas de la viga.
- La placa de corte es soldada al alma de la columna y trasfiere la fuerza de corte.



Ilustración 91. Placas soldadas a la columna y vigas apernadas. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project

- Las placas evitan la rotación de la viga y transfieren los momentos a la columna.

2.2) CON PLACA SOBRESALIENTE SOLDADA EN EL EXTREMO DE LA VIGA EN TALLER Y APERNADA A LA COLUMNA EN OBRA

- Se trata de una conexión de momento ya que la mayor dimensión de la placa soldada a la cabeza de la viga evita la rotación del extremo de la viga y transfiere los esfuerzos de momento a la columna.
- La placa de cabeza se perfora y se suelda en taller al extremo de la viga.
- Las perforaciones en la columna se ejecutan en taller.
- Las cartelas atiesadoras en la columna son
- soldadas en taller para transferir las fuerzas de las alas de la viga.

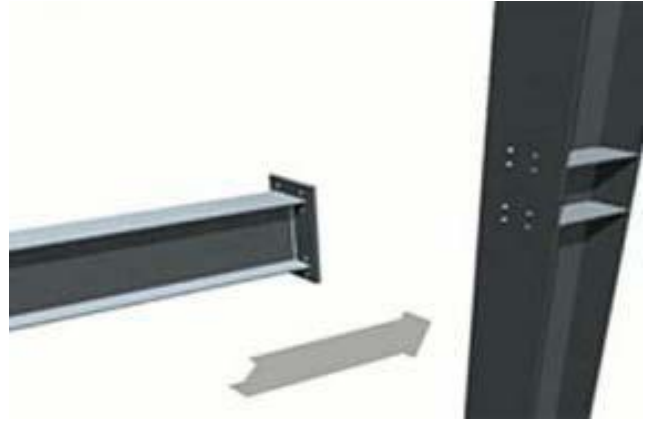


Ilustración 92. Placa sobresaliente soldada en el extremo de la viga y apernada a la columna. Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project

ANEXO 3 - COMPORTAMIENTO DE LAS CONEXIONES APERNAADAS

3.1) COMPORTAMIENTO GENERAL DE UNA JUNTA ATORNILLADA

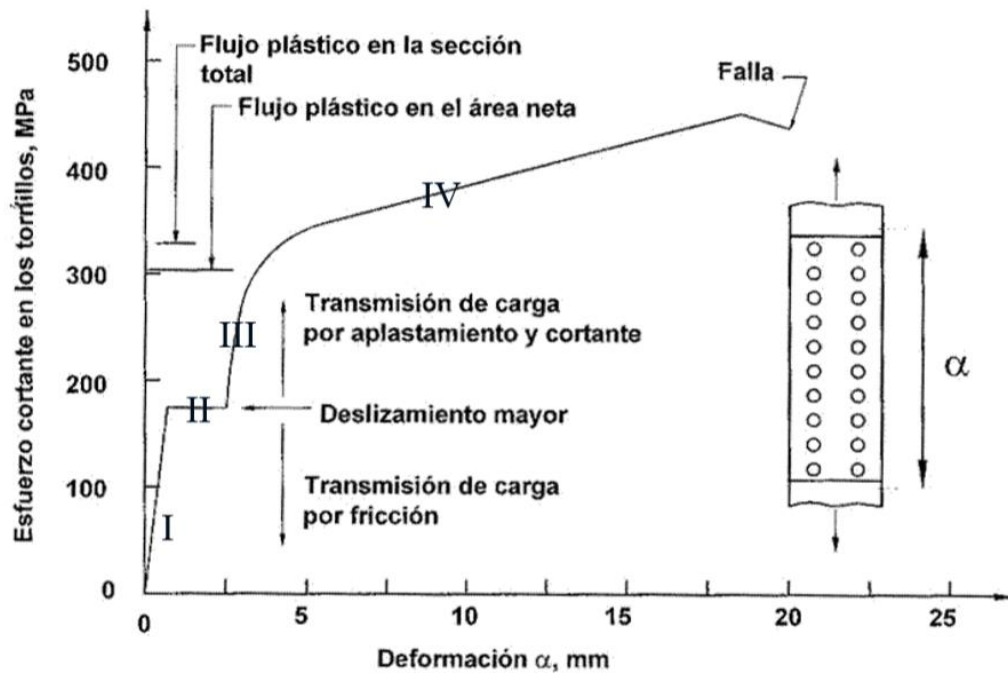


Gráfico 29. Esfuerzo cortante en los tornillos, MPa. Fuente: Revisión, elaboración del guion y locución a cargo del Dpto. de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile con coordinación del Ing. Ricardo Herrera.

Las juntas atornilladas son un tipo de conexión en la que dos piezas se unen mediante tornillos. En una junta atornillada, los tornillos soportan esfuerzos de cortante, que son esfuerzos que actúan perpendicularmente a la superficie de la junta. Los esfuerzos de cortante en los tornillos pueden medirse en megapascales (MPa).

La deformación en una junta atornillada se refiere a la manera en que las piezas se desvían o cambian de forma debido a los esfuerzos aplicados. La deformación se mide en milímetros (mm).

En general, el comportamiento de una junta atornillada depende de muchos factores, incluyendo la calidad de los tornillos, la rigidez de la junta y las características de los materiales utilizados en la construcción. Por lo tanto, es importante considerar cuidadosamente todos estos factores en el diseño y la fabricación de una junta atornillada para asegurar su eficiencia y seguridad en su uso.

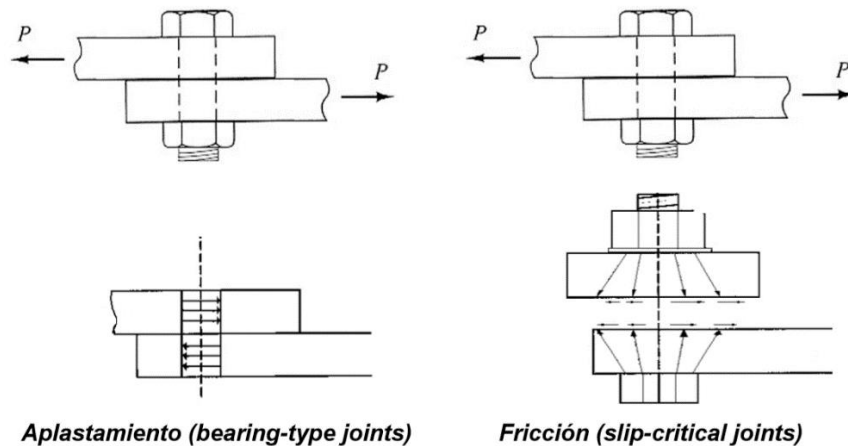


Ilustración 93. Comportamiento general en una junta atornillada. Fuente: Revisión, elaboración del guión y locución a cargo del Dpto. de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile con coordinación del Ing. Ricardo Herrera

El aplastamiento y la fricción son dos tipos de mecanismos de resistencia en conexiones atornilladas.

Las juntas de aplastamiento, también conocidas como "juntas de tipo de soporte", utilizan la resistencia de los materiales comprimidos entre la superficie del elemento de anclaje y la superficie de apoyo. En estas juntas, el esfuerzo en compresión generado por los tornillos se transfiere al material adyacente a través de la deformación plástica en los elementos de anclaje y apoyo.

Las juntas de fricción, también conocidas como "juntas críticas de deslizamiento", utilizan la fricción entre los elementos de anclaje y apoyo para transferir cargas. En estas juntas, los tornillos se ajustan firmemente en los orificios de los elementos de anclaje y apoyo, y la fricción entre los elementos mantiene la conexión en su lugar. La resistencia de las juntas de fricción depende de muchos factores, como la rigidez de los elementos, la forma de los orificios, la geometría de la conexión y la lubricación.

ANEXO 4 - CONEXIONES VIGA-VIGA

4.1) CONEXIONES DE CORTE

4.1.1) CON DOBLE ÁNGULO - SOLDADO EN TALLER AL ALMA DE LA VIGA SECUNDARIA Y APERNADO EN OBRA AL ALMA DE LA VIGA PRINCIPAL

Esta conexión es aplicable tanto para conexiones viga-viga como para conexiones viga a columna. Se trata de una conexión de corte toda vez que los ángulos se fijan al alma de la viga y transfieren fuerza de corte.

Los ángulos dobles se sueldan al alma de la viga en taller.

Si la altura de la viga principal y de la viga secundaria coincide, se deben rebajar ambas alas de la viga secundaria para permitir la nivelación superior de las alas. Si tienen altura diferente, bastará con rebajar las alas superiores de la viga secundaria.

Hecho lo anterior, se apernan los ángulos de la viga secundaria al alma la viga principal.

Igualmente, que, en el caso anterior, es posible que exista una cierta rotación debido a la separación entre las alas de la viga y el alma de la columna debido a la flexibilidad del material de conexión (ala sobresaliente del ángulo).



Ilustración 94. Doble ángulo soldado al alma de la viga secundaria y apernado al alma de la viga principal.
Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project 2018

4.1.2) CON PLACA DE CABEZA SOLDADA EN TALLER AL ALMA DE LA VIGA SECUNDARIA Y APERNADA EN OBRA AL ALA DE VIGA PRINCIPAL

Se trata de una conexión de corte ya que las alas de la viga no se aseguran para evitar la rotación de la viga. La placa de cabeza se suelda al alma de la viga secundaria, habiendo hecho previamente las perforaciones para pasar los pernos. En obra se hace la conexión apernada a la viga principal.

4.1.2.1) CON PLACA DE CORTE SIMPLE (SINGLE PLATE) SOLDADA EN TALLER LA VIGA PRINCIPAL Y APERNADA EN OBRA AL ALMA DE LA VIGA SECUNDARIA

Como se comentó anteriormente, esta es una conexión simple muy económica y es una conexión de corte por cuanto la placa se fija al alma de la viga.

La placa de corte es perforada o punzonada y luego soldada en taller al alma de la viga principal

Luego, las vigas secundarias con las perforaciones hechas en taller se fijan mediante pernos a la placa de corte que está soldada a la viga principal.



Ilustración 95. Placa de cabeza soldada al alma de la viga secundaria y apernada al ala de la viga principal.
Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project

4.2) CONEXIONES DE MOMENTO

Las conexiones de empalme de vigas son situaciones que se presentan con frecuencia en la construcción de estructuras de acero debido a que las piezas se fabrican de largos establecidos por razones comerciales y de transporte.



*Ilustración 96. Placa de corte simple (simple plate) soldada a la viga principal y apernada a la viga secundaria.
Fuente: ALACERO; MÓDULO DE UNIONES APERNADAS Y SOLDADAS; Macro Steel Project*

4.2.1) EMPALME DE MOMENTO APERNADO EN OBRA.

Las placas conectoras de las alas restringen la rotación, haciendo de esta conexión una conexión de momento.

Todas las perforaciones de esta conexión se hacen en taller.

- Asimismo, se hacen en taller las perforaciones de las alas y el alma de las vigas a conectar.
- Las placas de corte se apernan en obra a las alas superiores e inferiores.
- **Las dos placas que fijan el alma de las vigas son responsables de transferir la fuerza de corte.**
- **Los pernos que fijan las placas de alma de la viga trabajan a corte**
- **Las placas que fijan las alas son responsables de transferir el momento de flexión.**

ANEXO 5 - CONEXIONES BASE-COLUMNA

5.1) CONEXIONES RÍGIDAS Y ARTICULADAS

La primera diferenciación que se debe hacer es si esta conexión corresponde a una conexión rígida o a una conexión articulada. Es sabido que las conexiones rígidas en la base son usualmente más costosas, entre otros aspectos, porque demandan una mayor cantidad de material concurrente a la conexión, tanto en el acero como en la fundación. (“Conexiones base-columna - Arquitectura en Acero”)

Las conexiones articuladas en la base han tenido importantes aplicaciones y se han diversificado desde las construcciones de las grandes naves de las ferias internacionales y las grandes estaciones del siglo XIX. La Galería de las Máquinas (Dutert y Contamin, 1889) y la estación de Dresden (Giese y Weidner – 1898) son una buena muestra de ello.

Esta concepción, sin embargo, ha evolucionado y se la tecnificado y aligerado mucho.

En los casos en que estas conexiones quedan a la vista, el impacto del diseño de las rótulas es muy determinante de la expresión final del edificio. El detalle de esta conexión dependerá en gran medida del cálculo estructural, sin embargo, su diseño deberá ser concebido y considerado a partir del proyecto de arquitectura.

Existe, sin embargo, una gran cantidad de edificaciones en las que la conexión de las columnas a las fundaciones no participa en forma tan significativa en la expresión del edificio. En esos casos, **la solución más frecuente para conectar la base de una columna a sus apoyos es la instalación de una placa base soldada a la base de la columna.** Esta placa, cuya dimensión es mayor a la sección de la columna, es usualmente soldada a la base de ésta en taller. Su función, como está dicho, es distribuir sobre la base del hormigón de la fundación la carga puntual de la columna. Para lograr esto, la placa debe de un espesor tal que permita, efectivamente, lograr este cometido.

La placa base tiene unas perforaciones que permiten la fijación de ella a la fundación mediante pernos de anclaje que atraviesan la placa y se fijan mediante tuercas. La posición de los pernos de anclaje determinará si se trata de una conexión fija o articulada. La disposición de sólo dos pernos en el eje de la columna permitirá una rotación relativa en el sentido perpendicular al eje de los pernos de anclaje.

Por el contrario, 4 o más pernos dispuestos en próximos a las esquinas de la placa base, generarán una conexión más rígida. Para mejorar la rigidez en la base se pueden incluir cartelas en los vértices de la columna.

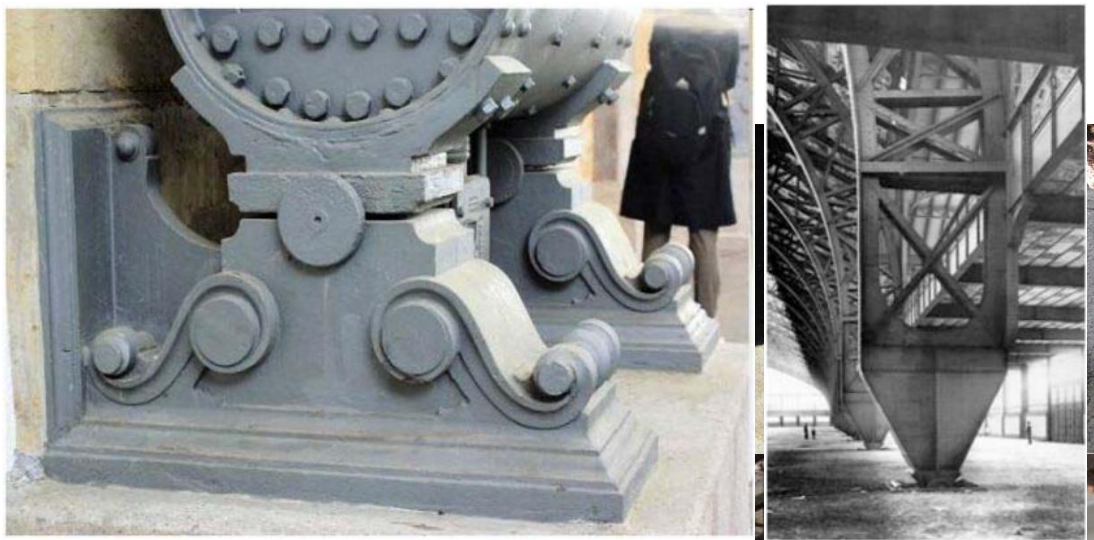


Ilustración 98. Fotografías de conexiones rígidas y articuladas. Fuente: Alacero, Conexiones base-columna

Otra solución posible es agregar una cartela horizontal puesta en una altura superior a la placa base y conectar la



Ilustración 97. Fotografías de placa soldada a la base de la columna. Fuente: Alacero, Conexiones base-columna

columna mediante pernos que pasan tanto a través de la placa base como de esta segunda cartela.

ANEXO 6 - ARRIOSTRAMIENTO

6.1) OTROS SISTEMAS DE ARRIOSTRAMIENTO

La conexión de un entramado aislado de nudos rígidos, con forjados de piso que condicionan el modo de su deformación global, con una estructura de celosía que cuando está aislada presenta un

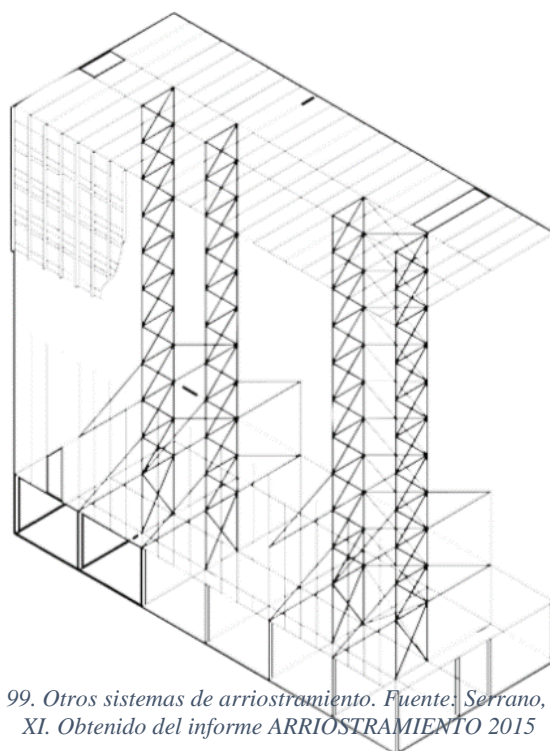
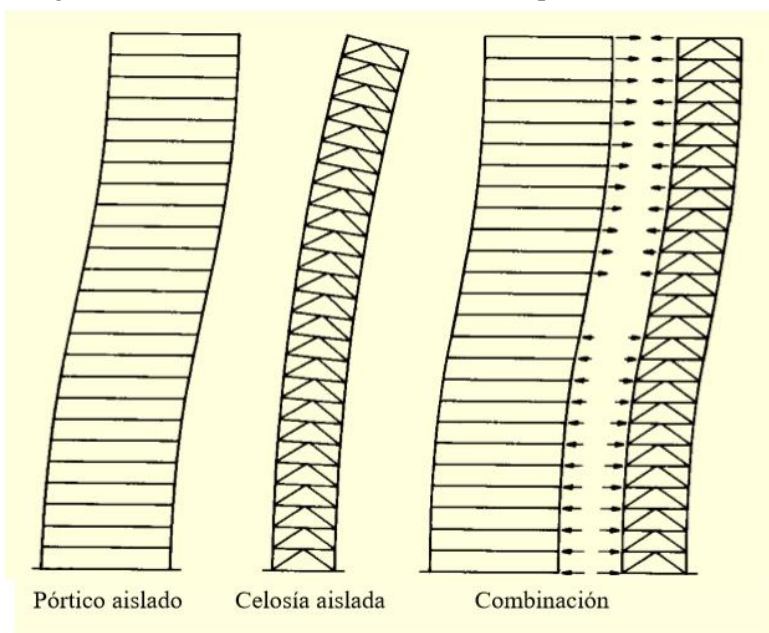
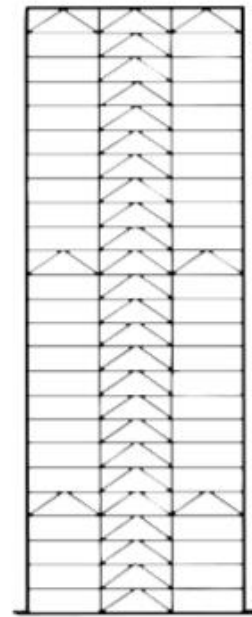


Ilustración 99. Otros sistemas de arriostramiento. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015

comportamiento tipo ménsula frente a las acciones horizontales hace que mejore el comportamiento global del conjunto.



Deflection curve
1 Drift with belt truss
2 Drift without belt truss

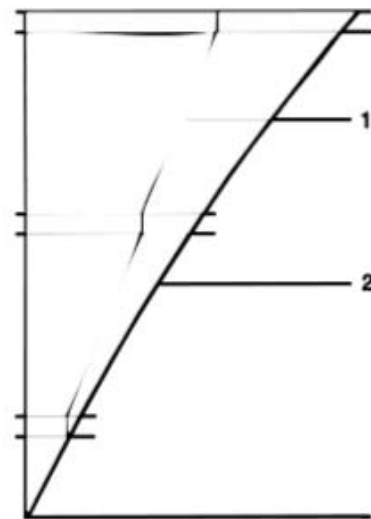


Ilustración 100. Arriostramiento en el edificio First Wisconsin Center, Milwaukee, USA, 1974. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015

Turning Torso - Torre en espiral de 190m. Mälmo, Suecia



Ilustración 101. Arriostramiento en el edificio Turning Torso - Torre en espiral de 190m. Mälmo, Suecia. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015



Ilustración 102. Arriostramiento en el edificio Turning Torso - Torre en espiral de 190m. Mälmo, Suecia. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015

ATM TOWERS

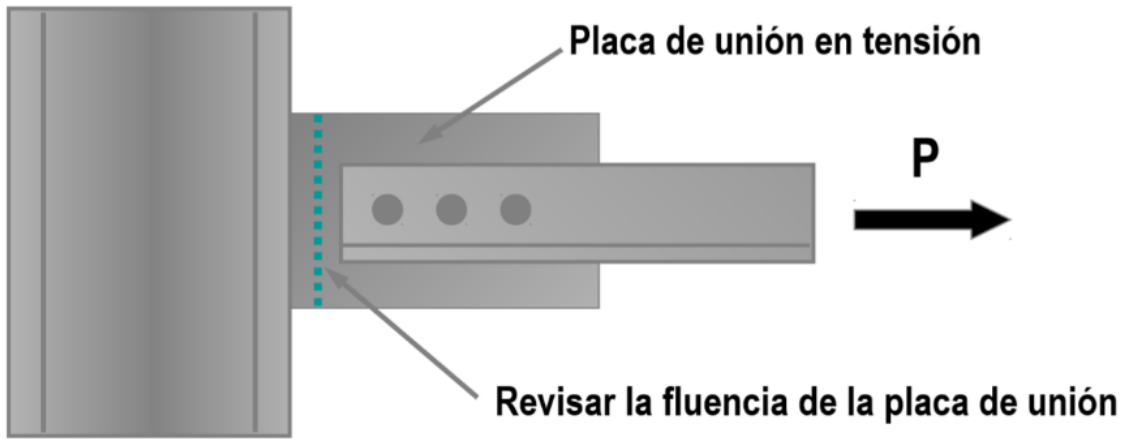


Ilustración 103. Arriostramiento en el edificio ATM Towers. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015



*Ilustración 104. Fotografías de arriostramientos y uniones apernadas en placas base, vigas y columnas.
Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015*

6.2) TRABAJO A TENSIÓN EN ELEMENTOS DE ARRIOSTRAMIENTO

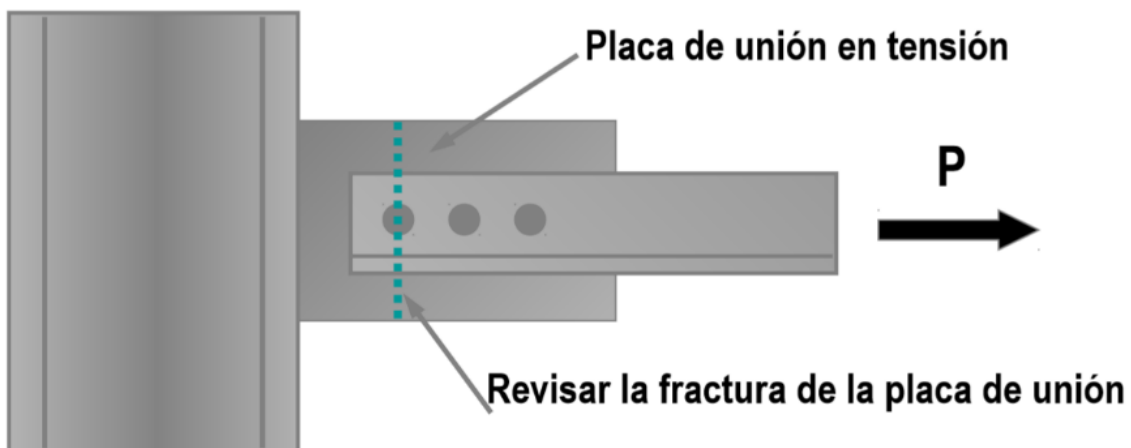


$$R_n = A_g F_y$$

$$\phi = 0.9 \quad \Omega = 1.67$$

$$P_u \leq \phi R_n \text{ (LRFD)}$$

$$P_a \leq R_n / \Omega \text{ (ASD)}$$



$$R_n = A_e F_u$$

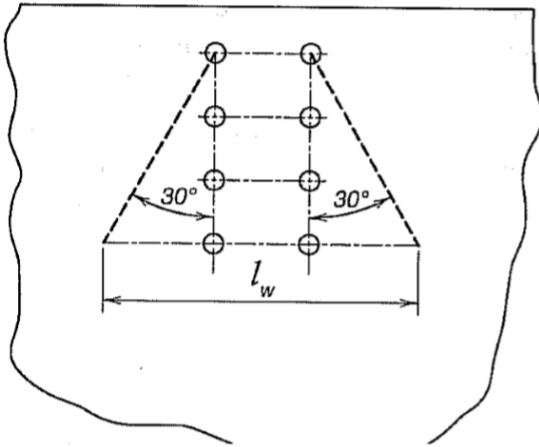
$$\phi = 0.75 \quad \Omega = 2.00$$

$$P_u \leq \phi R_n \text{ (LRFD)}$$

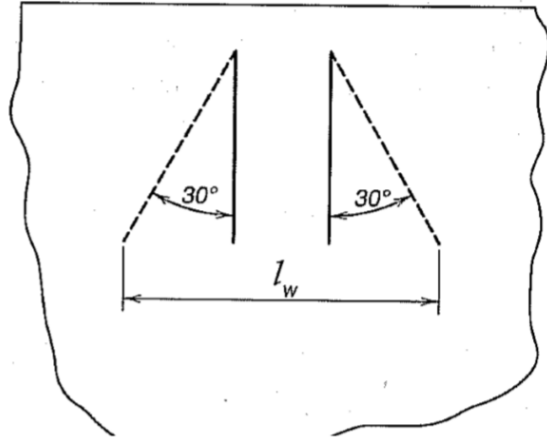
$$P_a \leq R_n / \Omega \text{ (ASD)}$$

Ilustración 105. Trabajo a tensión en elementos de arriostramiento. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015

Sección Whitmore



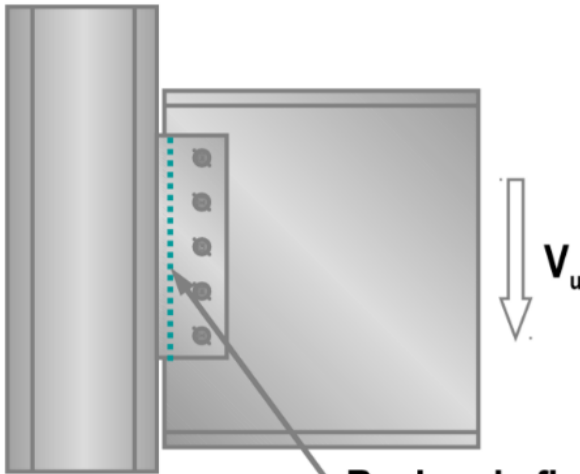
a) Junta atornillada



b) Junta soldada

Ilustración 106. Sección Whitmore para anclaje del arriostramiento. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015

6.3) TRABAJO EN CORTANTE EN ELEMENTOS DE ARRIOSTRAMIENTO



Revisar la fluencia por cortante en la placa de conexión

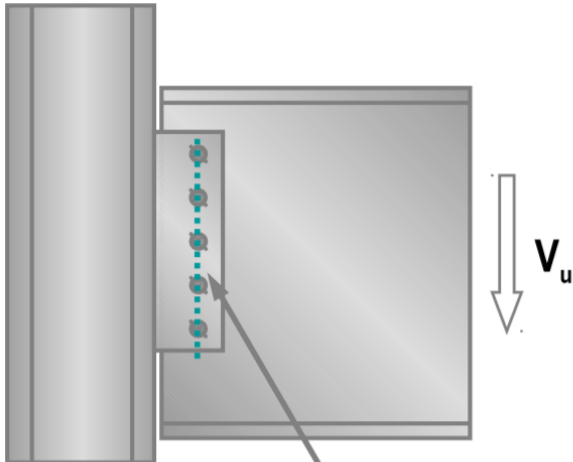
$$R_n = A_g (0.6 F_y)$$

$$\phi = 1.0 \quad \Omega = 1.50$$

$$V_u \leq \phi R_n \quad (\text{LRFD})$$

$$V_a \leq R_n / \Omega \quad (\text{ASD})$$

Ilustración 107. Trabajo en cortante en elementos de arriostramiento. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015



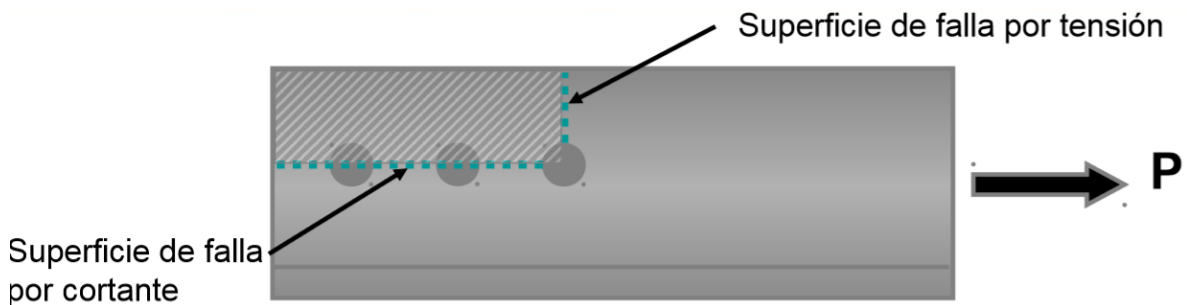
Revisar la fractura por cortante de la placa de conexión

$$R_n = A_e (0.6 F_u)$$

$$\phi = 0.75 \quad \Omega = 2.00$$

$$V_u \leq \phi R_n \text{ (LRFD)}$$

$$V_a \leq R_n / \Omega \text{ (ASD)}$$



Superficie de falla por cortante

Superficie de falla por tensión

$$\phi = 0,75$$

$$\Omega = 2,00$$

$$R_n = U_{bs} F_u \cdot A_{nt} + \min(0,6 F_u \cdot A_{nv}, 0,6 F_y \cdot A_{gv})$$

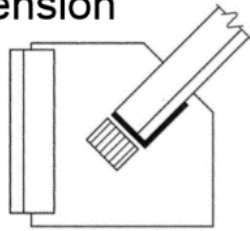
A_{nt} = área neta de la superficie de falla por tensión

A_{gt} = área total de la superficie de falla por cortante

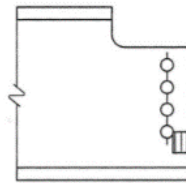
A_{nv} = área neta de la superficie de falla por cortante

Ilustración 108. Trabajo en cortante en elementos de arriostramiento. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015

- $U_{bs} = 1$ para esfuerzos uniformes en la superficie en tensión



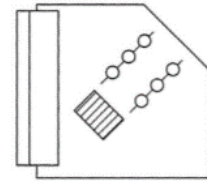
Ángulo soldado



Conexión extrema de viga con una hilera de tornillos

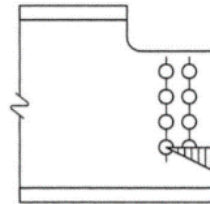


Extremos de ángulos



Placas de unión

- $U_{bs} \neq 1$ para esfuerzos no uniformes en superficies en tensión



Conexión extrema de viga con varias hileras de tornillos

$$U_{bs} = 0.50$$

Ilustración 109. Esfuerzos en superficies en tensión. Fuente: Serrano, M. M. Cap. XI. Obtenido del informe ARRIOSTRAMIENTO 2015

ANEXO 7 - EL CÓDIGO SÍSMICO DE COSTA RICA 2010 – REFERENTE A CONEXIONES O NUDOS APERNADOS

7.1) C10 - REQUISITOS PARA ACERO ESTRUCTURAL

C10.1.3 Materiales C10.1.3.1 Especificaciones de materiales Se brinda una lista de los aceros estructurales que pueden ser utilizados como parte de los sistemas sismorresistentes a diseñar. La selección de los aceros se basó en sus propiedades inelásticas y en su capacidad a ser soldado (“soldabilidad”).

- En general, estos satisfacen las siguientes características:
- Razón de esfuerzo de cedencia a esfuerzo último no mayor a 0.85.
- En el diagrama de “esfuerzo-deformación unitaria,” y para el esfuerzo de cedencia, una zona amplia de deformación.
- Una gran capacidad de deformación inelástica (por ejemplo, elongación total mayor o igual al 20% en una longitud de 50 mm).
- Buena capacidad para ser soldado

La necesidad de tener pernos con pretensión en las conexiones de los sistemas sismorresistentes se debe al potencial de elementos y conexiones de tener reversión de esfuerzos e incursión en el rango inelástico. Son aceptados los pernos de designación A325 y A490 (referencia 1 del Código), incluyendo los pernos con sistema de control de tensión tipo “desprendimiento de cabeza por torsión

mínima” (“Twist Off Tension Control Structural Bolt”) según la especificación ASTM F1852 o F2280. El uso de otros tipos de pernos como el SAE grado 5 o grado 8 no está permitido por este código como parte de los sistemas sismorresistentes. Los procesos de control de fabricación de estos pernos difieren con aquellos permitidos por el Código.

Los pernos de anclaje deben satisfacer la especificación ASTM F1554, sin embargo, se pueden utilizar otros materiales permitidos en la referencia 1, para los mismos fines. Estos materiales alternativos pueden utilizarse, siempre y cuando se cumpla en primer término con la filosofía de diseño descrita en el artículo 1.1 del Código. Esto conlleva a satisfacer el nivel de demanda sísmica especificado, así como a observar las regulaciones brindadas por el ACI-318 (y el capítulo 8 del Código).

7.2) C10.1.4 PLANOS Y ESPECIFICACIONES

C10.1.4.1 Generalidades

A diferencia de otros materiales, el uso del acero estructural en sistemas sismorresistentes requiere de una serie de detalles que deben ser comunicados a los diferentes profesionales responsables involucrados en el proceso de construcción. Estos detalles y particularidades solo pueden ser comunicados mediante los planos y especificaciones. Por ejemplo, las uniones en acero tienen varias posibles configuraciones, algunas de ellas pueden tener continuidad, otras pueden ser conexiones simples de cortante. Indicar cuáles son los sistemas sismorresistentes, así como los tipos de elemento y sus conexiones y zonas protegidas, es una práctica importante y debe estar contenida en los documentos constructivos. Los planos y especificaciones deben reflejar las intenciones y decisiones del diseñador.

C10.1.4.2 Construcción en acero

Para detallar la configuración de las uniones, es necesario que se indique en planos las ubicaciones de los puntos de intersección de las líneas centro de cada uno de los elementos (puntos de trabajo). Con esta información es posible detallar en planos de taller todos los componentes y uniones.

Los materiales, tamaños, espesores de componentes y elementos, tipo de soldadura y tenacidad en cada unión deben ser detallados. Asimismo, el tipo, diámetro de perno y tipo de unión deben ser indicados. Las soldaduras críticas por demanda tienen un carácter especial en los sistemas sismorresistentes y estas tienen requisitos de ensayo especiales para asegurar la tenacidad requerida.

[...]

El análisis y la investigación han demostrado que la geometría de las perforaciones de acceso, tienen un efecto significativo en el comportamiento de las conexiones de momento. La escogencia del tipo de perforación de acceso queda a criterio del profesional responsable, excepto cuando se utilicen conexiones precalificadas. En este caso la escogencia del tipo de perforación debe ser evaluada según los requisitos de precalificación de cada unión. Es así, por ejemplo, que algunos tipos de unión no requieren perforaciones de acceso, y su presencia más bien puede comprometer el correcto desempeño de la conexión, como es el caso de las uniones de placa extrema empernada (bolted end plate connections), empalmes de columna o conexiones a placas de asiento.

7.3) C10.1.4.3 PLANOS DE TALLER

Como cualquier proceso industrializado, la fabricación de componentes para estructuras de acero requiere de una serie de documentos, denominados planos de taller. La elaboración de estos documentos no es responsabilidad del profesional responsable de diseño, sino más bien del profesional responsable de la construcción. Sin embargo, sí es responsabilidad del profesional responsable de la inspección, revisar que estos contengan información mínima mencionada en los incisos 10.1.4.1 y 10.1.4.2.

Las indicaciones e información contenida en estos documentos, permite la fabricación de elementos de forma repetitiva y de esta forma se pueden aplicar conceptos de aseguramiento y control de calidad como en todo proceso industrial.

Como se ha mencionado anteriormente, hasta los más pequeños detalles, pueden afectar el desempeño esperado del sistema sismorresistente. Es así como la preparación de los bordes de placas para soldadura, procedimientos de soldado y tolerancias para el corte de elementos o componentes, entre otras indicaciones, son elementos fundamentales que deben estar contenidos en los planos de taller. Así, se pretende transmitir claramente las intenciones del diseñador y asegurar el desempeño de la edificación.

7.4) C10.2.5 DUCTILIDAD LOCAL DE LOS DIFERENTES TIPOS DE SISTEMAS SISMORRESISTENTES

Los marcos ordinarios arriostrados concéntricamente (OCBF) deben soportar deformaciones inelásticas mínimas en sus elementos y conexiones con el sismo de diseño, razón por la cual se le asigna una ductilidad global baja ($\mu=1.5$).

Los marcos especiales arriostrados concéntricamente (SCBF) en el rango elástico proveen acción completa de cercha con elementos sujetos primordialmente a cargas axiales. Sin embargo, en un sismo moderado a severo, se espera que las riostras y sus conexiones tengan deformaciones inelásticas significativas e incursionen en el rango de post-pandeo. La incursión de las riostras y conexiones en ciclos de tracción y compresión con grandes deformaciones inelásticas hace que pueda ocurrir una falla prematura de estas, a menos que el detallado de las riostras y conexiones sea riguroso. Los requisitos de esbeltez para riostras en general son más estrictos que en la versión anterior del Código, lo cual permite asignar una ductilidad local óptima a los marcos especiales arriostrados concéntricamente.

Se ha mostrado que los marcos arriostrados excéntricamente (EBF) pueden brindar una rigidez elástica similar a la de los marcos arriostrados concéntricamente y excelente ductilidad y capacidad de disipación de energía en el rango inelástico, [...] Además, debido al excelente desempeño sísmico que muestran los EBF se permite utilizar las ductilidades globales de los sistemas duales aun cuando el sistema clasifique como tipo muro.

Los muros de corte a base de placas (SPSW) son sistemas que tienen una significativa capacidad de deformación inelástica y una alta capacidad de disipación de energía. Por lo tanto, al igual que los marcos arriostrados excéntricamente tienen una ductilidad local óptima y se permite utilizar las ductilidades globales de los sistemas duales aun cuando el sistema clasifique como tipo muro.

La utilización de riostras tipo “K,” según se describe en la figura 10.1 del código, es prohibida por el Código. La razón es que no es conveniente tener columnas que estén sujetas a fuerzas laterales no balanceadas provenientes de las riostras, las cuales pueden contribuir a la falla de las columnas. (Crisafulli, 2018)

7.5) C10.2.6 ESPESOR MÍNIMO PARA ELEMENTOS DEL SISTEMA SISMORRESISTENTE

A diferencia del CSCR 2002 que establecía un espesor mínimo de lámina de 2.4 mm para perfiles laminados en frío, **en este código establecemos un espesor mínimo de 3 mm para cualquier elemento o componente del sistema sismorresistente, ya sea este a base de elementos de acero estructural o base de elementos de acero laminado en frío con secciones esbeltas.**

7.6) 10.4 REQUISITOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE ELEMENTOS Y CONEXIONES

7.6.1) C10.4.1.2 ARRIOSTRAMIENTO PARA ESTABILIDAD DE LAS VIGAS

Se ha comprobado experimentalmente que, para garantizar la capacidad de vigas sometidas a flexión bajo cargas cíclicas, **se requiere de un sistema de arriostramiento que limite el desplazamiento lateral o la torsión.** Los requisitos para el sistema de arriostramiento para vigas de SMF lo han estudiado en gran detalle Nakashima, Kanao y Liu (2002) y los requisitos del Código se basan en dicho estudio.

La separación máxima de los soportes laterales para las vigas de los SMF clasificados como elementos con ductilidad óptima permanece igual que las versiones anteriores de la referencia 3. Mientras que para las vigas de IMF y los HBE, clasificados como vigas con ductilidad moderada, se permite una mayor separación entre los soportes laterales.

Adicionalmente al sistema de arriostramiento a lo largo de la viga, el Código indica que se debe colocar soporte lateral cerca de las zonas donde se espera la formación de rótulas plásticas, tanto para los IMF como para los SMF. Esta idea data de los estudios que originaron el diseño plástico en los años sesenta. El diseñador debe tomar en cuenta que, en varios detalles de conexiones viga - columna precalificados para sistemas IMF y SMF, se pretende desplazar la zona de rótula alejándola de la cara de la columna.

Los ensayos experimentales realizados como parte del proyecto SAC (FEMA 2000a) han demostrado que un entrepiso compuesto normal aporta el arriostramiento adecuado para evitar el deterioro excesivo de la capacidad, hasta alcanzar el ángulo de deriva en entrepiso requerido de 0.04 radianes. En el caso que el diseñador requiera mejorar el comportamiento del sistema o se requiera alcanzar un ángulo de deriva mayor, el diseñador podría decidir añadir un sistema de arriostramiento adicional cerca de esas zonas donde se espera la formación de la rótula plástica.

7.6.2) C10.4.1.5 DIAFRAGMA DE ENTREPISO

En zonas de alta sismicidad el diafragma de entrepiso es uno de los elementos más importantes del sistema sismorresistente. Consecuentemente, en nuestro país es recomendable el uso de diafragmas rígidos de sección compuesta o no compuesta. Cualquiera que sea el caso, el diseñador debe garantizar un flujo de cargas horizontales adecuado para recolectar y distribuir las fuerzas del sismo a los elementos verticales del sistema sismorresistente.

El diafragma debe ser diseñado según las disposiciones del artículo 4.6 y del inciso 6.2.2. En algunos casos se deben incluir las fuerzas provenientes de pisos superiores; tal es el caso de un nivel donde hay un cambio en la rigidez estructural que resulte en una redistribución de fuerzas.

7.7) C10.4.2 CONEXIONES

7.7.1) C10.4.2.2 CONEXIONES EMPERNADAS

Las conexiones de los sistemas sismorresistentes deben tener una configuración y un diseño que permitan el comportamiento dúctil del elemento o de la conexión. Esto con el propósito de permitir redistribución de esfuerzos antes de la falla y que los sistemas sismorresistentes puedan sufrir deformaciones inelásticas, de naturaleza cíclica y reversible, sin pérdida sensible de su resistencia. En especial, **deben evitarse las fallas frágiles tales como fracturas de tracción o cortante, cortante en el perno, ruptura de bloque de cortante u otro.**

La necesidad de tener pernos con pretensión en las conexiones de los sistemas sismorresistentes se debe al potencial de elementos y conexiones de tener reversión de esfuerzos e incursión en el rango inelástico. No es posible ni necesario evitar el deslizamiento entre placas durante el sismo de diseño aun utilizando conexiones de deslizamiento crítico (“slip-critical connections”). Sin embargo, es conveniente contar con una resistencia nominal al deslizamiento para controlar el daño en las conexiones durante sismos de intensidad moderada. Esto se logra preparando las zonas de contacto entre placas al menos como una superficie clase A, con un coeficiente de fricción mínimo de 0.33.

La capacidad de las conexiones empernadas pretensadas puede ser determinada por aplastamiento siempre y cuando se preparen las superficies de deslizamiento al menos como se indica en el párrafo anterior.

La intención de estos requisitos es que, durante un sismo moderado, la resistencia al deslizamiento evite la deformación excesiva de la unión y que, durante el sismo de diseño, se desarrolle la resistencia total de la unión por aplastamiento.

Se hace notar al diseñador que el límite del esfuerzo por aplastamiento de $R_n = 2.4dt F_u$ se utiliza para limitar la deformación por aplastamiento a un valor máximo de aproximadamente 6 mm. Debe reconocerse que los esfuerzos de aplastamiento reales en un sismo pueden superar los de diseño y que las deformaciones de los orificios pueden exceder este límite teórico.

Con el propósito de limitar las deformaciones en las conexiones empernadas durante un sismo, los sistemas sismorresistentes deben utilizar conexiones con orificios estándar o de ranuras cortas con la dirección de la ranura perpendicular a la dirección de deformación de la unión. Alternativamente,

puede recurrirse a sistemas de orificios diferentes, siempre y cuando tengan el respaldo de ensayos de laboratorio.

Para las combinaciones de carga que involucren sismo, no se permite sumar las capacidades de las soldaduras y los pernos para resistir las cargas de diseño que actúen en una misma dirección. Esto se debe a la incompatibilidad de deformaciones últimas de estos sistemas. Por ejemplo, **las cargas axiales en una columna de sección “I” no pueden ser soportadas por almas soldadas y alas empernadas de una misma sección.** Este capítulo no limita la utilización de pernos de erección en conexiones soldadas, tales como conexiones viga – columna con placas de conexión de alma (“shear tabs”). **En estos casos los pernos resistirían las cargas temporales durante la erección, pero la soldadura debe ser diseñada para resistir la totalidad de las cargas de diseño.**

7.7.2) C10.4.2.5 EMPALMES EN COLUMNAS

a. Ubicación de empalmes

Los empalmes de columnas deben alejarse de las uniones viga-columna para reducir los efectos de flexión. En general, se recomienda que los empalmes se ubiquen en el tercio medio de la altura libre de la columna. Para edificios con alturas usuales, la altura de 1.20 m está dentro de este tercio medio y facilita la erección del edificio por un asunto de acceso al empalme. Para los casos de columnas bajas, conviene localizar los empalmes en la mitad de su altura libre.

d. Configuración de empalmes en acero estructural

La unión de almas en los empalmes debe ser concéntrica con las cargas que actúan en la columna. Si se utilizan placas para unir las almas ya sea empernadas o soldadas, es necesario colocarlas en ambos lados con el objetivo de minimizar la excentricidad.

7.7.3) C10.4.2.6 PLACAS DE ASIENTO DE COLUMNAS

Las placas de asiento de las columnas son una parte del conjunto de elementos involucrados en la transferencia de cargas entre el sistema sismorresistente y su fundación. En el caso de sistemas sismorresistentes en acero, la placa de acero es un elemento de transición entre los elementos de acero estructural y los de concreto reforzado.

El diseño debe contemplar el flujo de cargas a través de los diferentes elementos y componentes involucrados en la transferencia de cargas entre el sistema sismorresistente y su fundación, para así procurar el comportamiento esperado de la edificación. Existen guías de diseño para este tema, tales como el Design Guide 1 del AISC (referencia1) y el apéndice D del ACI 318-08.

a. Capacidad axial requerida

La capacidad axial requerida para la placa de asiento se calcula a partir de la capacidad axial de la columna indicada en el inciso 10.4.1.4 (o la capacidad de la columna requerida según el tipo de sistema sismorresistente), en combinación con las componentes verticales de la capacidad de la conexión de las riostras en caso de que existan.

La transferencia de fuerzas entre los elementos de conexión de la placa de asiento y los elementos de concreto reforzado es compleja. El diseñador debe ser cuidadoso a la hora de

detallar el elemento de concreto considerando cuantías de acero, longitud de desarrollo de las barras, cuantía de acero de confinamiento y demás componentes, de forma que se garantice la continuidad y el equilibrio de las fuerzas.

ANEXO 8 - OTRAS REFERENCIAS PARA DISEÑO DE CONEXIONES O NUDOS APERNADOS

- **Especificación AISC 2005:**
 - Capitulo J - Diseño de Conexiones
- **Referencias Adicionales para Conexiones en Estructuras de Acero Sismo - Resistentes:**
 - Norma AISC 2005 Para Diseño Sísmico de Edificios de Acero.
 - Conexiones Precalificadas Para Marcos de Acero a Momento especiales e intermedios para aplicaciones sísmicas.
- **McCormac, Jack C. y Csernak, Stephen F. Diseño de Estructuras de Acero. Quinta Edición**

ANEXO 9 - SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL PARA EL MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

La información que se presenta a continuación forma parte del Manual de seguridad y salud para el montaje de estructuras metálicas de naves industriales del **instituto Navarro de Salud Laboral**.

Si bien la información que se presenta en este apartado es específica de naves industriales, el trabajo con estructuras metálicas siempre es el mismo, además, considerando estos aspectos para un edificio de varios niveles de altura como es el caso de estudio del Condominio Residencial Vertical Urban Flats.

9.1) ELEMENTOS DE UNA ESTRUCTURA METÁLICA

Una estructura metálica se compone de los siguientes elementos básicos:

Elementos horizontales:



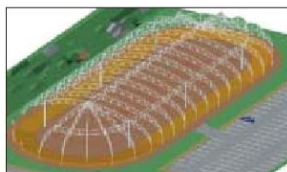
Dinteles



Vigas Carriles



Cerchas



Correas de cubierta



Correas de fachada





Ilustración 110. Elementos de una estructura metálica. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral

9.2) OPERACIONES BÁSICAS EN EL MONTAJE DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

Un resumen de las operaciones básicas en el montaje de estructuras es el siguiente:

- | | |
|--|---|
| a) Descarga del material y trabajos previos. | b) Presentación y fijación provisional. |
| c) Traslado e izado de piezas. | d) Fijación definitiva. |

a) Descarga del material y trabajos previos.



c) Presentación y fijación provisional.



b) Izado y traslado de piezas.



d) Fijación definitiva.



Ilustración 111. Operaciones básicas en el montaje de estructuras metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral

9.3) RIESGOS GENERALES Y MEDIDAS PREVENTIVAS

RIESGOS GENERALES

01. Caída de personas a distinto nivel (trabajo en alturas).
02. Caída de personas al mismo nivel (obstáculos y falta de limpieza).
03. Caída de objetos por desplome o derrumbamiento.
04. Caída de objetos en manipulación.
05. Caída de objetos desprendidos.
06. Pisadas sobre objetos.
07. Choques y golpes contra objetos inmóviles.
08. Choques y golpes contra objetos móviles.
09. Golpes y cortes por objetos y herramientas.
10. Proyección de fragmentos y partículas.
11. Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos.
12. Atrapamiento o aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos.

Protecciones colectivas.

- Orden y limpieza en zonas de trabajo.
- Redes.
- Andamios de protección.
- Barandillas.
- Carcasas y resguardos de protección de maquinaria.

Equipos y medios auxiliares.

- Plataformas elevadoras telescópicas.
- Plataformas de descarga de material.
- Escaleras de acceso peldañeada y protegida.
- Escaleras de mano.

Equipos de protección individual.

- Casco de seguridad.
- Botas o calzado de seguridad.
- Guantes.
- Gafas de seguridad.

9.4) CALIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Determinación del Nivel de Deficiencia

NIVEL DE DEFICIENCIA	ND	SIGNIFICADO
Muy deficiente (MD)	10	Se han detectado factores de riesgo significativos que determinan como muy posible la generación de fallos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz.
Deficiente (D)	6	Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. La eficacia del conjunto de medidas preventivas se ve reducida de forma apreciable.
Mejorable (M)	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo no se ve reducida de forma apreciable.
Aceptable (B)	-	No se ha detectado anomalía destacable alguna. El riesgo está controlado. No se valora

Determinación del Nivel de Exposición

NIVEL DE EXPOSICIÓN	NE	SIGNIFICADO
Continuada (EC)	4	Continuamente. Varias veces en su jornada laboral con tiempo prolongado
Frecuente (EF)	3	Varias veces en su jornada laboral, aunque con tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	Alguna vez en su jornada laboral y con periodo corto de tiempo.
Esporádica (EO)	1	Irregularmente

$$NP = NE \times ND$$

		NIVEL DE EXPOSICIÓN (NE)			
		4	3	2	1
NIVEL DE DEFICIENCIA (ND)	10	MA-40	MA-30	A-20	A-10
	6	MA-24	A-18	A-12	M-6
	2	M-8	M-6	B-4	B-2

Significado de los Niveles de Probabilidad

NIVEL DE PROBABILIDAD	NP	SIGNIFICADO
Muy alta (MA)	Entre 40 y 24	Situación deficiente con exposición continuada, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia
Alta (A)	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en el ciclo de vida laboral
Media (M)	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez
Baja (B)	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica. No es esperable que se materialice el riesgo.

Determinación del Nivel de Consecuencias

NIVEL DE CONSECUENCIAS	NC	SIGNIFICADO	
		DAÑOS PERSONALES	DAÑOS MATERIALES
Mortal o Catastrófico (M)	100	1 muerto o más	Dstrucción total del sistema (difícil de renovar)
Muy Grave (MG)	60	Lesiones graves que pueden ser irreparables	Dstrucción parcial del sistema (Compleja y costosa la reparación)
Grave (G)	25	Lesiones con incapacidad laboral transitoria	Se requiere paro de proceso para efectuar la reparación
Leve (L)	10	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización	Reparable sin necesidad de paro del proceso

Determinación del Nivel de Riesgo y Nivel de Intervención

$$NR = NP \times NC$$

		NIVEL DE PROBABILIDAD (NP)			
		40 - 24	20 - 10	8 - 6	4 - 2
NIVEL DE CONSECUENCIAS (NC)	100	I 4000 - 2400	I 2000 - 1200	I 800 - 600	I 400 - 200
	60	I 2400 - 1440	I 1200 - 600	I 480 - 360	II 240 III 120
	25	I 1000 - 600	II 500 - 250	II 200 - 150	III 100 - 50
	10	II 400 - 240	II 200 III 100	III 80 - 60	III 40 IV 20

Significado del Nivel de Intervención

NIVEL DE INTERVENCIÓN	NR	SIGNIFICADO
I	4000 - 600	Situación crítica. Corrección urgente
II	500 - 150	Corregir y adoptar medidas de control
III	120 - 40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
IV	20	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique.

Tabla 72. Calificación de los riesgos en el montaje de estructuras metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral

9.4.1) ANÁLISIS DE RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

La valoración de los riesgos es orientativa. Ha de realizarse una valoración particular para cada obra

OPERACIÓN	RIESGOS			MEDIDAS PREVENTIVAS	Calificación del Riesgo					
	Código	Riesgo	Condiciones de trabajo		Nivel de deficiencia	Nivel de exposición	Nivel de probabilidad	Nivel de consecuencias	Nivel de riesgo	Nivel de intervención
Descarga de materiales y trabajos previos	01	Caída de personas a distinto nivel.	Caída desde la cama del camión. Caída en zanjas, huecos, etc.	Información, señalización y balizado. Instalación de protección vertical.	2	3	6	60	360	II
	02	Caída de personal al mismo nivel.	Zanjas y desniveles del suelo. Restos y materiales sobre el suelo.	Señalización y balizado. Orden y limpieza.	2	3	6	25	150	II
	03	Caída de objetos por derrumbamientos.	Cadenas, eslingas, ganchos.	Revisión, mantenimiento y marcado CE. Tensar los cables una vez enganchada la carga. Comprobar la capacidad resistente de las cadenas. No manipular los cables en la puesta en tensión. Permanecer alejado del radio de acción de las máquinas o bajo cargas suspendidas.	2	3	6	60	360	II
	06	Pisadas sobre objetos.	Restos y materiales sobre el suelo.	Orden y limpieza.	2	3	6	60	360	II
	11	Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos.	Enganche de piezas y colocación en el suelo	No manipular los cables en el momento de su puesta en tensión. Retener la carga mediante cables o cuerdas. Soportar la carga sobre calzos. Equipos de protección individual (guantes y botas) con marcado CE.	2	3	6	60	360	II
Descarga de materiales y trabajos previos	12	Atrapamiento y aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos.	Estado del suelo. Cercanías a zanjas y terraplenes. Apoyo de las patas de las grúas.	Señalización y balizado. Evitar el estacionamiento cerca de terraplenes y zanjas. Utilizar estabilizadores de máquinas y, en general, de acuerdo a las normas del Manual de Instrucciones de la máquina que debe llevar marcado CE o adecuación al Real Decreto 1215/1997. Nivelación y compactación de suelos antes de utilizar maquinaria de elevación.	2	3	6	60	360	II
	13	Sobreesfuerzos y posturas inadecuadas.	Manipular piezas pesadas.	Uso de la maquinaria, formación e información.	2	3	6	25	150	II
	14	Exposición a temperaturas ambientes extremas.	Trabajos a la intemperie.	Protección Individual: ropa adecuada.	2	2	4	10	40	III
Izado y traslado de piezas	01	Caída de a distinto nivel.	Caída en zanjas, huecos, etc.	Señalización y balizado. Instalación de protección vertical.	2	3	6	60	360	II
	02	Caída de personas al mismo nivel.	Zanjas y desniveles del terreno. Restos y materiales sobre el suelo.	Señalización y balizado. Orden y limpieza.	2	3	6	25	150	II
	03	Caída de objetos por derrumbamiento.	Amarre, izado y traslado de las piezas desde la zona de almacenamiento hasta el lugar de montaje.	Manejo de la grúa por personas especializadas. Evitar recorrido de la grúa cerca de terraplenes. Pestillos de seguridad en ganchos. Revisión de cadenas. Marcado CE de accesorios y elementos (cables, eslingas, ganchos). Tensión previa de los cables una vez enganchada la carga. Elevar la carga lo suficiente para evitar obstáculos. Realizar el recorrido a velocidad moderada. Dirigir la carga mediante cables o cuerdas. No situarse ningún operario debajo de la carga. Adecuación de los equipos de trabajo al Real Decreto 1215/97. Seguir los manuales de trabajo de los fabricantes de los equipos.	2	3	6	60	360	II
	05	Caída de objetos desprendidos.	Herramientas, casquillos y otros objetos sobre pieza principal.	Revisión de la pieza antes del izado. Acotar zona de trabajo.	2	3	6	60	360	II
	06	Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos.	Restos y materiales sobre el suelo.	Orden y limpieza	2	3	6	60	360	II

Tabla 73. Análisis de riesgos y medidas preventivas en el montaje de estructuras metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral

OPERACIÓN	RIESGOS			MEDIDAS PREVENTIVAS	Calificación del Riesgo					
	Código	Riesgo	Condiciones de trabajo		Nivel de deficiencia	Nivel de exposición	Nivel de probabilidad	Nivel de consecuencias	Nivel de riesgo	Nivel de intervención
Izado y traslado de piezas	11	Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos.	Enganche de la pieza.	No manipular el cable en el momento de la puesta en tensión. Retener y dirigir la carga mediante cables o cuerdas. Equipos de protección individual: guantes y botas.	2	3	6	60	360	II
	12	Atrapamiento y aplastamiento por vuelco de máquinas o vehículos.	Estado del suelo. Recorrido de la grúa cercano a terraplenes y/o zanjas.	Verificar el estado de compactación del suelo. Evitar el recorrido cercano a zanjas, terraplenes, taludes y fosos. Utilizar estabilizadores de máquinas y, en general, de acuerdo a las normas del Manual de Instrucciones de la máquina que debe llevar el marcado CE o adecuación al Real Decreto 1215/97.	2	3	6	60	360	II
	14	Exposición a temperaturas extremas.	Trabajos a la intemperie. Lluvia,...	Protección individual: ropa adecuada. Interrupción de los trabajos.	2	2	4	10	40	III
	21	Atropello o golpes con vehículos.	Recorrido de la grúa.	Área de trabajo señalizada y despejada. Acompañamiento de un operario a pie con conocimiento de señales.	2	3	6	60	360	II
OPERACIÓN	RIESGOS			MEDIDAS PREVENTIVAS	Calificación del Riesgo					
	Código	Riesgo	Condiciones de trabajo		Nivel de deficiencia	Nivel de exposición	Nivel de probabilidad	Nivel de consecuencias	Nivel de riesgo	Nivel de intervención
Presentación de las piezas y fijación provisional	01	Caída de personas a distinto nivel.	Trabajos en altura en la unión de piezas verticales y horizontales: dinteles-pilares; cerchas-pilares; cornisas-dinteles; vigas carril-pilares.	Utilización de plataformas elevadoras. Amarre del operario con cinturón de seguridad en maniobras peligrosas. Verificación del suelo sobre el que se apoya la plataforma. Protección individual: cinturones, cascos, guantes. Marcado CE de todos los equipos de protección individual.	2	3	6	60	360	II
	03	Caída de objetos por derrumbamiento.	Posible caída de piezas por fijación provisional deficiente.	Señalización y balizado de las zonas de trabajo en altura. Acotar los niveles de la zona de trabajo. Especificación clara de mínimos en tornillos y cordones de soldadura para que la unión sea resistente al peso propio y al viento. Colocación de elementos provisionales como cables, puntales, etc., para garantizar la estabilidad. Marcado CE de los equipos y accesorios de trabajo. Manejo de la grúa por persona especializada con carnet de gruísta.	2	3	6	60	360	II
	05	Caída de objetos desprendidos.	Posible caída de herramientas, pinzas de soldar, atornilladoras, llaves.	Señalización, balizado y acotado de los niveles inferiores de las zonas de trabajo. Amarre de las herramientas a la plataforma. Uso de cinturones portaherramientas.	2	3	6	60	360	II
	07	Choques y golpes contra objetos inmóviles.	Golpes contra alguna de las piezas a ensamblar.	Protecciones individuales: guantes, botas, cascos. Marcado CE de todos los equipos de protección individual.	2	3	6	25	150	II
OPERACIÓN	RIESGOS			MEDIDAS PREVENTIVAS	Calificación del Riesgo					
	Código	Riesgo	Condiciones de trabajo		Nivel de deficiencia	Nivel de exposición	Nivel de probabilidad	Nivel de consecuencias	Nivel de riesgo	Nivel de intervención
Presentación de las piezas y fijación provisional	09	Golpes y cortes por objetos y herramientas.	Utilización de herramientas manuales.	Protección individual: guantes, cascos, botas,... Marcado CE de todos los equipos de protección individual.	2	3	6	25	150	II
	11	Atrapamiento y aplastamiento entre objetos.	Presentación y ajuste de piezas.	Protección individual: guantes, cascos, botas,... Marcado CE de todos los equipos de protección individual.	2	3	6	60	360	II
	13	Sobreesfuerzos, posturas forzadas al presentar las piezas. Esfuerzos en el atornillado.	Posturas forzadas al presentar las piezas. Esfuerzos en el atornillado.	Uso de maquinaria adecuada: atornilladora eléctrica.	2	3	6	25	150	II
	14	Exposición a temperaturas ambientales extremas.	Trabajo a la intemperie. Lluvia.	Protección individual: ropa adecuada. Interrupción de los trabajos.	2	2	4	10	40	III
	15	Contactos térmicos.	Temperatura elevada de los cordones de soldadura.	No tocar superficies calientes. Protección individual: guantes.	2	2	4	10	40	III
	16	Contactos eléctricos.	Utilización de soldadura y atornilladora. Contactos eléctricos con líneas aéreas de alta tensión.	Revisión de cables, conexiones y protecciones. Interrupción de los trabajos si la distancia a la línea de alta tensión es inferior a 6 metros.	2	3	6	60	360	II
	18	Exposición a radiaciones.	Operación de soldadura.	Protección individual: caretas, guantes, mandiles.	2	3	6	25	150	II

Tabla 74. Análisis de riesgos y medidas preventivas en el montaje de estructuras metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral

OPERACIÓN	RIESGOS			MEDIDAS PREVENTIVAS	Calificación del Riesgo					
	Código	Riesgo	Condiciones de trabajo		Nivel de deficiencia	Nivel de exposición	Nivel de probabilidad	Nivel de consecuencias	Nivel de riesgo	Nivel de intervención
Fijación definitiva de piezas (tornillado o soldadura)	15	Contactos térmicos.	Temperatura elevada de los cordones de soldadura.	No tocar superficies calientes. Protección individual: guantes.	2	2	4	10	40	III
	16	Contactos eléctricos.	Utilización de soldadura y atornilladora.	Revisión de cables, conexiones y protecciones. Marcado CE de todos los equipos de protección individual.	2	3	6	60	360	II
	18	Exposición a radiadores.	Utilización de soldadura.	Protección individual: caretas, gafas, guantes, botas, mandíles. Marcado CE de todos los equipos de protección individual.	2	3	6	25	150	II
OPERACIÓN	RIESGOS			MEDIDAS PREVENTIVAS	Calificación del Riesgo					
	Código	Riesgo	Condiciones de trabajo		Nivel de deficiencia	Nivel de exposición	Nivel de probabilidad	Nivel de consecuencias	Nivel de riesgo	Nivel de intervención
Fijación definitiva de piezas (tornillado o soldadura)	01	Caída de personas a distinto nivel.	Trabajos en altura en la unión de piezas verticales y horizontales: dinteles-pilares; cerchas-pilares; correas-dinteles; correas-pilares; viga carril-pilares.	Utilización de plataforma elevadora. Amarre de los operarios a la barandilla de la plataforma, en posturas peligrosas. Verificación del suelo sobre el que se apoya la plataforma. Protección individual en altura: cinturones, cascos, guantes. Marcado CE de todos los equipos de protección individual.	2	3	6	60	360	II
	05	Caída de objetos desprendidos.	Caída de herramientas, pinzas de soldar, electrodos, atornilladoras, llaves dinámométricas.	Señalización y balizado de las zonas de las zonas de trabajo. Amarre de herramientas a barquilla de plataforma.	2	3	6	60	360	II
	07	Choques y golpes contra objetos inmóviles.	Golpes contra la pieza a unir.	Protección individual: cinturón, cascos, botas, guantes. Marcado CE de todos los equipos de protección individual.	2	3	6	25	150	II
	09	Golpes y cortes por objetos y herramientas.	Utilización de herramientas.	Protección individual: cinturón, cascos, botas, guantes.	2	3	6	25	150	II
	13	Sobreesfuerzos posturas inadecuadas.	Esfuerzos en el atornillado final.	Uso de maquinaria: atornilladora eléctrica. Apretado de los tornillos por los operarios	2	2	6	25	150	IIX
	14	Exposición a temperaturas ambientales extremas.	Trabajo a la intemperie. Lluvia.	Protección individual: ropa adecuada. Interrupción de los trabajos.	2	2	4	10	40	III

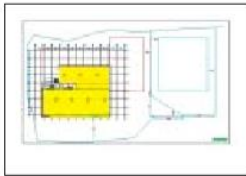
Tabla 75. Análisis de riesgos y medidas preventivas en el montaje de estructuras metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral

9.5) REGLAS DE SEGURIDAD

9.5.1) ANTES DE INICIAR EL MONTAJE

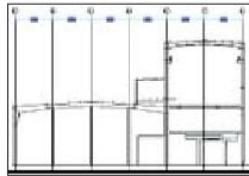
Estudio de las características de la estructura a montar: plan de montaje; plan de seguridad.

Documentación



Planos generales de estructura.
Planos de montaje.

Fases de montaje



Estudio de fases de montaje.
Planning de montaje.
Planning de maquinaria.

Estudio de piezas



Estimación de pesos de piezas.
Capacidad de carga de las grúas.
Manipulación y enganche de piezas.

Equipo de montaje



Jefe de montaje.
Número de montadores.
Número de soldadores.

Maquinaria de elevación



Grúas autoportantes.
Grúas sobre camión.
Carnet de gruista.

Otras máquinas



Plataforma elevadora.
Máquina de soldar.
Soplete oxiacetilénico.
Cortadora radial.
Atornilladora eléctrica.
Taladro manual.

Recorrido de grúas.

Herramientas



Llaves dinámicas.
Llaves inglesas.
Mazos, martillos.
Punzones.

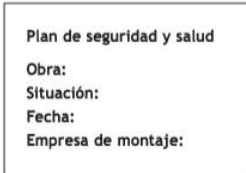
Elementos de amarre.



Estlingas, cadenas, cinchas.
Ganchos, pestillos.
Pinzas, mordazas.

Estudio del plan de seguridad.

Plan de seguridad.



Estudio del plan de Seguridad.

Protecciones colectivas.



Plataformas telescópicas.
Plataformas de tijera.
Andamios.
Escaleras.

Protecciones individuales.



Cascos, guantes, caretas, polainas,
cinturones, gafas, botas,
mandiles.

Señalización y balizado.



Panel de señales.
Señalización de zanjas y fosos.
Balizamiento de zonas de trabajo.

Estado inicial del terreno. Instalación eléctrica.

Estado del terreno.



Horizontalidad y compactación
del suelo.
Capacidad resistente del terreno.
Presencia de terraplenes.
Presencia de zanjas y fosos.

Áreas de almacenamiento.



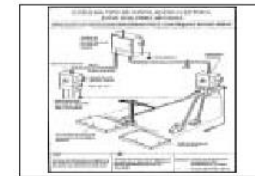
Áreas de almacenamiento general.
Áreas de almacenamiento local.

Orden y limpieza de la obra.



¡¡Orden y limpieza
la primera y principal medida de
seguridad!!

Instalación eléctrica.



Presencia de líneas de alta
tensión.
Puesta a tierra.
Protecciones diferenciales.
Estado de cables.
Estado de máquinas.

Tabla 76. Reglas de seguridad para el montaje de montar estructuras metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral

9.5.2) VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA, ÚTILES Y HERRAMIENTAS

Grúa camión, grúa sobre camión.



Capacidad de elevación.
Estado de cables.
Libro de mantenimiento.
Ganchos con pestillo.
Gatos hidráulicos de apoyo.
Carnet de gruiста de los conductores.

Plataforma telescópica.



Altura máxima de elevación.
Libro de mantenimiento.
Estado de la barquilla.
Pruebas previas.
Marcado CE.

Máquinas de soldar.



Estado de conexiones.
Puesta a tierra.
Estado de pinzas.
Estado de los cables.
Marcado CE.

Pequeña maquinaria.



Estado de conservación.
Estado de conexiones.
Estado de cables.
Marcado CE.

Herramientas manuales.



Estado de conservación.
Fijación de mangos.
Homologación y marcado CE.

Eslingas, cadenas, cinchas.



Verificación de capacidad resistente.
Estado de conservación.
Homologación y marcado CE.

Ganchos, pinzas, mordazas.



Capacidad resistente.
Pestillos en ganchos.
Homologación y marcado CE.

Protecciones individuales.



Homologación y marcado CE.
Estado de conservación.

Tabla 77. Verificación de maquinaria, útiles y herramientas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral

9.5.3) DESCARGA Y ALMACENAMIENTO DE PIEZAS

Carga de piezas sobre camión.



Calzos sobre cama del camión.
Empaquetado de pieza pequeña.
Calzos de separación entre piezas.
Costales en laterales de la cama.
Cadenas envolventes de carga.

Descarga de piezas.



Calzos de madera sobre terreno.
Existencia de pestillos en ganchos.
Durmientes en patas de grúa camión, ...
Gatos estabilizadores de la grúa.

Amarre previo de piezas.



Tensor los cables una vez enganchada la carga.
Protecciones individuales, guantes, botas.
Asegurarse de que los cables no patinen.
Asegurarse de que los cables están tendidos por igual.

Izado de carga.



Tomas precauciones para evitar la caída de la carga.
Elevar la carga lentamente para que adquiera su posición de equilibrio.
No sujetar nunca los cables en el momento de su puesta en tensión.

Izado de la carga.



Si el despegue de la carga presenta una resistencia anormal, no insistir en ello y observar dónde está enganchada.

Almacenamiento de la carga.



No apilar en altura.
Altura máxima, aproximadamente 1,5 metros.
Verificar la estabilidad de la carga apilada.
Apoyo sobre calzos de madera.

Tabla 78. Descarga y almacenamiento de piezas metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral

9.5.4) IZADO Y TRANSPORTE DE PIEZAS AL PUNTO DE MONTAJE

Área de trabajo.



Área de trabajo señalizada y despejada. Comprobar la resistencia del terreno. Guardar las distancias a terraplenes y zanjas.

Recorrido de la grúa.



Elevar la carga a una altura suficiente para evitar obstáculos. Realizar el transporte a poca altura y velocidad moderada. Visibilidad total para el gruísta.

Recorrido de la grúa.



Acompañamiento del montador con conocimiento de señales. Por piezas de gran tamaño dirigir la carga con cuerdas o cables sostenidas por operarios.

Recorrido de la grúa.



No dejar la carga suspendida en un paso. Prohibir el paso a personas y máquinas debajo de las cargas suspendidas. Evitar golpes con otras piezas.

7.5 PRESENTACIÓN Y FIJACIÓN PROVISIONAL DE PIEZAS.

Plataforma telescópica.



Comprobación de horizontalidad y resistencia del terreno. Área de trabajo libre de obstáculos. Operario experto en la conducción y manejo de la maquinaria.

Presentación de piezas.



Operarios con conocimiento de código de señales. Visión total del gruísta del espacio de maniobra. Evitar atrapamiento de las manos. Utilización de equipos de protección individual: guantes, cascos, botas, etc. Comprobar distancia a líneas de alta tensión. Suspender los trabajos si la distancia es inferior a 6 metros

Presentación de piezas.



Utilizar el cinturón de seguridad Amarrado a la barandilla de la barquilla en movimientos que entrañen peligro. Fijación de las llaves de apretar tornillos y pinzas de soldar para evitar caídas. Fijar a la vez los dos extremos de la pieza.

Fijación provisional



Nunca salir de la barquilla sin el cinturón de seguridad. Evitar realizar esfuerzos grandes. Establecer por el jefe de montaje fijaciones mínimas provisionales, para soportar esfuerzos de pesos propios y viento.

Tabla 79. Izado y transporte de piezas al punto de montaje. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral

9.5.4.1) FIJACIÓN DEFINITIVA DE LAS PIEZAS

Soldadura.



Uso apropiado de escaleras de mano. Amarre con cinturón de seguridad. Utilización de equipos de protección individual: guantes, cascos, caretas, botas,...

Soldadura.



Puesta a tierra de la pieza a soldar. Comprobación del estado de las pinzas. Comprobación de cables y conexiones.

Atornillamientos.



Protección individual: guantes, cascos, botas,... Dos operarios para apriete manual o con atornilladora de tornillos de alta resistencia. Conexiones y mantenimiento de atornilladora.

Atornillamientos.



Comprobar que no se ha quedado ningún tornillo sin apretar. No dejar olvidada ninguna herramienta sobre las piezas. No desplazarse sobre piezas ya fijadas sin cinturón y cable fijador.

Tabla 80. Fijación definitiva de las piezas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral

9.6) REQUERIMIENTOS PSICO-FÍSICOS DE LOS MONTADORES

El montaje de estructuras metálicas es un trabajo "duro" y arriesgado. Los operadores deben tener unas mínimas aptitudes psico-físicas.

Requerimientos de los montadores

Aptitudes físicas:

- Visión: 7/10 como mínimo para cada ojo con o sin corrección.
- Oído: Oír claramente las palabras pronunciadas a una distancia de siete metros en un tono moderado.
- Corazón: No tener ningún tipo de lesión o deficiencia.
- Carecer de algún tipo de hernia.
- Campo visual: Medida precisa del ángulo de visión.
- Reflejos.

Aptitudes psicotécnicas:

- Rapidez de percepción normal
- Habilidad manual normal
- Coordinación bimanual normal
- Coordinación visomanual normal
- Inteligencia general práctica normal
- Capacidad de comprensión normal
- Comprensión espacial alta
- Estabilidad emocional normal
- Agresividad baja
- Responsabilidad alta

No deben emplearse en los trabajos en altura personas propensas a mareos, vértigos o que padezcan alguna enfermedad o defecto físico que incremente el riesgo de accidente.

Las personas que vayan a trabajar en altura serán convenientemente instruidas sobre los riesgos que corren y el uso de los medios de protección adecuados para evitarlos.

9.7) LISTA DE COMPROBACIÓN

Organización de la prevención	SI	NO
Los planos de montaje están actualizados y completos		
Está nombrado el coordinador de seguridad		
Están nombrados delegados de prevención		
Existe plan de seguridad		
Los servicios de vestuarios y aseos son suficientes		
Se van a dar charlas informativas previas		

Estado de la obra	SI	NO
Las zonas para almacen de perfiles están acotadas		
El terreno está horizontal y compactado		
Se guarda la distancia reglamentaria a líneas eléctricas (6 m)		
Están señalizadas las zanjas y los fosos		
Los recorridos de las grúas están cercanos a zanjas		
Existen durmientes para el apilamiento de las piezas		

Maquinaria de elevación: camión grúa	SI	NO
La zona de trabajo está acotada y señalizada		
Los apoyos de las patas estabilizadoras son correctos		
El terreno es firme y compactado		
El conductor operador está formado (tiene carnet de gruista)		
Se efectúan las revisiones periódicas de la máquina		
Se guarda la distancia reglamentaria a líneas eléctricas		
Se indica la carga máxima de la máquina		
El gancho tiene pestillo de seguridad		
El auxiliar señalista es experimentado		
Se utiliza casco protector		

Instalación eléctrica	SI	NO
El cuadro eléctrico reúne las condiciones reglamentarias		
Los cables están en buen estado		
Están puestos a tierra los cuadros eléctricos		
Las protecciones diferenciales están correctas		

Equipos de protección individual	SI	NO
Se dispone del número suficiente de equipos de seguridad: Cascos, guantes, botas, gafas, caretas de soldador,...		
Son los equipos apropiados para los trabajos a realizar		
Los equipos están homologados y tienen marcado CE		

Plataformas elevadoras	SI	NO
El terreno está compactado y nivelado		
El conductor operador está adiestrado y formado		
Se efectúan revisiones periódicas		
Se guarda la distancia reglamentaria a líneas eléctricas		

Equipos de protección colectiva	SI	NO
La señalización y balizado de zonas de trabajo es correcta		
Los carteles anunciadores de peligros y equipos individuales obligatorios son correctos		
Las escaleras de mano reúnen las condiciones reglamentarias		
Las plataformas elevadoras tienen las características de altura de elevación de carga apropiadas		
Los equipos están homologados y tienen marcado CE		

Eslingas, cadenas, cables y ganchos	SI	NO
Está el material homologado		
Se conoce la capacidad de carga de las cadenas		
Se conoce el peso aproximado de las piezas a elevar		
Se ha verificado el estado de conservación de los equipos		
Los ganchos tienen pestillos de seguridad		
Los equipos están homologados y tienen marcado CE		



Tabla 81. Lista de comprobación para el montaje de estructuras metálicas. Fuente: Instituto Navarro de Salud Laboral

DE LA FASE 3: EVALUACIÓN

ANEXO 10 - MATERIALES EN CERRAMIENTOS

10.1) PANEL DE MICROCONCRETO – USG DUROCK

El tablero de cemento marca USG DUROCK es fabricado con cemento Portland en su núcleo, y lamiado con una malla de fibra de vidrio polimerizada en ambas caras.

"Proporciona una base sólida para recibir azulejos y recubrimientos cerámicos, losetas y mosaicos de cerámica, mármol, cantera, piedra y ladrillo delgado, así como acabados con pasta." ("Catálogo de Materiales | SUMe")

Se puede instalar sobre bastidores metálicos con los postes espaciados a 40.6 cm máximo (16"), tanto en construcciones nuevas como remodelaciones.

Es el producto ideal para instalar en muros faldones y cielos interiores sujetos a contacto directo con el agua o condiciones de humedad alta como baños, regaderas, cocinas o lavanderías. También se puede utilizar para elementos exteriores como cielos, fachadas, marquesinas, faldones, etc.

Principales aplicaciones

Uso Exterior:

- Muros
- Cielos rasos
- Elementos de fachada: faldones, cornisas, volúmenes decorativos

Uso interior:

- Muros divisorios de baños
- Zonas de duchas
- Cocinas industriales
- Cuartos de lavado
- Muros con acabado cerámico o pétreo



Ventajas y beneficios

- La mejor solución para áreas en contacto directo con agua
- Se puede usar en interiores y exteriores
- Incombustible
- Resistente al moho
- Fácil de cortar y atornillar
- No sufre deterioro, degradación, deformación, deslaminado, ni se desintegra al exponerlo al contacto directo con agua por tiempo prolongado
- Presenta una de sus caras rugosa para la mejor aplicación de compuesto o adhesivo para losetas
- Instalación rápida que acelera la productividad

Información del Producto	
Espesor	12.7mm (1/2")
Dimensiones	1.22 m ancho ; 2.44 m largo
Peso por m ²	11.59 Kg/m ²
Bordes	Tiene orilla cuadrada en sus lados cortos, redondeada y lisa en sus lados largos.
Embalaje	El paquete consta de 30 piezas

Claves del producto		
Producto	Clave del producto	UPC
Tablamiento marca USG DUROCK® 12.7 mm (1/2") 1.22 m X 2.44 m.	DKNG13244M	0-81099-0449-0

Propiedades / Tablero de 12.7 mm (1/2")	Información	Método de prueba ASTM
Resistencia a la flexión	52.7 kg/cm ² (750 psi)	ASTM C-947
Absorción de agua en 24 horas	15% de su peso	ASTM C-473
Resistencia a la extracción de clavos	79 kg (125 lbf)	ASTM C-473
Incombustibilidad	Aprobado	ASTM E-136
Propagación de flama	0	ASTM E-84
Generación de humo	0	ASTM E-84
Radio mínimo de flexión	1.83 m (6 ft)	
Congelamiento (procedimiento B, número de ciclos sin deterioro)	100	ASTM C-666
Resistencia a la indentación	>87.88 kg/cm ² (1250 psi)	D-2394
Resistencia al corte por adhesión	>3.52 kg/cm ² (50 psi)	ANSI A118.4
Resistencia a la extracción de clavos	>6.33 kg/cm ² (90 psi)	C-473
Resistencia al moho	Calificado 0, sin crecimiento 10/10	G-21 y D-3273

Tabla 82. Información y propiedades del panel de microconcreto - USG Durock. Fuente: Ficha técnica del producto Tablero de cemento USG DUROCK

NOTAL ACLARATORIA: Siempre consultar con su experto USG el peso final, ya que puede tener una variación. Se considera un peso promedio de 11.59 kg/m² para cálculo de piezas por contenedor, pero este puede variar de acuerdo con el embalaje.

Carga uniforme para tableros marca USG Durock de 12.7mm (1/2")	Espaciamiento de Tornillos	Empuje de viento L/240	Empuje de viento L/360
A cada 30.5 cm (12")	20 cm (8")	220 kg/m ² (45psf)	220 kg/m ² (45 psf)
	15 cm (6")	293 kg/m ² (60psf)	293 kg/m ² (60 psf)
A cada 40.6 cm (12")	20 cm (8")	161 kg/m ² (33psf)	146 kg/m ² (30 psf)
	15cm (6")	220 kg/m ² (45psf)	146 kg/m ² (30 psf)

VALORES PARA LA **NOM-018-ENER-2011**

Planta	Resistencia Térmica	Conductividad Térmica	Densidad aparente	Permeabilidad de Vapor de Agua	Adsorción de Humedad	Absorción de Agua
Monterrey	0,128 m ² · K/W 0,729 ft ² h ^o F/BTU	0,0990 W/m·K	921,66 kg/m ³	0,137 ng/Pa·s·m	10,22 % (masa) 9,41 % (volumen)	25,28 % (masa)

Tabla 83. Valores para el cumplimiento de la NOM-018-ENER-2011 por el tablero de cemento USG Durock. . Fuente: Ficha técnica del producto Tablero de cemento USG DUROCK

Cumplimiento de estándares

El tablero de cemento USG Durock® excede los estándares del ANSI sobre unidades de base de cemento (CBU). Véase el estándar ANSI A118.9 para conocer los métodos de prueba y las especificaciones de las CBU y el estándar ANSI A108.11 para conocer la instalación en interiores de las CBU. "Supera los estándares de la industria como substrato exterior para acabados exteriores, así como la ASTM C1325 para unidades de base de cemento reforzado de malla de fibra sin asbesto." ("TABLERO DE CEMENTO USG DUROCK® Exterior e Interior")

Entrega y almacenamiento de materiales

Todos los materiales deben entregarse y almacenarse en su paquete original sin abrir en un lugar cerrado que brinde protección contra daños y exposición al medio ambiente. Aunque la estabilidad y la durabilidad del tablero de cemento USG Durock® no se deteriora por el medio ambiente, las variaciones en humedad y temperatura pueden afectar la eficacia de la adhesión del compuesto Basecoat y otros adhesivos. Almacene todos los tableros de cemento USG Durock® en superficies planas.

Condiciones ambientales

En climas fríos y durante la instalación de tableros de cemento USG Durock®, deben mantenerse las temperaturas en el edificio dentro de un rango de 4° y 37°C (40 y 100°F). Es necesario suministrar ventilación adecuada a fin de eliminar cualquier exceso de humedad.

Aplicaciones exteriores

En aplicaciones exteriores, el tablero de cemento USG Durock® no debe dejarse sin cubrir durante un período mayor de 90 días. Puede ocurrir decoloración o manchado de la superficie debido a la exposición al medio ambiente, lo cual no afectará el desempeño del tablero. No deben aplicarse acabados, compuestos, ni Basecoat al tablamento USG Durock® si se encuentra mojado, congelado o con escarcha. Después de la aplicación, y durante al menos 24 horas, los acabados, compuestos y Basecoat deben protegerse en forma eficaz contra la lluvia y el exceso de humedad. En climas fríos y durante las aplicaciones de acabados, la temperatura del tablero de cemento USG Durock®, así como del compuesto Basecoat y el aire debe ser de 4°C (40°F) como mínimo y mantenerse así o a un nivel mayor durante al menos 24 horas después de la aplicación. El clima cálido y seco puede afectar

el tiempo de trabajo del Basecoat y de los acabados. En condiciones de secado rápido, puede requerirse el humedecimiento o el rocío ligero de la superficie de los tableros y el Basecoat a fin de mejorar la maniobrabilidad.

Microfisuras del tablero

USG Durock® está formulado para desarrollar Microfisuras diminutas (también conocidas como múltiples fisuras) en el tablero. El proceso de Microfisuras ayuda a liberar uniformemente la energía de deformación almacenada en el producto debido al manejo y la instalación, a cargas externas y al movimiento restringido del tablero. La presencia de Microfisuras en el tablero no debe considerarse un defecto del producto.

Instalación

Antes de su especificación e instalación, lea detenidamente las instrucciones relacionadas con los productos, impresas en los empaques y manuales publicados por USG Latinoamérica. Antes y durante el manejo de los productos USG, siga las normas de seguridad industrial vigentes. Tome las precauciones necesarias y utilice el equipo de seguridad personal adecuado.

- a) Los tableros de cemento se instalan sobre bastidores metálicos, tanto en muros como en sistemas de cielo raso
- b) Los bastidores de los cielos se conforman de colgantes de alambre galvanizado del número 12 que se instalan a una distancia máxima de 1.22 m (4'). Ubique el primer colgante a 15 cm de los muros que limitan dicho cielo. Sujete las canaletas de carga USG de los colgantes, dejándolas paralelas entre sí y amarre los canales listón USG perpendiculares a las canaletas con alambre galvanizado del número 16 o 18, con separación máxima de 40.6 cm (16").
- c) Los bastidores de los muros se deberán desplantar sobre una cadena de concreto, no se recomienda su desplante a nivel de piso terminado. Carga uniforme para tableros marca USG Durock de 12.7mm (1/2") USG Latam 3 Asesoría Técnica 01 800 USG 4 YOU 01 800 874 4 968 www.usg.com usg4you@usg.com.mx Tablero para Sistema
- d) Fije los canales de amarre a la losa e inserte los postes a no más de 40.6 cm (16") entre ellos. Todos los postes deberán ser atornillados a los canales de amarre.
- e) El tablero de cemento debe cortarse al tamaño requerido con un cuchillo y regla. Las sierras eléctricas sólo deben utilizarse si están equipadas con un colector de polvo. El instalador debe usar una máscara para polvo aprobada por NIOSH/MSHA
- f) En muros exteriores, se deberá instalar una membrana impermeable sobre el bastidor antes de instalar los tableros de cemento. En cielos rasos exteriores, un Ingeniero Mecánico calificado determinará si es necesario instalar una barrera de vapor.
- g) Instale el tablero de cemento con los bordes a hueso, pero no forzados entre sí. Alterne las uniones de los extremos en hiladas sucesivas.
- h) Sujete los tableros de cemento USG Durock® al bastidor con los tornillos especificados. Atornille desde el centro de los tableros hacia los extremos. Sostenga firmemente los tableros al bastidor mientras coloca los tornillos. Espacie los tornillos un máximo de 20 cm (8") a centros en muros, y a 15 cm (6") a centros en cielos rasos. Los tornillos perimetrales deben quedar a una distancia del borde no menor de 9.6 mm (3/8") y no mayor de 15.9 mm (5/8"). Fije los tornillos de tal manera que la cabeza de éstos quede al ras de la superficie del tablero para asegurar el contacto firme con el bastidor. No apriete demasiado los tornillos. Entre los tornillos aprobados se incluyen los siguientes: Tornillos marca USG Tornirock® tipo DS de

- 1-1/4" y 1-5/8" para metales calibre 14 a 20; y tornillos marca USG Tornirock® tipo Tek plano para unir los metales entre sí.
- i) Rellene las juntas entre tableros, las cabezas de los tornillos y cualquier hueco que pudiera haber quedado con compuesto Basecoat marca USG Durock® o USG Baseflex® y posteriormente embeba la cinta de refuerzo marca USG Durock®, retire el exceso y deje secar por al menos 24 horas.
 - j) Una vez seco el tratamiento de juntas, coloque una capa uniforme de compuesto Basecoat marca USG DUROCK® o Baseflex® de 3mm de espesor. Para lograr un mejor terminado, le sugerimos embeber la Malla USG Durock® en toda la superficie del muro, esto le ayudará obtener un espesor constante en la superficie, evitando así que se note el tratamiento de juntas.
 - k) Finalmente, aplique el acabado final, se recomienda utilizar pasta de 1/8" de espesor conforme a las especificaciones del fabricante.
 - l) Consulte el Manual Técnico USG DUROCK® para encontrar especificaciones más completas del sistema.

Nota: Es importante considerar el uso de selladores, tapajuntas (flashings) y elementos adicionales conforme las especificaciones del proyecto, para el correcto uso del tablero de cemento marca USG DUROCK®.

Limitaciones

1. Diseñado para cargas positivas o negativas uniformes de hasta 293 kg/m² (60 psf). Si desea información más completa sobre el uso de los tableros USG Durock® en sistemas exteriores, consulte el Manual Técnico USG Durock®.
2. Aplicaciones en muros: espaciamiento máximo entre postes: 40.6 cm (16") a centros. El bastidor debe diseñarse con base en las propiedades de los postes considerando una deflexión de L/360. Espaciamiento máximo entre tornillos: 20 cm (8") a centros en muros; 15.24 cm (6") a centros para aplicaciones de cielo raso.
3. En aplicaciones exteriores, el tablero de cemento USG Durock® no debe dejarse descubierto durante un periodo que exceda de 90 días. Puede ocurrir decoloración o manchado de la superficie debido a la exposición al medio ambiente, lo cual no afectará el desempeño del tablero.
4. Los recubrimientos quebradizos, como los de epóxicos, no son recomendables para usarse con el tablero de cemento USG Durock®. El tablero está diseñado para usarse sólo con loetas, fachaletas de ladrillo y recubrimientos de estuco para exteriores.
5. La carga muerta máxima para sistemas de cielos rasos es de 36.6 kg/m² (7.5 psf).
6. El bastidor metálico debe ser calibre 20 o superior.
7. No use tornillos exclusivos para tableros de yeso marca USG Tablaroca®. No utilice cinta para juntas marca Perfacinta®.
8. No use el tablero de cemento USG Durock® con pisos de vinyl.
9. El tablero de cemento USG Durock® no está diseñado para usarse como tablero estructural.
10. El peso máximo instalado de los acabados no debe exceder de 73.2 kg/m² (15 psf).
11. Los tableros de tablero de cemento USG Durock® no deben usarse en áreas donde queden expuestos a temperaturas que excedan de 93°C (200°F).
12. En ubicaciones cercanas a agua salada u otros ambientes difíciles, los profesionales de diseño deben considerar el uso de tornillos de acero inoxidable.
13. No utilice compuestos de juntas para los tableros de yeso marca USG Tablaroca® directamente sobre el tablero de cemento USG Durock®.
14. No usar accesorios (esquineros, rebordes, etcétera) metálicos sobre tableros de cemento

Consideraciones de uso y almacenaje

El almacén debe contar con las siguientes características:

- Lugar cerrado, fresco y seco.
- Las estibas deberán descansar sobre soportes, nunca sobre el piso.
- No se recomienda el acomodo de los tableros sobre sus cantos para mantener la integridad del núcleo del canto evitando que se fracture y por seguridad de los operarios.
- La estiba máxima es de 6 paquetes o tarimas (30 piezas por paquete), se recomienda mantener el mismo acomodo durante períodos largos de tiempo, y rotar las estibas cada 6 meses como máximo.

Garantía de fabricante

USG Garantiza sus productos contra defectos de fabricante a 30 días de su compra. Es importante presentar los documentos de adquisición (facturas o recibos) para realizar cualquier reclamación notificando al distribuidor autorizado USG con quien realizaste tu compra.

<p>PRODUCTOS COMPLEMENTARIOS:</p>  <ul style="list-style-type: none">• Compuesto Basecoat marca USG DUROCK® y Baseflex marca USG DUROCK®• Cinta de refuerzo marca USG DUROCK®• Membrana impermeable Tyvek.• METALES USG: Postes, canales y tornillos.• Malla marca USG DUROCK®	<p>NOTA:</p> <ul style="list-style-type: none">• Si requiere que el sistema sea acústico y/o térmico: Colchoneta de Fibra de Vidrio.• Si requiere que el sistema sea térmico, acústico y ensamble para protección contra fuego: Colchoneta de Lana Mineral. 
---	--

Ilustración 112. Productos complementarios para la instalación del tablero de cemento USG Durcok. . Fuente: Ficha técnica del producto Tablero de cemento USG DUROCK

10.2) LÁMINA DE GYPSUM - LÁMINA FIRE SHIELD SHAFTLINER



Sistema de cerramiento liviano diseñado específicamente para conformar ensambles de resistencia al fuego de 1 a 4 horas con clasificación UL alrededor de ductos de elevadores, electromecánicos y de escaleras.

Este sistema permite trabajar el montaje y acabado desde un solo lado de la pared facilitando el cerramiento de áreas de difícil acceso y permitiendo el trabajo simultáneo de otras actividades al interior de los ductos.

Descripción

La MARCA Gold Bond® Fire-Shield® Shaftliner XP® Paneles de yeso con Sporgard™ * consiste en un núcleo de yeso tipo X resistente al fuego incluido en un papel PURPLE® original de National Gypsum resistente al moho / hongos, 100% reciclado. La cara y la parte posterior.

Shaftliner XP fue diseñado para proporcionar protección adicional contra el moho y los hongos. El papel de la cara se dobla alrededor de los bordes largos para reforzar y proteger el núcleo, y los extremos tienen un corte cuadrado y un acabado suave. Los bordes largos de los paneles están biselados para facilitar la instalación.

Los paneles Shaftliner XP están diseñados para ser utilizados en la construcción de barreras livianas contra incendios para muros huecos de cavidades (1-4 hr), escaleras y paredes de incendios de separación de áreas en viviendas multifamiliares. Los paneles son componentes clave en los sistemas I-Stud, CT Stud y CH Stud Cavity Shaftwall y los sistemas H-Stud Area Separation Fire Wall.

Características y beneficios

- Resiste el crecimiento de moho por ASTM G 21 con una puntuación de 0, la mejor puntuación posible.
- Resiste el crecimiento de moho por ASTM D 3273 con una puntuación de 10, la mejor puntuación posible.
- Material ligero y rentable
- El Shaftliner se corta fácilmente para una rápida instalación.
- El núcleo de yeso no soporta combustión o transmitir temperaturas muy por encima de 212 ° F (100 ° C) hasta que esté completamente calcinado, un proceso lento.
- Expansión y contracción bajo la atmosfera normal los cambios son despreciables.
- Clasificación UL para resistencia al fuego, características de quemado de la superficie y la no combustión.

- Shaftliner XP puede ser sustituido por National Gypsum's Fire Shield de la marca Gold Bond®, Shaftliner en Cavity Shaftwall, sistemas de muro de separación de área y particiones laminadas sólidas.
- Fire-Shield Shaftliner XP ha alcanzado GREENGUARD GOLD Certificación de calidad del aire interior.

Calificación de resistencia al fuego

Fire-Shield Shaftliner XP es UL clasificado y aprobado para inclusión en UL específica contra incendios diseños: U347, U497, U498, U499, V451, W414, W419.

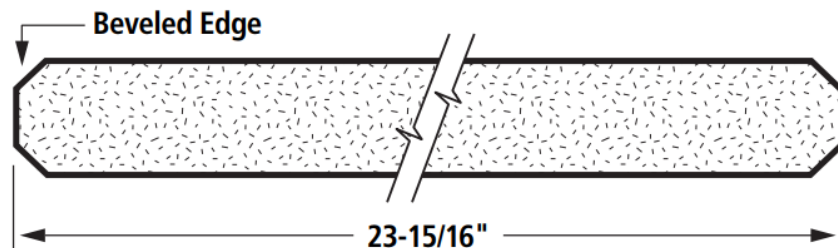
Las clasificaciones de resistencia al fuego representan los resultados de las pruebas en montajes compuesto por materiales autorizados por National Gypsum en especificas configuraciones. Al seleccionar diseños de construcción para cumplir ciertos requisitos de resistencia al fuego, precaución debe ser utilizado para asegurar que cada componente del ensamble es el especificado en la prueba. Promover, se debe tener cuidado de que los procedimientos de montaje se ajustan a los ensambles evaluados.

Instalación

La instalación de los paneles de 1 "Shaftliner XP deben ser consistentes con los métodos descritos en los detalles específicos de la aplicación para sistemas I-Stud Cavity Shaftwall, sistema de separación de área H-Stud u otros diseños a prueba de fuego en la Guía de construcción de yeso de National Gypsum Company.

Technical Data

PHYSICAL PROPERTIES	
Thickness, nominal	1" (25.4 mm)
Width, nominal	24" (610 mm)
Length, standard	8' (2440 mm) to 12' (4270 mm)
Weight, lbs./sf, nominal	3.75
Edges	Double-beveled
Surface Burning Characteristics (per ASTM E 84)	Flame spread: 15 Smoke developed: 0
Packaging	Single pieces
Flexural Strength	<ul style="list-style-type: none"> - Parallel 77 lbf., per ASTM C 473 - Perpendicular 228 lbf., per ASTM C 473 - R Value 0.65, per ASTM C 518



APPLICABLE STANDARDS AND REFERENCES
ASTM C 1396
Federal specification SS-L-30D Type IV Grade X

Tabla 84. Información y propiedades de la lámina de Gypsum - Lámina Fire-Shield Shaftliner - National Gypsum. Fuente: Ficha técnica del producto Fire-Shield Shaftliner XP de National Gypsum

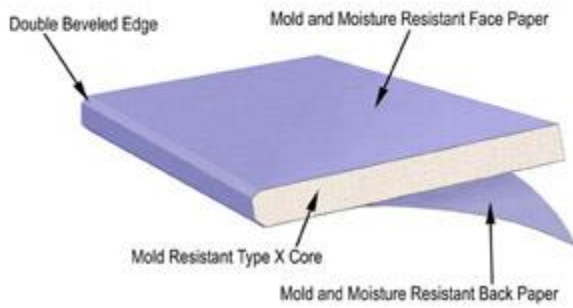


Ilustración 113. Láminas Fire-Shield Shaftliner - National Gypsum. Ficha técnica del producto Fire-Shield Shaftliner XP de National Gypsum

10.3) AISLAMIENTO TERMOACÚSTICO – COLCHONETA DE LANA MINERAL ECOBATT® DE KNAUF CON TECNOLOGÍA



Todos los productos aislantes de Knauf son sostenibles. El aislamiento de lana mineral de vidrio EcoBatt con tecnología ECOSE lleva el estándar a un nivel totalmente nuevo. Se basa en un material biológico que se renueva con rapidez y que consume hasta un 70 % menos de energía que los aglutinantes tradicionales. La tecnología ECOSE es un revolucionario aglutinante más sostenible sin fenoles, formaldehídos, acrílicos ni colores artificiales. El aislamiento EcoBatt de Knauf Insulation combina la tecnología ECOSE con arena, uno de los recursos más abundantes del mundo, y un alto grado de vidrio de botellas recicladas. "Los productos aislantes EcoBatt tienen la calidad, durabilidad y manejo excepcionales que uno espera de los aislamientos de Knauf, con un nivel de sostenibilidad aún mayor." ("ECOBATT | IMPROPLAC")



GREENGUARD Gold de UL Environment

Knauf Insulation obtuvo la Certificación GREENGUARD Gold de UL Environment y cuenta con la verificación de ausencia de formaldehídos.

GREENGUARD Certification Program de UL Environment

Los productos cuentan con certificación de las normas de GREENGUARD de UL Environment para bajas emisiones de elementos químicos al aire interior durante el uso del producto.

Para obtener más información, visite ul.com/gg.



Producto que cumple los requisitos de LEED

El uso de este producto puede ayudar a que los proyectos de construcción cumplan con las normas de construcción definidas por el sistema de clasificación de construcciones ecológicas de LEED (siglas inglesas de Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental).

Crédito de MR 4.1 - 4.2 Contenido reciclado

Crédito MR 5.1 - 5.2 Materiales regionales

Este producto está cubierto por una o más patentes estadounidenses o de otros países. Consulte la página www.knaufinsulation.us/patents.



Descripción del aislamiento EcoBatt

El aislamiento de lana mineral de vidrio EcoBatt de Knauf Insulation fabricado con tecnología ECOSE contiene una alta concentración de uno de los recursos renovables más abundantes del mundo, la arena, y un alto grado de vidrio de botellas recicladas aglutinado con tecnología ECOSE. Los productos están disponibles sin revestimiento o con revestimiento de papel madera, metálico, o metálico con clasificación ignífuga FSK-25 (metal-entelado-papel madera).

Descripción de la tecnología ECOSE®

La tecnología ECOSE es una sustancia química aglutinante revolucionaria que mejora la sustentabilidad de nuestros productos. El "aglutinante" es el adhesivo que mantiene unido nuestro producto de lana mineral de vidrio y le da su forma y color marrón. La tecnología ECOSE es un producto sostenible hecho a base de plantas que reemplaza el aglutinante de fenol/formaldehído que tradicionalmente se utilizaba en productos de lana mineral de vidrio. Los productos que utilizan la tecnología ECOSE no tienen formaldehído y, en comparación con nuestros productos del pasado, hay una menor posibilidad de que contribuyan con el calentamiento global.

Aplicación

Las guatas y mantas EcoBatt de Knauf Insulation son barreras térmicas y acústicas rentables para realizar construcciones con ahorro de energía. Sus fibras resilientes de calidad constante, poco polvo y fáciles de cortar facilitan la fabricación y agilizan la instalación. Los productos pueden usarse en aplicaciones de bastidores de madera y metal nuevos y readaptados en estructuras residenciales y comerciales, así como en aplicaciones de viviendas prefabricadas. Estas aplicaciones incluyen tratamientos térmicos y acústicos para paredes,



cielorrasos y pisos. Además, las guatas EcoBatt de **alta densidad (HD)** están disponibles donde se requiere un rendimiento térmico óptimo y el espacio para el aislamiento es limitado. Las guatas para cielorraso tipo catedral EcoBatt de alta densidad, por ejemplo, ofrecen un mayor valor R en menos espacio, de modo que los constructores pueden aumentar ese valor y continuar manteniendo un espacio suficiente para la ventilación.

Las excelentes propiedades acústicas del aislamiento EcoBatt **QuietTherm®** de Knauf Insulation reducen la transmisión de sonido cuando se instalan correctamente en tabiques, cielorrasos y pisos. Se usan principalmente en aplicaciones comerciales ligeras.

El aislamiento EcoBatt **Staple-Free** de Knauf Insulation consta de guatas con revestimiento de papel madera sin bridas que se ajusta por fricción entre postes de madera, lo que elimina la necesidad de fijarlas con grapas. Estas guatas están diseñadas para usarse en construcciones con estructuras de madera donde el espaciado entre postes no supere las 16" (406 mm) entre centros.

Aplicaciones residenciales

Knauf Insulation ofrece una línea completa de guatas y mantas EcoBatt estándar y de alta densidad con una amplia gama de tamaños y valores R. Disponible sin revestimiento, o con revestimiento metálico de papel madera o con clasificación ignífuga (FSK), el aislamiento residencial de Knauf Insulation puede usarse para paredes huecas, pisos, cielorrasos, áticos, sótanos y espacios de poca altura. Es muy resiliente; recupera su espesor total con rapidez. También reduce en gran medida la transmisión del sonido.

Aplicaciones comerciales ligeras

Esta línea completa de guatas y mantas EcoBatt estándar y de alta densidad para construcciones de estructura de madera y metal están disponibles sin revestimiento o con revestimiento de papel madera, metálico, o metálico con clasificación ignífuga (FSK). El aislamiento de edificios comerciales de Knauf Insulation puede usarse para exteriores y para tabiques, pisos, espacios de poca altura y diversos

Aplicaciones en viviendas prefabricadas

Los productos de Knauf Insulation para viviendas prefabricadas incluyen una línea completa de guatas y mantas EcoBatt con una amplia gama de valores R, longitudes y anchos. Están diseñados para funcionar con eficiencia con estructuras prefabricadas de todos los anchos. Disponible sin revestimiento en anchos de hasta 192" (4,88 m) o con revestimientos de papel madera en anchos de hasta 24" (610 mm), puede usarse para aplicaciones en paredes huecas, tabiques, pisos y cielorrasos.

Rendimiento acústico

Los aislamientos EcoBatt y QuietTherm de Knauf Insulation tienen propiedades acústicas excelentes y reducen la transmisión de sonido cuando se instalan correctamente en tabiques y sistemas acústicos de cielorrasos y pisos. El aislamiento acústico/térmico de Knauf Insulation puede mejorar las clasificaciones de STC de 3 a 5 puntos en construcciones con postes de madera y de 8 a 10 puntos en construcciones con postes metálicos, dependiendo de la complejidad de las configuraciones de las paredes, los valores R y las capas de aislamiento. La tabla de clasificaciones de STC, a la derecha, ilustra cuánto mejoran las clasificaciones en una aplicación comercial en la que se usa aislamiento acústico/térmico de Knauf Insulation en comparación con la falta de aislamiento.

Lana mineral de vidrio y moho

El aislamiento de lana mineral de vidrio evita la formación de moho. Sin embargo, el moho puede aparecer prácticamente en cualquier material que tenga humedad y contaminación. Revise con atención los aislamientos que se hayan expuesto al agua. Si muestran algún signo de moho, deben desecharse. Si el material está húmedo, pero no tiene signos de moho, debe secarse por completo e inmediatamente. Si el revestimiento tiene signos de degradación a causa de humedad, debe reemplazarse.



Datos técnicos

Características de combustión de la superficie

- Los productos sin revestimiento y con revestimiento metálico con clasificación ignífuga (FSK) no exceden una propagación de llama de 25 y una generación de humo de 50 en las pruebas de conformidad con la norma ASTM E 84.
- El revestimiento de papel madera es inflamable y no debe dejarse expuesto.

Valor térmico

- La resistencia térmica (valor R) se determina con el método de prueba estándar del sector ASTM C 518.

Permeabilidad al vapor de agua (ASTM E 96)

- Los productos con revestimiento de papel madera tienen una permeabilidad al vapor de agua de 1,0 o menos.
- Los productos con revestimiento metálico FSK tienen clasificaciones de 0,04.
- Los productos con revestimiento metálico tienen clasificaciones de 0,05.

Sorción de vapor de agua (ASTM C 1104)

- Menos del 5 % por peso.

Corrosión (ASTM C 665)

- No mayor que el algodón estéril.

Desarrollo microbiano (ASTM C 1338)

- No permite el desarrollo microbiano.

Ignífugo (ASTM E 136)

- El aislamiento sin revestimiento es ignífugo.

Cumplimiento de especificaciones

- ASTM C 665; Tipo I, Clase A, Categoría 1, (sin revestimiento)
- ASTM C 665; Tipo II, Clase C, Categoría 1, (con revestimiento de papel madera)
- ASTM C 665; Tipo III, Clase A, Categoría 1, (con revestimiento metálico FSK-25)
- ASTM C 665; Tipo III, Clase B, Categoría 1, (con revestimiento metálico)
- Ausencia de formaldehídos verificada por el UL Environmental GREENGUARD Institute
- Con certificación GREENGUARD Gold de UL Environment
- Comisión de Energía de California
- MEA #498-90-M
- Estado de Minnesota



Características y beneficios

Rendimiento comprobado

- Elegido por los instaladores profesionales que buscan calidad, estética y productividad.
- Las excelentes propiedades acústicas reducen la transmisión de sonido en el hogar cuando se instala correctamente en tabiques y sistemas de cielorrasos y pisos.

Manipulación superior

- Todos los productos con revestimiento de Knauf Insulation tienen una brida amplia adicional para grapado que agiliza y facilita la instalación.
- El aislamiento de alta resiliencia recupera su espesor completo con rapidez, se ajusta a la perfección y tiene una estética final superior.
- Los materiales de calidad constante fabricados con fibras resilientes se cortan con facilidad y se instalan con rapidez y poco polvo.

- El revestimiento durable resiste las rasgadas y tiene marcas en incrementos de un pie (30,5 cm) que agilizan la fabricación en el terreno.

Embalaje cómodo, manipulación más sencilla

- El aislamiento EcoBatt de Knauf Insulation se embla en una bolsa de polietileno resistente blanca que ofrece una excelente protección contra el maltrato, el polvo y la humedad.
- Nuestros embalajes incluyen instrucciones de instalación completas y una etiqueta de valor R bien visible que cumple con los estándares del sector y facilita la lectura de los tamaños y especificaciones de los productos de Knauf Insulation.
- El embalaje unificado de Knauf Insulation ahorra tiempo en el sitio de trabajo y ahorra espacio en el depósito.
- Las unidades de guata de la bolsa principal ayudan a reducir los costos de manipulación mediante una mayor compresión: a mayor cantidad de pies cuadrados por bolsa, mayor cantidad de pies cuadrados por carga de camión, menos viajes hasta el sitio de trabajo y menos espacio de depósito para el almacenamiento.

Clasificaciones de STC				
	Con aislamiento	Sin aislamiento	Con aislamiento	Sin aislamiento
Estructura de madera, 2 x 4 (Guata de 3½" a 4")	(con panel de yeso de ½" en los dos lados)		(con panel de yeso de ¾" en los dos lados)	
Postes simples/una sola capa de yeso	38	35	38	34
Postes simples/canal resiliente	47	39	52	40
Postes escalonados/una sola capa de yeso	49	39	51	43
Paredes de postes dobles/una sola capa de yeso	57	46	56	45
Estructura de acero (postes de 2½") (Guata de 3½" a 4")	(con panel de yeso de ½" en los dos lados)		(con panel de yeso de ¾" en los dos lados)	
Una sola capa de yeso	45	36	47	39
Doble capa de yeso en un lado/ Una sola capa de yeso en el otro lado	50	39	52	44
Doble capa en los dos lados	56	45	57	48
Estructura de acero (postes de 3¼") (Guata de 3½" a 4")	(con panel de yeso de ½" en los dos lados)		(con panel de yeso de ¾" en los dos lados)	
Una sola capa de yeso	47	39	50	39
Doble capa de yeso en un lado/ Una sola capa de yeso en el otro lado	52	42	55	47
Doble capa en los dos lados	56	50	58	52



Aislamiento EcoBatt® de Knauf Insulation con tecnología ECOSE®

Construcción de estructura de madera				
Valor R	Espesor	Sin revestimiento	Papel madera	Sin grapas
R-11	3½" (89 mm)	11", 15¼", 23¼" (279, 387, 590 mm)	15", 23" (381, 584 mm)	
R-13	3½" (89 mm)	15", 23" (381, 584 mm)	15", 23" (381, 584 mm)	15¼" (387 mm)
R-15	3½" (89 mm)			15¼" (387 mm)
R-15HD*	3½" (89 mm)	15" (381 mm)	15" (381 mm)	
R-19	6¼" (1599 mm)	15", 15¼", 23¼" (381, 387, 590 mm)	15", 19", 23" (381, 483, 584 mm)	15¼" (387 mm)
R-20	5½" (140 mm)	15", 23" (381, 584 mm)	15", 23" (381, 584 mm)	
R-21	5½" (140 mm)			15¼" (387 mm)
R-21HD*	5½" (140 mm)	15", 23" (381, 584 mm)	15", 23" (381, 584 mm)	
R-22	6½" (165 mm)	23" (584 mm)		
R-25	8" (203 mm)	16", 24" (406, 610 mm)		
R-30	10" (254 mm)		16", 24" (406, 610 mm)	
R-30 Attic	10" (254 mm)	16", 24" (406, 610 mm)		
R-38	12" (305 mm)	16", 24" (406, 610 mm)	16", 24" (406, 610 mm)	
R-38HD*	10¼" (261 mm)	23" (584 mm)		

Construcción de estructura metálica				
Valor R	Espesor	Sin revestimiento	Papel madera	Sin grapas
R-11	3½" (89 mm)	16", 24" (406, 610 mm)		
R-13	3½" (89 mm)	16" (406 mm)	16" (406 mm)	
R-19	6¼" (1599 mm)	16", 24" (406, 610 mm)	16", 24" (406, 610 mm)	

Rollos para viviendas prefabricadas				
Valor R	Espesor	Sin revestimiento	Papel madera	Sin grapas
R-7**	2¼" (64 mm)	15", 90", [96" East] (381, 2286, 2438 mm)		
R-11	3½" (89 mm)	15" & 96" East, 48" West (381, 2438, 1219 mm)	15" East (381 mm)	
R-19	6¼" (1599 mm)	15" East & 48" West (381, 1219 mm)	15" East (381 mm)	

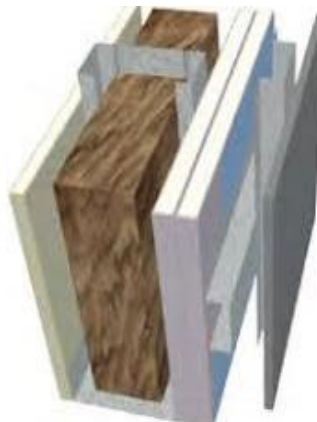
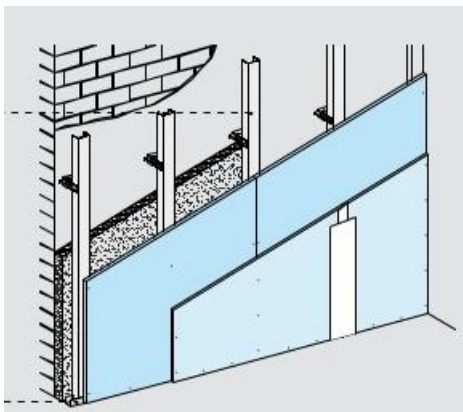
Rollos para viviendas prefabricadas disponibles como pedidos personalizados en R-14, R-22, R-25 y R-30

* HD: aislamiento de alta densidad ** QT: aislamiento QuietTherm

* Los elementos no indicados se consideran productos personalizados o no estándares. Para adquirir productos personalizados, metálicos y de metal FSK, comuníquese con el responsable de Knauf Insulation de su región.

El objetivo de este cuadro es servir como guía de referencia rápida. Su representante de ventas puede informarle acerca de todos los productos.

Tabla 85. Información y propiedades del aislamiento termoacústico - Colchoneta de lana mineral EcoBatt de Jnauf con tecnología ECOSE. Fuente: Ficha técnica del producto EcoBatt de Kanuf Insulation



10.4) VENTANERÍA - DOBLE VIDRIADO HERMÉTICO EXTRALUM

El Doble Vidriado Hermético (DVH), es un producto compuesto por dos vidrios, separados entre sí por una cámara de aire seco, sellada herméticamente al paso de la humedad. Esta cámara hermética le proporciona al DVH su capacidad de aislamiento térmico.

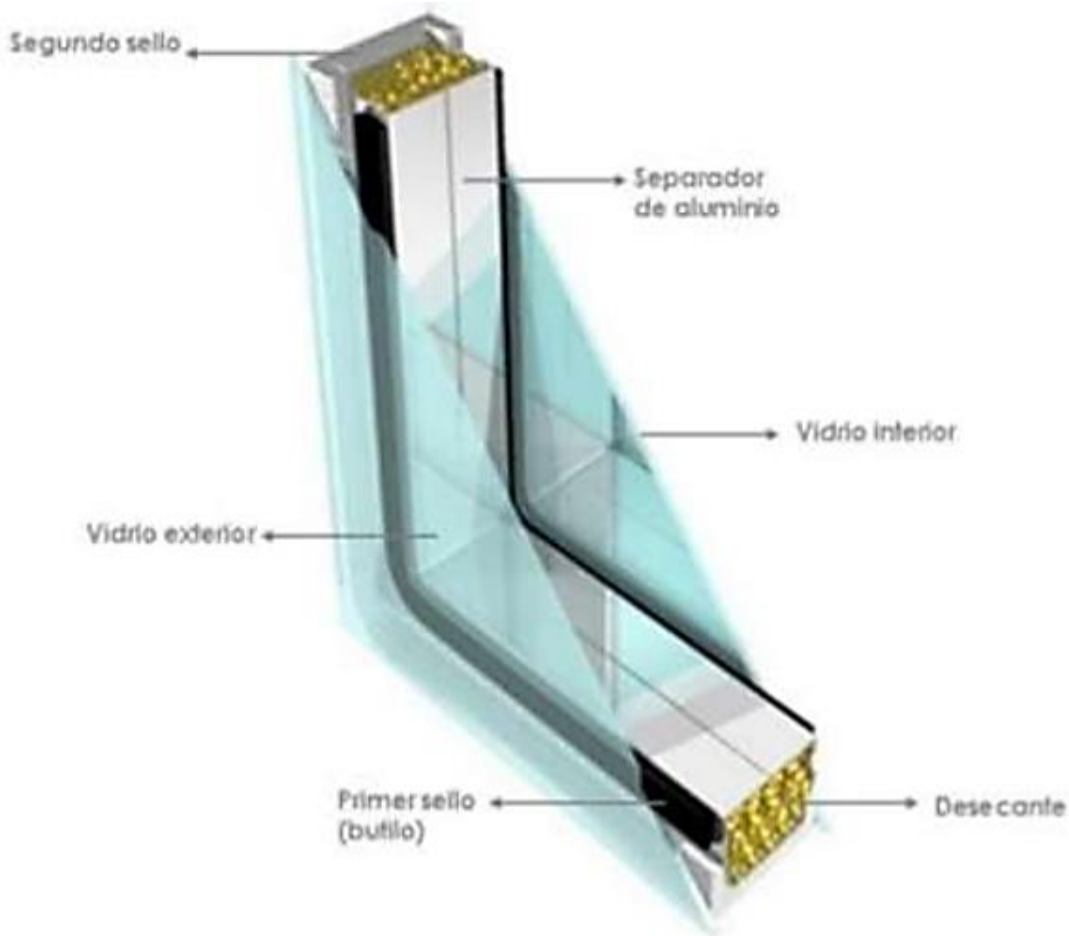


Ilustración 114. Ventanería de doble vidrioado Hermético Extralum.
Fuente: Ficha técnica de Doble Vidriado Hermético (DVH).

Al comparar el DVH con un vidrio monolítico (un solo paño) normal o laminado se pueden obtener las siguientes ventajas y propiedades en un cerramiento envidriado.

- Incremento de más del 100% el aislamiento térmico del vidriado.
- Mejora el aislamiento acústico.
- Disminuye hasta un 70% el consumo de energía de climatización por las pérdidas de calor a través del vidrio.
- Reduce la condensación de humedad sobre el vidrio evitando que se empañe.
- Anula el efecto de "muro frío" aumentando el confort junto a la ventana.
- Fabricado con vidrio de color, reflectivo, o bajo emisivo, brinda control solar y disminuye el resplandor de la excesiva luminosidad.

Terminología.

Es importante conocer las siguientes definiciones básicas:

Separador: Es el elemento físico que mantiene separados los vidrios y permite, de este modo, la existencia de la cámara.

Desecante: tiene la función de absorber la humedad contenida en el interior de la cámara en el momento de armar la unidad de DVH, para evitar que aparezca condensación sobre las superficies interiores de los vidrios.

Primer sello: El butilo se aplica como un fino cordón en los laterales del perfil separador y tiene como función principal impedir el ingreso de humedad desde el exterior debido a su muy bajo coeficiente de transmisión de vapor de agua.

Segundo sello: El sellador secundario posee la capacidad estructural que no posee el butilo y su uso en el DVH garantiza que el butilo no será afectado por las sollicitaciones a que se verá sometida la unidad. Es decir que el sellador secundario garantiza que el butilo se mantenga íntegro durante toda su vida útil en el DVH. (“Especificación Técnica. - Extralum”)

Aplicaciones.

El DVH es un producto de alto valor agregado que se utiliza en todas aquellas aplicaciones con requerimientos de ahorro energético logrado a través del excelente aislamiento térmico del DVH comparado con aplicaciones monolíticas de vidrio.

Características Físicas

Dimensiones.

A la hora de establecer el tamaño máximo debe tenerse en consideración:

- La configuración (espesores de vidrio y cámara).
- Las condiciones de carga máxima (viento) a que se verá expuesto el DVH una vez instalado.
- Los factores de seguridad para manipulación del vidrio.

Para determinar las condiciones de carga máxima es importante como mínimo conocer las condiciones de exposición del vidrio, la velocidad máxima promedio de viento en el sitio de instalación y la altura de instalación sobre el nivel del terreno

Por consideraciones de daño o rompimiento durante la manipulación o transporte, volumen de aire en la cámara y ondulación y deflexión en vidrio templado se recomienda no exceder las dimensiones indicadas abajo.

DVH con vidrio monolítico crudo o con tratamiento térmico.

Espesor Vidrio mm.	Espesor Cámara (mm)	Tamaño Mínimo AnchoxAlto (mm)	Tamaño Máximo AnchoxAlto (mm)	Relación Ancho/Largo mínima	Peso Max. DVH (kg)
3.0	6.0 / 9.5 / 11.5	300x400	1000x1800	40%	14
4.0	6.0 / 9.5 / 11.5	300x400	1000x2000	20%	28
5.0	6.0 / 9.5 / 11.5	300x400	1300x2300	20%	68
6.0	6.0 / 9.5	300x400	1400x2800	20%	130
	11.5	300x400	2300x2800	20%	252
6.0 Con capa pirolítica o capa suave (soft coat)	6 / 9.5 / 11.5	300x400	1400x2200	20%	224
8.0	11.5	300x400	2400x3150	20%	477
10.0	11.5	300x400	2400x3150	20%	676

Ilustración 115. Información y propiedades de la Ventanería de doble vidriado Hermético Extralum. Fuente: Ficha técnica de Doble Vidriado Hermético (DVH)



Unidades de DVH con vidrios de 4 o mayor espesor y dimensiones cercanas al máximo recomendado debe considerarse la opción de tratar térmicamente los vidrios para prevenir rompimiento durante el transporte, instalación o por estrés térmico.

Las dimensiones indicadas en la tabla anterior no consideran solicitudes específicas de carga de viento.

Para combinaciones de espesores no indicadas en la tabla, se debe tomar como referencia al establecer el tamaño máximo el espesor menor de vidrio.

En los siguientes gráficos se muestra a modo de referencia las dimensiones admisibles por configuración y carga de viento especificada, según los supuestos citados a continuación:

- Factor de ráfaga de 3 segundos.
- Coeficiente de exposición equivalente a edificaciones en terreno abierto, llanuras y sabanas con obstrucciones dispersas que tienen alturas promedio menores a 10 metros.
- Edificaciones con una categoría de importancia clasificación B y C, según el CSCR 2002.
- Presión de viento a 10m de altura.
- El cálculo de la presión total de viento basada según el ASCE 7-05.
- El cálculo de resistencia del vidrio según norma ASTM E-1300.
- Deflexión máxima calculada para el DVH de 10 mm.

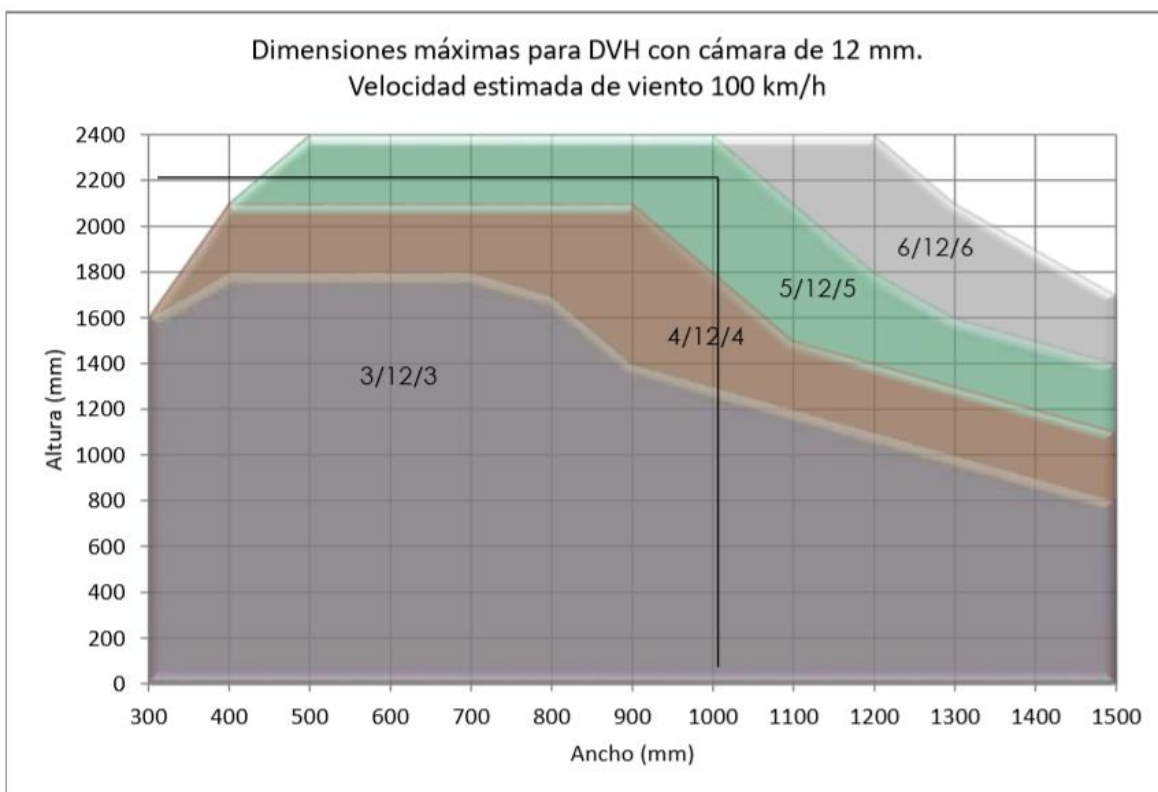


Gráfico 30. Dimensiones máximas para DVH con cámara de 12 mm. Velocidad estimada de viento 100 km/h. Fuente: Ficha técnica de Doble Vidriado Hermético (DVH)

Para utilizar el gráfico se traza una línea desde el eje horizontal en la dimensión deseada del ancho. Se realiza el mismo procedimiento para la altura del vidrio en el eje vertical. El punto donde ambas líneas se interceptan indica la configuración de DVH recomendada.

En el ejemplo indicado un DVH con ancho de 1000 mm, altura de 2200 mm, que resista satisfactoriamente ráfagas de viento de 100 km/h, puede fabricarse con una configuración 5/12/5.

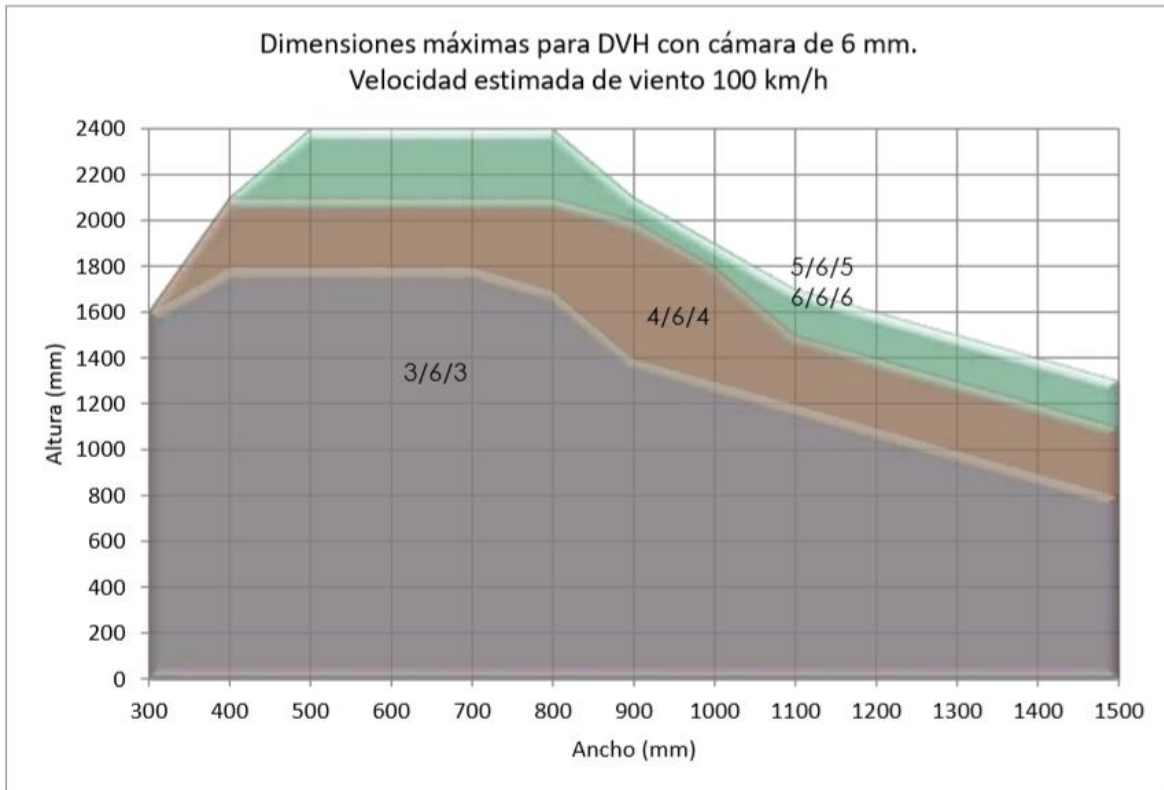


Gráfico 31. Dimensiones máximas para DVH con cámara de 6 mm. Velocidad estimada de viento 100 km/h. Fuente: Ficha técnica de Doble Vidriado Hermético (DVH)

Espesor de vidrio.

Normalmente el DVH se fabrica con vidrios que van desde 3 hasta 6 milímetros de espesor. Sin embargo, es posible la fabricación de DVH con vidrio de 8, 10 y 12 milímetros.



Se recomienda en aquellos casos en que se combinan diferentes espesores de vidrio en un DVH, que la diferencia entre espesores no supere el 20%.

Espesores vidrio monolítico.

- Espesor nominal mínimo: 3 mm
- Espesor nominal máximo: 10 mm.

Espesores VILAX Laminado.

- Espesor nominal mínimo: 6.4 mm
- Espesor nominal máximo: 13.5 mm

Tolerancia

Es permitida una diferencia entre las dimensiones de plano y las reales del DVH de ± 2.0 mm por lado.

Espesor Final.

El espesor nominal del DVH se especifica sumando el espesor de los vidrios componentes y el separador utilizado. El espesor final del producto puede variar en un $\pm 10\%$ de acuerdo con la combinación de espesores de vidrio y separador utilizado.

Descuadre.

Las diferencias en las diagonales del DVH no deben ser superiores a 2.0 mm.

Desfase entre vidrio.

El desfase entre los cantos de los vidrios no debe ser superior a 2.0 mm.

Calidad de la Superficie.

El DVH debe inspeccionarse visualmente de acuerdo con la ESP-07-05-62 Especificación para Inspección Visual del Vidrio.



*Ilustración 116. Perfilera y fotografías de la Ventanería de doble vidriado Hermético Extralum.
Fuente: Ficha técnica de Doble Vidriado Hermético (DVH)*

ANEXO 11 - ENTREPISO

11.1) CONCRETO

El capítulo 8 del código sísmico de Costa Rica 2012 establece los requisitos y especificaciones para la construcción de estructuras de concreto y acero en zonas sísmicas. Uno de los aspectos importantes que se considera en este capítulo es la resistencia del concreto, la cual se refiere a la capacidad del material para soportar cargas de compresión.

En el código sísmico de Costa Rica 2012, se especifica que la resistencia mínima a la compresión del concreto, denominada f'_c , debe ser de 21 MPa (3 ksi). Este valor se refiere a la fuerza que el concreto es capaz de soportar por unidad de área antes de fracturarse. Es importante que el concreto utilizado en las estructuras cumpla con esta resistencia mínima para asegurar la estabilidad y resistencia de la estructura en caso de un sismo.

Además de la resistencia del concreto, se deben considerar otros factores importantes como la exposición al fuego o la durabilidad de la estructura. Dependiendo de las condiciones y necesidades de la estructura, se podrán requerir resistencias mayores a los 21 MPa.

Por otro lado, el código sísmico de Costa Rica 2012 establece una prohibición sobre el uso de aditivos o acelerantes que contengan sales clorhídricas o fluoruros. Esto se debe a que estos compuestos pueden producir corrosión sobre la lámina de acero, la cual se utiliza como refuerzo en las estructuras de concreto. Es importante que se evite el uso de estos aditivos para garantizar la durabilidad y estabilidad de la estructura a largo plazo.

En resumen, el capítulo 8 del código sísmico de Costa Rica 2012 establece los requisitos y especificaciones para la resistencia del concreto y el uso de aditivos en la construcción de estructuras de concreto y acero en zonas sísmicas. Estos requisitos son fundamentales para asegurar la estabilidad, resistencia y durabilidad de las estructuras ante la posible ocurrencia de un sismo. (“Manual tecnicometaldeck”)

11.2) REFUERZO POR RETRACCIÓN Y TEMPERATURA

La malla de acero de refuerzo que se recomienda colocar en el sistema tiene el propósito fundamental de absorber los efectos de la retracción de fraguado del concreto y los cambios térmicos que ocurran en el sistema. Esta malla o refuerzo está conformado por barras con resistencia a la fluencia de al menos 420MPa (60ksi) o por mallas electrosoldadas de alambrón. (“Placa Colaborante | Hormigón | Acero - Scribd”).

La experiencia ha mostrado al menos un incremento del 10% en la capacidad de carga de losas con la malla comparada con losas que no la tienen. El refuerzo por retracción y temperatura debe suministrar un área mínima de 0.00075 veces el área del concreto por encima de la lámina de METALDECK, pero no debe ser menor que una malla con un área de 59.3 mm² de acero por metro de ancho de losa. "La mínima especificación recomendada para el sistema METALDECK de METALCO es una malla cuadrada de 150mm x 150mm de 4mm de diámetro como refuerzo por temperatura." (“METALDECK - Studylib”)

La utilización de fibras en el concreto pueden ser una solución alternativa a la malla de refuerzo por retracción y temperatura. La norma ASTM A820 especifica la utilización de estas fibras en el concreto para control de agrietamiento por temperatura donde la cuantía mínima de estas en el concreto será de 14.8kg/m³. También pueden utilizarse fibras macro sintéticas “fibras toscas”, hechas de un Poliolefina virgen y deben tener un diámetro equivalente entre 0.4mm (0.016pulg) y 1.25mm (0.05pulg) con una mínima relación de aspecto (longitud / diámetro equivalente) de 50. La mínima cuantía de estas últimas será de 2.4kg/m³ y son convenientes para ser usadas como refuerzo mínimo por retracción y temperatura. Aunque la malla de refuerzo por temperatura o las fibras no previenen de manera total el agrietamiento, lo cierto es que han mostrado tener un buen trabajo para el control de grietas, en especial si la malla se mantiene cercana a la superficie superior de la losa (recubrimiento de 20 a 25mm). El área de refuerzo suministrada para la malla de acuerdo con la fórmula expresada anteriormente o la cuantía mínima de fibras en acero o fibras macro sintéticas no serán suficientes para ser asumidas como el total del refuerzo negativo. Debe calcularse la cantidad de refuerzo negativo sin tener en cuenta el aporte de la malla por temperatura o las fibras.

11.3) REFUERZO NEGATIVO EN LA LOSA

El esfuerzo negativo en las losas se produce cuando se aplica una carga que produce momentos flectores inversos en la losa, lo que resulta en una tensión de flexión negativa en la parte inferior de la losa. Esto es común en losas que tienen apoyos en ambos extremos y que están sujetas a cargas puntuales o concentradas en una sección media de la losa.

En términos más simples, el esfuerzo negativo ocurre cuando una parte de la losa está siendo empujada hacia arriba mientras que otra está siendo tirada hacia abajo. Este tipo de esfuerzo puede ser muy peligroso para la integridad estructural de la losa, ya que puede provocar agrietamiento o incluso la falla total de la estructura.

Es importante tener en cuenta el esfuerzo negativo en el diseño y construcción de las losas, para garantizar su resistencia y durabilidad a lo largo del tiempo. Se pueden utilizar diferentes técnicas para reducir o eliminar el esfuerzo negativo en las losas, como el uso de refuerzos adicionales o la modificación de la geometría de la losa.

Para losas que involucren varias luces consecutivas, el ingeniero puede seleccionar un sistema de losa continuo en los apoyos, caso en el cual es necesario diseñar la losa para el momento negativo que se genera y deberá colocarse el refuerzo negativo complementario en estos puntos de apoyo. En estos casos la lámina colaborante será diseñada para actuar solo como una formaleta permanente. El tablero de acero de trabajo compuesto (Composite steel deck) no se considera como refuerzo en compresión en las áreas con presencia de momento negativo. Para el diseño particular en parqueaderos debe considerarse de continuidad en las diferentes luces y calcularse el respectivo refuerzo negativo para cumplir esa condición.

En las losas con voladizos la lámina METALDECK actúa solo como formaleta permanente. Debe proporcionarse refuerzo superior para absorber los esfuerzos generados bajo esta consideración.

11.3.1) ESPESOR DE LA LOSA Y RECUBRIMIENTO MÍNIMO

El recubrimiento mínimo de concreto por encima de la parte superior de la lámina de METALDECK (tc) debe ser de 50mm (2pulg.) Cuando se coloque refuerzo negativo adicional a la malla por temperatura y retracción, el recubrimiento mínimo de concreto por encima de este debe ser de 20mm.

De acuerdo con lo anterior, los espesores mínimos totales recomendados para losas en METALDECK se resumen en la siguiente tabla:

Referencia	Altura de lámina	Espesor total mínimo concreto
Metaldeck 2"	50.8mm (2")	100mm (4")

Tabla 86. Espesores totales mínimos de la losa en el sistema compuesto. Fuente: Manual técnico del METALDECK

ANEXO 12 - COMPLEMENTOS DEL SISTEMA ESTRUCTURAL Y CERRAMIENTOS

12.1) RESISTENCIA AL FUEGO – PROTECCIÓN PASIVA EN ESTRUCTURAS DE ACERO MEDIANTE PLACAS DE FIBROSILICATO

COMPOSICIÓN: Son placas de silicato cálcico hidratado, sometidas a autoclave y reforzadas con fibras especiales que hacen a las placas excepcionalmente estables al fuego y otras condiciones extremas.

"PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS: Todas las placas son muy resistentes a las altas temperaturas que pueden darse en un incendio y no se reblandecen, desmoronan, o sufren distorsiones significativas, por su característica estabilidad." ("Pladur - FERMASA")

ENSAYOS: Ha sido objeto de numerosos ensayos internacionales (según UNE, DIN, BS, TNO, etc.) para una numerosa gama de aplicaciones.

BIOLÓGICAMENTE INERTE: No es afectado por el crecimiento de hongos, ni favorece activamente dicho crecimiento.

DURABILIDAD: En su comportamiento ante el fuego, la estabilidad y resistencia son permanentes y no se ven afectadas por la exposición a largo plazo a una humedad relativa del 100%, o a temperaturas elevadas en régimen continuo.

SALUD Y SEGURIDAD: Las placas de silicato cálcico fueron especialmente desarrolladas para sustituir a placas similares de amianto. No contienen ninguna fibra duradera inorgánica natural o artificial.

RESISTENCIA A LA HUMEDAD: Mantienen sus cualidades de resistencia al fuego y excelente estabilidad dimensional, aún en condiciones húmedas o mojado. No produce eflorescencia y no sufre deformaciones significativas. ("PLACAS DE FIBROSILICATO - Roldex")

Los paneles compuestos por silicatos cálcicos hidratado presentan otra alternativa de protección contra incendio de las estructuras metálicas. Estas placas pertenecen a la familia de los refractarios, presentando la propiedad de poder trabajar a temperaturas tan extremas como 1200°C sin que pierdan sus propiedades físicas y mecánicas para proteger o aislar el fuego en un incendio. (“PLACAS DE FIBROSILICATO - Roldex”)

Las placas de fibrosilicato tienen una densidad aproximada de 870 kg/m³, sin embargo, también se fabrican en una densidad de 450 kg/m³, lo que les da una ventaja de aportar muy poco peso a la protección de las estructuras.

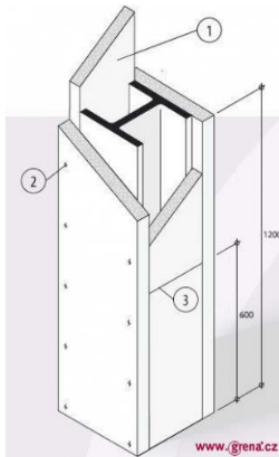
La vida útil de las placas es muy alta debido a las propiedades que posee. Al tratarse de una placa fabricada industrialmente bajo un control de proceso, su espesor es calibrado y uniforme, lo que otorga una gran ventaja cuando se trata de revestir una estructura metálica a la cual se le ha definido un espesor de protección al fuego con relación a su Factor de Forma definido por la Norma UNE-23820 /97, pudiendo garantizar una estabilidad al fuego de 15 minutos hasta 240 minutos (EF-15 hasta EF-240).

El sistema de fijación de las placas de fibrosilicato a la hora de la protección de las estructuras metálicas puede ser por medio de grapado, atornillado o colado, dependiendo de la solución a aplicar.

"El grapado se realiza mediante grapadora neumática, utilizando las grapas de tamaño adecuado." ("Sistema pasivo contra el fuego - Aislamos, S.L.") El atornillado se realiza mediante tornillos autorroscantes, preferentemente con cabeza estriada. "Y el sistema de colado se utiliza mediante una cola determinada ignífuga." ("A.T.E.I AISLAMIENTOS TÉRMICOS E IGNÍFUGOS")

Hay que remarcar que la utilización de las placas de fibrosilicato o cartón yeso presenta un tratamiento de juntas determinado por la solución técnica.

Panelado de vigas de techo



- 1. Panelado para vigas a partir de las plac**
 - La determinación del espesor de la placa es de acuerdo a la tabla Ap / V, máx. longitud de las placa 2 400 mm
- 2. Elementos de conexión - Tornillos**
 - la longitud del tornillo debe ser min. el doble del espesor de la placa
 - 200 mm Tornillos SPAN
 - tornillos de rosca SPAN, diámetro de 4,5 mm o grapas de 100 mm
- 3. Panelado de las uniones transversales**
 - desplazar por lo menos por 20 mm para evitar uniones transversales
 - Uniones - campo llenado con la masilla a prueba de fuego Grena Klebepaste hasta 5 mm de penetración
- 4. Viga de acero**

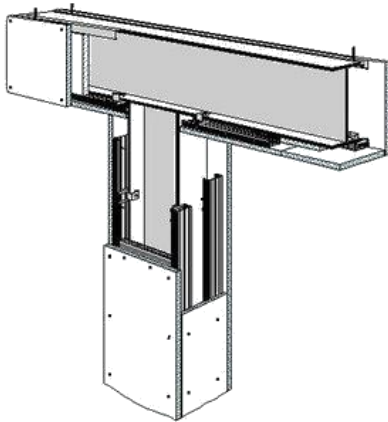


Ilustración 117 Ilustración 149. Protección pasiva en estructuras de acero mediante placas de fibrosilicato.
Fuente: Ficha técnica del producto

ANEXO 13 - VALORACIÓN FINANCIERA POR COSTOS DE MANTENIMIENTO

13.1) FLUJO DE EFECTIVO – EDIFICACIÓN ACTUAL

Edificación actual																						
Flujo de efectivo		Año																				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Inversión																						
Costo directo de construcción	\$3,127,692.60																					
Total de inversión																						
Costos																						
Costo por mantenimiento/ reparación/ sustitución	\$3,127,692.60																					
Costo de depreciación																						
Total de costos																						
Utilidad antes del ISR																						
ISR (30%)																						
Utilidad después del ISR																						
Depreciación																						
Flujo neto																						
VAN																						
VAN Total																						
Rendimiento																						
	107%																					

Tabla 88. Flujo de efectivo de la Edificación Actual. Fuente: Elaboración propia

Datos variables de sensibilidad	Valor
Costo directo de construcción	\$3,127,692.60
Costo anual por mantenimiento	\$70,372.08
% de aumento cada 5 años	7.50%
Costo inspección/ reparación/ sustitución*	50%
Depreciación lineal**	2%
Tasa de descuento	15%
Impuesto sobre la renta	30%
* del año vigente (cada 20 años)	
** Porcentaje anual método (línea recta) del Reglamento a la ley de impuesto sobre la renta	

Tabla 87. Datos variables de sensibilidad para la Edificación Actual. Fuente: Elaboración propia

13.1.1) FLUJO DE EFECTIVO – EDIFICACIÓN PROPUESTA

Edificación propuesta																							
Flujo de efectivo																							
Conceptos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Inversión																							
Costo directo de construcción	\$4,691,538.90																						
Total de Inversión	\$4,691,538.90																						
Costos																							
Costo por mantenimiento	\$0.00	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40	\$95,099.40		
Costo por inspección/ reparación/ sustitución	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	
Costo de depreciación	\$0.00	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	
Total de costos	\$0.00	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	
Utilidad antes del ISR	\$0.00	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	\$188,930.18	
ISR (30%)	\$0.00	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	\$56,679.05	
Utilidad después del ISR	\$0.00	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	\$132,251.13	
Depreciación	\$0.00	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	\$93,830.78	
Flujo neto	\$4,691,538.90	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	\$38,403.35	
VAN	\$4,691,538.90	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	\$33,409.00	
VAN Total	\$5,005,531.65																						
Rendimiento	107%																						

Tabla 90. Flujo de efectivo de la Edificación Propuesta. Fuente: Elaboración propia

Datos variables de sensibilidad	Valor
Costo directo de construcción (precio base)	\$3,127,692.60
% de aumento costo directo de construcción acero	50%
Costo directo de construcción estructura de acero	\$4,691,538.90
Costo anual por mantenimiento	\$95,099.40
% de aumento cada 5 años	15.00%
Costo inspección/ reparación/ sustitución*	50%
Depreciación lineal**	2%
Tasa de descuento	15%
Impuesto sobre la renta	30%
* del año vigente (cada 10 años)	
** Porcentaje anual método (línea recta) del Reglamento a la ley de impuesto sobre la renta	

Tabla 89. Datos variables de sensibilidad para la Edificación Propuesta. Fuente: Elaboración propia

13.1.2) DIFERENCIA ENTRE VAN ANUAL POR TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL



Gráfico 32. VAN anual por tipo de sistema estructural. Fuente: Elaboración propia

13.1.3) ANÁLISIS DE SENSIBILIZACIÓN – EDIFICACIÓN ACTUAL

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
VANE	Costo anual por mantenimiento					VANE	Costo directo de construcción					VANE	Costo anual por mantenimiento																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	70%	80%	90%	100%	110%		120%	130%	140%	70%	80%		90%	100%	110%	120%	130%	140%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
\$3,341,626.58	2,397,358,666	-2,640,612,578	2,941,184,409	-3,242,203,101	3,542,320,213	3,844,253,114	-4,162,276,036	4,446,293,916	-4,778,415,705	5,079,459,671	5,386,329,862	-5,703,361,659	6,019,402,066	-6,346,437,854	6,674,473,651	-7,001,509,448	7,328,545,245	-7,655,581,042	7,982,616,840	-8,309,652,637	8,636,698,434	-8,963,744,231	9,290,790,028	-9,617,835,825	9,944,881,622	-10,271,927,419	10,601,973,216	-10,929,019,013	11,259,064,810	-11,586,110,607	11,914,156,404	-12,241,202,201	12,569,248,000	-12,896,293,797	13,221,339,594	-13,548,385,391	13,875,431,191	-14,202,476,988	14,530,522,785	-14,857,568,582	15,184,613,380	-15,511,704,977	15,836,795,574	-16,163,887,171	16,490,976,768	-16,818,068,365	17,145,157,962	-17,470,248,559	17,800,429,156	-18,126,619,753	18,372,799,950	-18,630,980,147	18,891,159,747	-19,149,329,944	19,407,500,541	-19,665,860,738	19,924,220,535	-20,181,480,332	20,339,940,330	-20,598,200,127	20,856,460,124	-21,114,979,921	21,331,499,920	-21,549,019,717	21,766,539,714	-21,983,559,511	22,202,079,308	-22,419,099,105	22,636,618,902	-22,853,138,699	23,078,658,500	-23,294,678,297	23,516,707,894	-23,732,747,691	23,972,787,090	-24,200,826,887	24,438,866,284	-24,666,945,481	24,893,024,878	-25,118,104,075	25,370,263,272	-25,624,421,669	25,888,602,666	-26,142,561,063	26,360,741,460	-26,620,680,257	26,898,860,054	-27,188,819,450	27,416,938,847	-27,645,018,044	27,873,097,641	-28,121,176,635	28,349,316,432	-28,617,435,026	28,893,654,223	-29,173,793,417	29,412,113,014	-29,639,172,805	29,868,592,202	-30,115,551,593	30,317,971,990	-30,598,031,381	30,840,451,178	-31,112,510,570	31,368,930,767	-31,631,410,159	31,893,410,348	-32,150,909,947	32,370,890,535	-32,670,389,724	32,900,370,322	-33,219,849,511	33,439,850,109	-33,669,329,296	33,869,300,000	-34,118,808,975	34,288,780,792	-34,518,269,580	34,738,250,387	-34,967,719,175	35,117,710,574	-35,317,170,761	35,567,130,160	-35,816,620,347	36,016,580,927	-36,316,071,114	36,466,031,694	-36,815,481,961	37,015,482,451	-37,314,932,708	37,514,383,548	-37,813,834,395	38,013,334,645	-38,312,735,482	38,512,235,580	-38,811,136,467	39,011,136,402	-39,310,037,294	39,510,037,991	-39,808,938,000	40,007,938,688	-40,306,838,705	40,506,839,400	-40,805,739,515	41,004,740,215	-41,303,640,024	41,503,640,830	-41,802,541,639	42,001,542,444	-42,300,443,259	42,499,444,063	-42,798,344,878	43,097,346,482	-43,296,247,092	43,495,248,101	-43,794,149,706	44,093,150,315	-44,292,051,920	44,490,052,524	-44,789,954,138	45,087,954,738	-45,287,856,352	45,485,857,561	-45,785,760,175	46,083,762,384	-46,283,664,018	46,481,666,837	-46,781,567,681	47,079,572,630	-47,279,471,234	47,477,474,077	-47,775,375,780	48,073,376,524	-48,271,278,327	48,469,278,974	-48,767,181,871	49,063,181,420	-49,263,084,417	49,459,083,864	-49,758,986,904	50,052,986,351	-50,254,889,391	50,448,888,798	-50,750,791,878	51,044,791,265	-51,246,693,755	51,440,695,122	-51,742,596,609	52,038,598,969	-52,238,500,516	52,434,502,413	-52,734,405,360	53,030,407,257	-53,330,310,204	53,526,311,051	-53,826,215,097	54,022,216,894	-54,322,120,931	54,518,122,727	-54,818,027,674	55,014,029,560	-55,313,932,507	55,510,934,391	-55,809,837,338	56,006,838,220	-56,302,741,169	56,502,741,000	-56,798,643,931	57,000,645,771	-57,294,546,702	57,496,548,542	-57,790,449,473	58,092,451,313	-58,286,352,144	58,488,355,085	-58,782,254,916	59,078,257,856	-59,278,157,687	59,474,160,450	-59,774,060,421	60,064,063,221	-60,269,963,192	60,459,966,000	-60,765,865,771	61,051,868,544	-61,351,770,314	61,547,772,868	-61,847,675,071	62,043,677,622	-62,343,579,825	62,539,580,379	-62,839,482,582	63,035,485,136	-63,335,385,339	63,531,388,893	-63,831,289,100	64,027,292,650	-64,327,193,857	64,523,196,414	-64,823,098,161	65,019,099,171	-65,318,999,918	65,514,999,925	-65,814,899,672	66,010,899,429	-66,310,799,126	66,506,798,686	-66,806,697,883	67,002,697,190	-67,298,596,437	67,498,595,693	-67,794,495,190	68,090,493,740	-68,290,393,943	68,486,392,190	-68,786,291,193	69,078,289,237	-69,282,189,486	69,474,187,486	-69,778,085,735	70,066,085,632	-70,273,984,981	70,461,983,878	-70,767,882,227	71,059,881,074	-71,353,780,473	71,551,778,319	-71,849,677,566	72,047,675,562	-72,343,574,809	72,543,573,055	-72,839,472,052	73,039,470,302	-73,335,369,299	73,531,366,546	-73,831,264,543	74,027,263,790	-74,327,162,787	74,523,161,034	-74,823,059,981	75,019,058,277	-75,318,957,224	75,514,955,471	-75,814,853,468	76,010,851,715	-76,310,749,962	76,506,747,206	-76,806,645,453	77,002,642,449	-77,298,540,700	77,494,538,696	-77,794,437,947	78,090,434,893	-78,286,335,194	78,482,331,141	-78,782,230,441	79,078,226,688	-79,278,126,685	79,474,122,932	-79,774,022,929	80,069,019,179	-80,269,918,176	80,464,914,423	-80,765,814,420	81,060,810,670	-81,361,710,667	81,556,706,914	-81,857,612,911	82,052,609,158	-82,353,515,155	82,548,511,402	-82,849,417,399	83,044,413,646	-83,345,319,643	83,540,317,887	-83,841,221,894	84,036,220,131	-84,337,124,138	84,532,122,385	-84,833,026,382	85,028,024,629	-85,328,928,626	85,523,926,873	-85,824,830,870	86,019,831,117	-86,320,733,114	86,516,735,360	-86,816,635,357	87,013,637,604	-87,312,537,601	87,510,539,847	-87,808,441,844	88,006,443,091	-88,304,344,091	88,502,346,338	-88,800,246,335	89,098,248,582	-89,296,148,582	89,494,150,829	-89,792,050,826	90,089,053,073	-90,287,953,070	90,484,955,316	-90,783,855,313	91,079,857,560	-91,279,757,557	91,474,759,803	-91,775,660,000	92,070,662,047	-92,271,562,244	92,466,564,290	-92,767,464,487	93,062,466,534	-93,263,366,731	93,458,368,777	-93,759,268,974	94,054,271,018	-94,255,171,215	94,450,173,462	-94,751,073,462	95,046,075,705	-95,247,075,705	95,441,977,948	-95,743,077,948	96,037,880,191	-96,239,080,191	96,433,782,434	-96,735,082,434	97,029,684,677	-97,231,084,677	97,425,586,920	-97,727,086,920	98,021,489,163	-98,223,089,163	98,417,391,406	-98,719,091,406	99,013,293,649	-99,215,093,649	99,409,195,892	-99,711,095,892	100,005,098,135	-100,207,098,135	100,401,000,378	-100,703,002,378	101,000,002,621	-101,300,004,621	101,400,004,864	-101,700,006,864	102,000,007,107	-102,300,009,107	102,400,011,350	-102,700,011,350	103,000,013,593	-103,300,013,593	103,400,015,836	-103,700,015,836	104,000,018,079	-104,300,018,079	104,400,020,322	-104,700,020,322	105,000,022,565	-105,300,022,565	105,400,024,808	-105,700,024,808	106,000,027,051	-106,300,027,051	106,400,029,294	-106,700,029,294	107,000,031,537	-107,300,031,537	107,400,033,780	-107,700,033,780	108,000,040,023	-108,300,040,023	108,400,042,266	-108,700,042,266	109,000,044,509	-109,300,044,509	109,400,046,752	-109,700,046,752	110,000,049,000	-110,300,049,000	110,400,049,243	-110,700,049,243	111,000,051,486	-111,300,051,486	111,400,053,729	-111,700,053,729	112,000,056,000	-112,300,056,000	112,400,058,243	-112,700,058,243	113,000,060,486	-113,300,060,486	113,400,062,729	-113,700,062,729	114,000,065,000	-114,300,065,000	114,400,067,243	-114,700,067,243	115,000,069,486	-115,300,069,486	115,400,071,729	-115,700,071,729	116,000,074,000	-116,300,074,000	116,400,076,243	-116,700,076,243	117,000,078,486	-117,300,078,486	117,400,080,729	-117,700,080,729	118,000,083,000	-118,300,083,000	118,400,085,243	-118,700,085,243	119,000,087,486	-119,300,087,486	119,400,089,729	-119,700,089,729	120,000,092,000	-120,300,092,000	120,400,094,243	-120,700,094,243	121,000,096,486	-121,300,096,486	121,400,098,729	-121,700,098,729	122,000,101,000	-122,300,101,000	122,400,103,243	-122,700,103,243	123,000,105,486	-123,300,105,486	123,400,107,729	-123,700,107,729	124,000,110,000	-124,300,110,000	124,400,112,243	-124,700,112,243	125,000,114,486	-125,300,114,486	125,400,116,729	-125,700,116,729	126,000,119,000	-126,300,119,000	126,400,121,243	-126,700,121,243	127,000,123,486	-127,300,123,486	127,400,125,729	-127,700,125,729	128,000,128,000	-128,300,128,000	128,400,130,243	-128,700,130,243	129,000,132,486	-129,300,132,486	129,400,134,729	-129,700,134,729	130,000,137,000	-130,300,137,000	130,400,139,243	-130,700,139,243	131,000,141,486	-131,300,141,486	131,400,143,729	-131,700,143,729	132,000,146,000	-132,300,146,000	132,400,148,243	-132,700,148,243	133,000,150,486	-133,300,150,486	133,400,152,729	-133,700,152,729	134,000,155,000	-134,300,155,000	134,400,157,243	-134,700,157,243	135,000,159,486	-135,300,159,486	135,400,161,729	-135,700,161,729	136,000,164,000	-136,300,164,000	136,400,166,243	-136,700,166,243	137,000,168,486	-137,300,168,486	137,400,170,729	-137,700,170,729	138,000,173,000	-138,300,173,000	138,400,175,243	-138,700,175,243	139,000,177,486	-139,300,177,486	139,400,179,729	-139,700,179,729	140,000,182,000	-140,300,182,000	140,400,184,243	-140,700,184,243	141,000,186,486	-141,300,186,486	141,400,188,729	-141,700,188,729	142,000,191,000	-142,300,191,000	142,400,193,243	-142,700,193,243	143,000,195,486	-143,300,195,486	143,400,197,729	-143,700,197,729	144,000,200,000	-144,300,200,000	144,400,202,243	-144,700,202,243	145,000,204,486	-145,300,204,486	145,400,206,729	-145,700,206,729	146,000,209,000	-146,300,209,000	146,400,211,243	-146,700,211,243	147,000,213,486	-147,300,213,486	147,400,215,729	-147,700,215,729	148,000,218,000	-148,300,218,000	148,400,220,243	-148,700,220,243	149,000,222,486	-149,300,222,486	149,400,224,729	-149,700,224,729	150,000,227,000	-150,300,227,000	150,400,229,243	-150,700,229,243	151,000,231,486	-151,300,231,486	151,400,233,729	-151,700,233,729	152,000,236,000	-152,300,236,000	152,400,238,243

