

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



Diseño multidisciplinario de una edificación multifamiliar de 4 pisos en el distrito de Chorrillos e implementación de criterios de sostenibilidad

Trabajo de investigación para obtener el grado académico de BACHILLERA EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL

AUTORAS

Elis Milagros Mateo Reyes
Grace Maily Méjico Mendoza

Trabajo de investigación para obtener el grado académico de BACHILLER EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA CIVIL

AUTORES

José Manuel Bazalar Palacios
Logan Steven Quispe Romero
Percy André Flores Talaverano

ASESORA

Victoria Emperatriz Ramírez Valdivia

Lima, diciembre, 2019

Resumen

Las prácticas ambientalmente amigables son cada vez más comunes en los proyectos de construcción, ya sea para incrementar el valor al producto final entregado al cliente, o para cumplir estándares ambientales exigidos actualmente. Por consiguiente, la importancia de la presente investigación radica en identificar qué parámetros son considerados como requerimiento de las instancias internacionales a fin de certificar las construcciones y en qué medida los procesos en las diferentes fases del proyecto pueden ser optimizados. Es por ello que en esta investigación se realiza el diseño completo de un proyecto de edificio multifamiliar, y la evaluación de poder implementar materiales y procesos sostenibles. Se conoce los beneficios de las certificaciones internacionales relacionadas a los edificios verdes y la variabilidad del costo del presupuesto desarrollado en primera instancia al incluir esta alternativa sostenible. De este modo, se analiza el impacto de la aplicación de estos para conseguir un edificio verde conservando las condiciones del proyecto, debido a que el objetivo de este trabajo es convertirlo en un edificio sostenible. La teoría utilizada como base para el diseño del proyecto de vivienda multifamiliar fue obtenida del Reglamento Nacional de Edificaciones, mientras que las aplicaciones para convertir el edificio estudiado en una vivienda sostenible se basaron en los requerimientos para obtener la certificación LEED. La investigación es del tipo cuantitativo y cualitativo. Se empieza por la revisión de literatura sobre edificios multifamiliares, la cual contiene documentos digitales sobre el estudio de mecánica de suelos, diseño estructural y de instalaciones, y las aplicaciones sustentables. Luego, se elaboran los documentos necesarios para obtener el expediente técnico, como memorias descriptivas y memorias de cálculo de las distintas especialidades del proyecto de construcción. Posteriormente, se estudian las características que presenta una vivienda sostenible. Finalmente, se explica detalladamente cómo convertir el edificio diseñado en una vivienda sostenible. En conclusión, las prácticas respetuosas con el medio ambiente resultan rentables ya que conllevan a un ahorro de consumo de recursos en las etapas pre y post construcción en el corto y largo plazo. Además, se puede recurrir a metodologías de colaboración que permitan agilizar los procesos y permitan ahorrar costos en la ejecución, aparte del ahorro que implica la utilización de recursos sustentables.

Palabras clave: sostenibilidad, eco-amigable, diseño, BIM, construcción, vivienda, edificación

Tabla de contenidos

Resumen	ii
Tabla de contenidos	iii
Índice de Tablas	vii
Índice de Ilustraciones	x
1. Generalidades	1
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación	1
1.3. Alcance	2
1.4. Objetivos	2
1.5. Metodología	3
2. Revisión de Literatura	4
2.1. Desarrollo sostenible	4
2.1.1. Indicadores de sostenibilidad	4
2.2. Edificios verdes	7
2.2.1. Importancia de los edificios sostenibles	7
2.2.2. Construcción sostenible	7
2.2.3. Beneficios de edificios sostenibles	8
2.2.4. Edificios verdes en el mundo	9
2.3. Conceptos importantes de la edificación sostenible	9
2.3.1. Eficiencia de agua	10
2.3.2. Energía y atmósfera	10
2.3.3. Materiales y recursos	11
2.3.4. Calidad ambiental interior	13
2.3.5. Innovación en diseño y operaciones	13
2.3. Certificación de edificios verdes	14
2.5.1. Sistemas de certificación	14

2.5.2. Parámetros para la certificación	16
2.4. Reseña histórica de edificios sostenibles certificados en el Perú	19
2.6. Metodologías	19
2.6.1. Pensamiento sustentable	19
2.6.2. Aplicaciones y procesos para la construcción ecológica.....	20
3. Arquitectura	23
3.1. Descripción del proyecto	23
3.1.1. Primer piso.....	23
3.1.2. Piso típico (2do al 4to).....	23
3.2. Alcance propuesto	24
3.2.1 Circulaciones y Estacionamientos	24
3.2.2. Hall de acceso	24
3.2.3. Departamentos	24
3.2.4. Ascensor	25
3.3 Descripción de acabados	25
4. Geotecnia	27
Memoria descriptiva	27
Resumen de las condiciones de cimentación.....	27
Información previa	28
Exploración de campo	30
Ensayos de laboratorio.....	32
Perfil del suelo	35
Nivel de Napa freática	35
Análisis de cimentación.....	36
Efecto del sismo.....	38
Parámetros para el diseño y construcción de obras de sostenimiento	40
5. Estructuras	42

5.1.	Introducción	42
5.2.	Resumen de las condiciones de cimentación	42
5.3.	Lógica estructural.....	42
5.4.	Normas empleadas y referencias empleadas.....	42
5.5.	Estructuración	43
5.6.	Predimensionamiento.....	43
	Predimensionamiento de losa aligerada	43
	Predimensionamiento de losa maciza.....	44
	Predimensionamiento de vigas	44
	Predimensionamiento de columnas	45
	Predimensionamiento de placas.....	46
5.7.	Metodología.....	47
	5.7.1. Análisis sísmico	48
	5.7.2. Diseño.....	48
6.	Instalaciones	59
6.1.	Instalaciones Sanitarias.....	59
	Agua Fría (Numeral 2)	60
	Agua Caliente (Numeral 3).....	64
	Desagüe y ventilación (Numeral 6).....	65
6.2.	Instalaciones Eléctricas.....	66
	Memoria Descriptiva	66
	Memoria de Cálculo	68
7.	Costos y Presupuestos	72
	7.1. Cuadro de acabados.....	72
	7.2. Análisis de costos unitarios	72
8.	Discusión y Conclusiones.....	76
	8.1. Discusión ¿Cómo convertir el caso de estudio en un edificio verde?	76

9. Referencias	81
10. Anexos	86
Anexo 1. Capítulo: Revisión de literatura	86
Anexo 2. Capítulo: Estructuras.....	92
Anexo 3. Capítulo: Instalaciones Eléctricas	104
Anexo 4. Tablero General	108

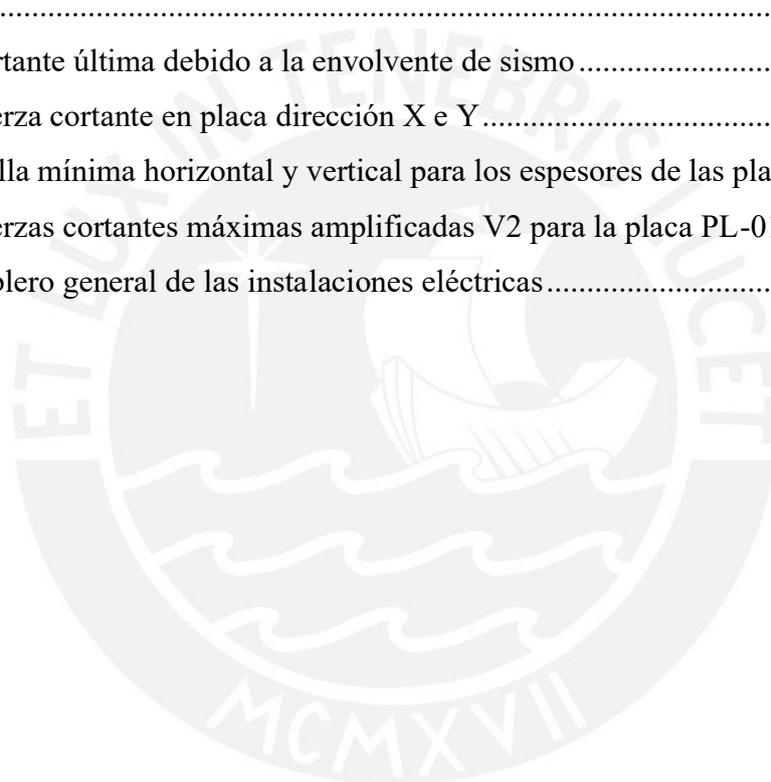


Índice de Tablas

Tabla 1. Beneficios de implementación de edificios sostenibles (Baquero, 2018)	8
Tabla 2. Ranking de países con mayor número de proyectos con certificación sostenible (Usgbc, 2018)	9
Tabla 3. Comparación de costo y emisiones de dióxido de carbono de diferentes tecnologías de generación de energía eléctrica.....	10
Tabla 4. Clasificación de materiales, descripción y ejemplos (Rocha-Tamayo, 2011).	11
Tabla 5. Coeficientes de cantidad de energía empleada por m ³ (Victoria University of Wellington, 2011).....	12
Tabla 6. Parámetros para la certificación y estructura de calificación (LEED Green Building Certification, 2019; EDGE Buildings, 2019; BREEAM Certification, 2019; WELL Certification, 2019; DGNB Certification, 2019).....	17
Tabla 7. Cuadro de áreas	23
Tabla 8. Cuadro de acabados.....	27
Tabla 9. Resumen de las condiciones de cimentación.....	27
Tabla 10. Tipo de Edificación u Obra para determinar el número de puntos de exploración (Fuente: Norma Técnica Peruana E.050 Suelos y Cimentaciones).....	29
Tabla 11. Estratigrafía típica del suelo en Chorrillos	29
Tabla 12. Resumen de la profundidad y nivel freático encontrados en las perforaciones	30
Tabla 13. Coeficientes de corrección Cr	31
Tabla 14. Factores de corrección.....	32
Tabla 15. Resumen de los ensayos de laboratorio.....	33
Tabla 16. Resultados de los ensayos de laboratorio	33
Tabla 17. Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos	34
Tabla 18. Resultados de los ensayos de laboratorio	35
Tabla 19. Nivel de Napa freática	35
Tabla 20. Nivel Freático y fecha de medición.....	36
Tabla 21. Parámetros considerados para el cálculo de capacidad de carga.....	37
Tabla 22. Espesor de cada estrato de suelo	37
Tabla 23. Ancho efectivo de la zapata analizada.....	38
Tabla 24. Parámetros para calcular el asentamiento.....	38
Tabla 25. Resultados obtenidos para el cálculo del asentamiento de la zapata más cargada	38

Tabla 26. Factores de zona Z.....	39
Tabla 27. Resistencia al corte en condición no drenada.....	39
Tabla 28. Clasificación de los perfiles de suelo	40
Tabla 29. Factor de suelo S	40
Tabla 30. Periodos Tp y Tl.....	40
Tabla 31. Ángulo de fricción del perfil de suelo	41
Tabla 32. Peraltes mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección	44
Tabla 33: Peralte obtenido para paños seleccionados.	44
Tabla 34: Resultados obtenidos para el espesor de la losa maciza, se muestran paños críticos.	44
Tabla 35: Resultados para dimensiones de vigas.	45
Tabla 36. Máximas derivas.....	48
Tabla 37. Dotación total	61
Tabla 38. Almacenamiento de la cisterna.....	62
Tabla 39. Resultados para la elección de bomba y tanque hidroneumático	63
Tabla 40. Diámetros de colectores	65
Tabla 41. Diámetros de montantes	65
Tabla 42. Diámetros	66
Tabla 43. Cuadro de cargas del primer piso	70
Tabla 44. Cuadro de cargas en el departamento típico.....	70
Tabla 45. Diseño del tablero en el primer piso y departamentos típicos.....	71
Tabla 46. Cuadro de acabados utilizado en la especialidad de Costos y Presupuestos..	72
Tabla 47. Ratios calculados y ratios patrón de las partidas presupuestadas.....	73
Tabla 48. Resumen del presupuesto	73
Tabla 49. Plantilla utilizada para el análisis de precios unitarios de todas las partidas..	73
Tabla 50. Sectorización	74
Tabla 51. Tren de actividades.....	74
Tabla 52. Montos finales - Partida de Estructuras.....	75
Tabla 53. Monto final - Partida de pisos	75
Tabla 54. Monto final - Partida de pintura	75
Tabla 55. Balance final.....	75
Tabla 56. Cuadro resumen de las categorías de evaluación LEED con sus respectivas estrategias	78

Tabla 57. Check list Leed	86
Tabla 58. Dimensiones seleccionadas en el predimensionamiento de las columnas	92
Tabla 59. Cálculo de acero en viga 1.....	94
Tabla 60. Diseño de acero longitudinal de viga 1	94
Tabla 61. Diseño de acero en viga 1 por cortante	95
Tabla 62. Cargas en columna	97
Tabla 63. Combinaciones de cargas en dirección X e Y, respectivamente	97
Tabla 64. Diseño de acero en columnas por piso	98
Tabla 65. Tabla de comparación de la carga axial de cada piso y los ϕP_n correspondientes	99
Tabla 66. Cortante última debido a la envolvente de sismo	100
Tabla 67. Fuerza cortante en placa dirección X e Y	100
Tabla 68. Malla mínima horizontal y vertical para los espesores de las placas	101
Tabla 69. Fuerzas cortantes máximas amplificadas V2 para la placa PL-01	101
Tabla 70. Tablero general de las instalaciones eléctricas	104



Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Distribución del agua dulce en el mundo (ONU, 2014).....	5
Ilustración 2. Esquema ciclo de vida de agua para proyectos de edificación (Suchandra Bardhan, 2016)	6
Ilustración 3. Evolución en el tiempo de los sistemas de certificación verde (Zhang et al., 2019).....	15
Ilustración 4. Presencia de los sistemas de certificación en el mundo (Modificado de Zhang et al., 2019).....	15
Ilustración 5. Estatus de los códigos de conservación de energía verde para edificios residenciales nuevos (Shukla & Sharma, 2018)	16
Ilustración 6. Importancia de los tres aspectos de sostenibilidad (medio ambiente, económico y social) en los diferentes sistemas de certificación (Adaptado de Zimmermann et al., 2019).	19
Ilustración 7. Típico IGBPM. Fase 1- Conceptualización (Fuente: Wu et al. 2015)	22
Ilustración 8. Cinco procesos de integración para alcanzar edificios de alto rendimiento (Fuente: Fischer et al.,2014).....	23
Ilustración 9. Mapa de Distrito de Chorrillos. Fuente: Google Maps	28
Ilustración 10. Gráfica para obtener el coeficiente de corrección Cr	31
Ilustración 11. Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga por nivel freático	36
Ilustración 12. Zonas sísmicas.....	39
Ilustración 13. Sección de columna tipo L en plano de planta	46
Ilustración 14. Diseño de losa aligerada.....	48
Ilustración 15. Momentos en la dirección X.....	49
Ilustración 16. Momentos en la dirección Y.....	49
Ilustración 17. Momentos para el diseño de losas aligeradas	50
Ilustración 18. Diagrama utilizado para el diseño de vigas.....	50
Ilustración 19. Momentos flectores en el eje 1	51
Ilustración 20. Diseño de la columna 1	52
Ilustración 21. Diagrama de interacción.....	53
Ilustración 22. Diagrama de interacción M3-3	55
Ilustración 23. Diseño de la placa PL-01.....	55
Ilustración 24. Diseño de la escalera principal	56

Ilustración 25. Diseño de muro del ascensor.....	57
Ilustración 26. Diseño de muro.....	59
Ilustración 27. Diseño de muro perimetral	59
Ilustración 28 . Distribución de los circuitos en el primer piso.....	69
Ilustración 30. Distribución de los circuitos en los pisos típicos.....	69
Ilustración 31. Ubicación del tablero general.....	70
Ilustración 32. Sectorización	74
Ilustración 33. Programación de obra.....	74
Ilustración 34. Estructuración final	93
Ilustración 35. Diseño de acero en losas.....	94
Ilustración 36. Disposición de las columnas en planta.....	98
Ilustración 37. Diagrama de fuerzas cortantes v13 en cimentaciones.....	102
Ilustración 38. Diagrama de fuerzas cortantes v23 en cimentaciones.....	102
Ilustración 39. Diagrama de momento flector m11 en cimentaciones	102
Ilustración 40. Diagrama de momento flector m22 en cimentaciones	103
Ilustración 41. Modelo de la escalera en Sap 2000	103

1. Generalidades

1.1. Introducción

La necesidad de obtener una mejor relación entre el hombre y el medio ambiente genera la obligación de establecer pautas que deben ser implementadas en las distintas etapas del diseño de las edificaciones. El proceso de construcción de una infraestructura implica un gran impacto ambiental debido al aporte de contaminación sonora originada por el ruido en la ejecución de los procesos, a las alteraciones de los cuerpos de agua (flujos y calidad) y a la contaminación atmosférica. Esta última, afecta la calidad del aire y principalmente es ocasionado por el impacto de los materiales empleados en obra.

Es por ello que se requiere de una gestión ambiental para un mejor desarrollo sostenible de la industria de la construcción, la cual permita garantizar las necesidades de la población, en materia de infraestructura, sin comprometer las oportunidades de las futuras generaciones. Por tanto, se debe considerar todas las etapas de los proyectos de construcción, incluido el diseño de este mismo, teniendo en cuenta los aspectos ambientales, de riesgo, funcionales y estéticos.

En esta presente monografía se presentará el diseño del proyecto de la edificación de vivienda de cuatro (04) pisos ubicado en la Urb. Huertos de Villa, cercana a los Pantanos de Villa, Chorrillos; además, incluye un trabajo de investigación que presentará una revisión de las características de las alternativas de materiales y gestiones a emplear para reducir el impacto ambiental.

1.2. Justificación

La industria de la construcción se encuentra en un estado de búsqueda de mejora en los procesos, rendimiento y productividad. La misión de los contratistas y proyectistas, con el fin de implementar prácticas amigables con el medio ambiente y adaptarse a las necesidades del cliente, es tener un enfoque de sostenibilidad en sus actividades en términos económicos, sociales y ambientales. De este modo, se pretende que el cliente recepcione la obra o servicio con la calidad requerida, en el plazo programado y con el costo establecido inicialmente. A continuación, con el fin de otorgar un valor agregado al producto final, se plantean procesos y metodologías indagadas en la presente investigación cuya importancia se muestran en los siguientes puntos:

Los edificios sostenibles permiten agregar valor al producto final, lo cual repercute de manera positiva no solo en la imagen de la empresa ejecutora, sino en la confortabilidad del cliente.

Permitirá identificar qué parámetros son considerados como requerimiento de las instancias internacionales a fin de certificar las construcciones; en ese sentido los procesos en las diferentes fases del proyecto podrán verse optimizados.

Se podrá identificar las métricas consideradas para su implementación y en ese sentido, en qué medida se podría enfocar en otras industrias.

Definir metodologías encontradas y aplicabilidad se dé en edificios modernos permitirá al lector

1.3. Alcance

La presente investigación es del tipo cualitativa, y tiene un alcance descriptivo y correlacional ya que se pretende examinar la conversión de un edificio moderno o tradicional a un edificio sostenible, dicho tema genera dudas acerca de las metodologías y aplicaciones para lograr dicha adaptación.

Como resultado de la investigación, se presentará una relación entre los aspectos considerados en el diseño del proyecto desarrollado en el curso y los Edificios Verdes. De esta manera, se presentará una alternativa para convertir la edificación del caso de estudio en un “Edificio Verde”.

1.4. Objetivos

Identificar las relaciones que se presentan entre las diferentes especialidades para llevar a cabo el proyecto y cómo estas podrían afectarse por el cambio de alguna otra.

Realizar el análisis sísmico y diseño estructural de la edificación según las normas E.060 y E.030, justificando los criterios teóricos y prácticos tomados en cuenta para la realización de esta actividad

Realizar el diseño de las instalaciones eléctricas y sanitarias tomando como base lo dado en el reglamento nacional de edificaciones (RNE).

Realizar el Estudio de Mecánica de Suelos y obtener una estimación y recomendación acerca de las cimentaciones a usar dada las condiciones del mismo en base a la norma E.050

Distribuir ambientes y dimensionar áreas y vanos presentes en un proyecto común de edificaciones, así como la obtención de los planos de presentación: plantas, cortes y elevaciones

Realizar un trabajo multidisciplinario teniendo en cuenta las condiciones que generalmente se aplican en proyectos reales, además de integrar factores que usualmente no se consideran tales como la sostenibilidad

Calcular los costos y el presupuesto del proyecto asignado además de elaborar el plan de ejecución de la obra (planificación)

Investigar acerca de la posible aplicación de materiales o procesos sostenibles dentro del desarrollo y ejecución del proyecto designado

Comparar con parámetros medibles el impacto de las aplicaciones para obtener un edificio verde o sostenible para las condiciones dadas en el trabajo del proyecto

Investigar cuáles son los beneficios de adquirir certificaciones que categoricen a determinada edificación como un edificio verde o eco sostenible

1.5. Metodología

La metodología empleada para esta investigación es de carácter mixto debido a que abarca tópicos de carácter cuantitativo y cualitativo. El presente proyecto está orientado hacia el cumplimiento de cada objetivo específico planteado. Por lo cual, para la ejecución del diseño y certificación del edificio multifamiliar primeramente se efectuó una amplia y adecuada revisión bibliográfica. La cual incluye normas técnicas de diseño, artículos de investigación, libros e información proporcionada en las materias cursadas durante la etapa de pregrado.

Luego, se ejecutó el diseño de las distintas especialidades que componen un proyecto de construcción (capítulo 3 al 7) a partir de las consideraciones propuestas en el documento “Programación del Proyecto Integrador 2019-2”. Asimismo, se evaluó el proceso y los medios necesarios para convertir el edificio diseñado en una infraestructura sostenible.

Finalmente, se presentó el diseño final del edificio multifamiliar y la acciones realizadas para que este acceda a una certificación internacional que lo sitúe como un edificio verde.

De esta manera, el presente trabajo de investigación se organiza en los siguientes 8 capítulos.

Capítulo 1: Se presenta la introducción del trabajo de investigación, justificación, alcance, objetivo general, objetivos específicos y la metodología empleada. En esta sección se destaca la importancia del tema desarrollado y la planificación del proyecto integrador.

Capítulo 2: Comprende el estado del arte de los conceptos teóricos sobre la construcción sostenible en infraestructuras de viviendas o edificios multifamiliares. Se presenta a detalle la

metodología para la certificación de un edificio como sostenible a partir del cumplimiento de estándares establecidos por organismos internacionales.

Capítulo 3 al 7: En estos capítulos se presenta el resumen de la parte técnica desarrollada para el diseño del edificio multifamiliar “Los Huertos de Villa”. De este modo, se presenta el detalle correspondiente a las áreas de arquitectura (capítulo 3), geotecnia (capítulo 4), estructuras (capítulo 5), instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas, instalaciones de telecomunicación (capítulo 6), costos y presupuestos (capítulo 7). En cada especialidad se realiza el diseño correspondiente y se abarca las partidas constructivas pertinentes de acuerdo a las especificaciones de la normativa vigente peruana.

Capítulo 8: Este capítulo presenta las principales conclusiones pertinentes a los capítulos previos. Asimismo, se detalla la metodología aplicada, las consideraciones propuestas y los recursos empleados para la certificación como edificio verde de la infraestructura diseñada en este proyecto de investigación

2. Revisión de Literatura

2.1. Desarrollo sostenible

Para establecer si un edificio presenta las características de sostenibilidad, es necesario que se empleen indicadores, los cuales, pueden medir cuantitativamente parámetros que estén asociados con el uso de recursos que generen el menor impacto ambiental.

Estos indicadores son los siguientes: La huella de carbono y la huella hídrica. A continuación, se mostrará la definición para cada uno.

2.1.1. Indicadores de sostenibilidad

2.1.1.1 Huella Hídrica:

El agua es un recurso fundamental para las actividades y servicios de las personas, que, directamente representa el foco de producción para muchas industrias como la minería, agricultura, construcción, etc. Debido a este uso masivo, durante los últimos años las fuentes de obtención de agua potable (que representan solo el 2.5% del agua total disponible del planeta como se ve en la figura tal) están presentando caídas de abastecimiento, como se muestra en la ilustración 1, que, sumado a la contaminación de las mismas y el cambio climático, perjudica el hábitat de las especies presentes y aceleran el desgaste de este recurso.



Ilustración 1. Distribución del agua dulce en el mundo (ONU, 2014)

A mediados de este siglo, cerca de cuatro mil millones de personas vivirán en cuencas con estrés hídrico, probablemente estas consecuencias se amplifiquen si se tienen en cuenta factores externos como fenómenos naturales (Universidad Autónoma de Madrid, 2019). Teniendo en cuenta lo mencionado, es importante proteger este recurso limitado e insustituible (ONU, 2014), más aún si se toma en cuenta que en la industria de la construcción el uso intensivo del agua es una de las actividades más importantes el cual está presente durante todas las etapas del ciclo de vida de una edificación.

Es así que se creó un indicador para cuantificar la cantidad de agua expresado en volumen empleada en una determinada actividad productiva, este indicador recibe el nombre de huella hídrica.

Como se establece en el artículo “Studies on Virtual wáter content of urban buildings in India” (2016), la huella hídrica se calcula para todas las etapas de una edificación:

Etapas 1:

El agua requerida para la obtención de los materiales de construcción que sean fabricados en sitio o prefabricados es llamado también *inherent virtual water*.

Etapas 2:

El agua requerida durante la construcción de la edificación, que abarca desde la preparación de los materiales hasta la puesta en funcionamiento del edificio, es conocido también con el nombre de *Induced water*.

Etapa 3:

El agua requerida durante la etapa de funcionamiento y mantenimiento de la edificación, que abarca desde el final de la etapa constructiva hasta el final de la vida útil de la edificación, es conocido también como *Operational water*.

Es así, como se plantea en el estudio referido, que teniendo en cuenta estas 3 etapas se pueda hallar la huella hídrica de una edificación como se observa en la ilustración 2 tal que muestra un esquema del ciclo de vida del agua para proyectos de edificación.

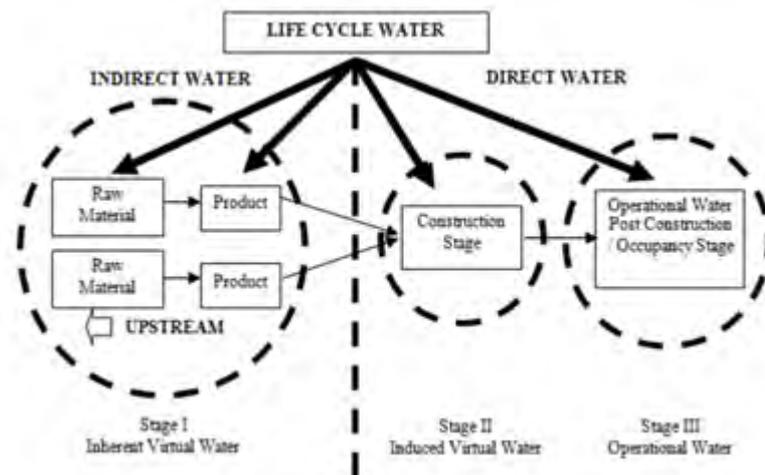


Ilustración 2. Esquema ciclo de vida de agua para proyectos de edificación (Suchandra Bardhan, 2016)

2.1.1.2. Huella de carbono

Cuando se realiza cualquier actividad de producción, existe, a partir de las actividades realizadas, un gasto energético expresado como la emisión de gases de efecto invernadero o emisión de carbono, este recibe el nombre de huella de carbono. Específicamente recibe el nombre debido a que estos gases presentan un componente en común, el CO₂, la emisión de estos provoca cambios en la composición de la atmósfera alterando el flujo natural de radiación infrarroja absorbida por la superficie provocando un incremento de la temperatura, conocido como calentamiento global, dicha emisión ha crecido desde 1970 un 50%, por ende, la importancia de contrarrestar o disminuir el efecto de estos gases (Domoterra, 2016).

Se sabe que la huella de carbono generada durante la fase de manufactura de los materiales representa alrededor del 40% de la emisión total durante el ciclo de vida de una edificación promedio y que la diferencia al finalizar la vida útil de una edificación tradicional respecto a un edificio verde es de 30% (Solís-Guzmán & Camacho, 2018).

El sector de la construcción es uno de los más grandes contribuyentes de emisión de gases de efecto invernadero en áreas urbanas (Huang, li, Cui, & Huang, 2016) y al igual que la huella hídrica, es necesario analizar el ciclo de vida de la edificación para poder establecer la huella de carbono para toda la vida útil del edificio.

En 1987, mediante una comisión liderada por la doctora Gro Harlem Brundtland, se elaboró el informe “Nuestro Futuro Común”, donde se mencionó por primera vez el término “desarrollo sostenible” (Acciona, 2016). “El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas” (Informe Brundtland, 1897)

2.2. Edificios verdes

Diferentes industrias, con el fin de reducir las consecuencias del cambio climático, han implementado buenas prácticas para que su producción tenga un menor impacto en el medio ambiente. En el caso del sector de la construcción, también se están tomando las medidas necesarias. Es así que han empezado a aparecer los llamados “Edificios Verdes”. Este término hace referencia a la construcción sostenible.

2.2.1. Importancia de los edificios sostenibles

Durante la construcción y funcionamiento de la infraestructura de viviendas, se observa un consumo significativo de energía y diferentes tipos de recursos. En Estados Unidos, las edificaciones son responsables del 72% del consumo de electricidad, del 40% de uso de materias primas y del 38% de las emisiones de dióxido de carbono (U.S. Green Building Council, 2014). A continuación, se mencionan algunos ejemplos del impacto ambiental de las actividades tradicionales de la construcción y uso de edificaciones. En algunos casos, la limpieza de terreno, actividad inicial en una obra de construcción, implica la destrucción de superficie forestal y la fragmentación de hábitats. Así mismo, la fabricación y extracción de materiales de construcción produce gases de efecto invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO₂), y su uso y transporte generan una gran cantidad de desechos (U.S. Green Building Council, 2014).

2.2.2. Construcción sostenible

La construcción sostenible es un proceso que reduce el impacto negativo en el medio ambiente y se inicia desde la conceptualización de un proyecto hasta el final de la vida útil de la infraestructura (U.S. Green Building Council, 2014). Es importante resaltar que las mejoras tienen impactos más beneficiosos si se implementan en las primeras etapas del proyecto, por

ello es conveniente utilizar software que simule el funcionamiento de la edificación, ya que es la etapa que presenta un mayor consumo energético. Estos análisis servirán para plantear alternativas más ecológicas en el diseño.

Todos los especialistas que participen en el ciclo de vida de la edificación son responsables de implementar prácticas amigables con el medio ambiente si el cliente así lo requiere. En la etapa de diseño, los proyectistas deben evaluar distintas alternativas y escoger la más conveniente junto al cliente; mientras que, en la etapa de ejecución de obra, el contratista debe optimizar el uso de recursos y el desecho de materiales y, finalmente, el operador y/o mantenedor es el responsables de tener un funcionamiento sostenible (Concilia2, 2016). Existen metodologías innovadoras, como BIM, que permiten un trabajo colaborativo entre los responsables de distintas etapas para tomar mejores decisiones antes de iniciar la construcción.

2.2.3. Beneficios de edificios sostenibles

La implementación de edificios eco sostenibles logran ser una opción para reducir el impacto de del desarrollo en el medio ambiente debido al factor de la tecnología, la cual es una variable con la que resulta importante maniobrar (Baquero, 2018).

Las edificaciones eco sostenibles son atractivas puesto a que obtiene menor costo operativo y mejor calidad ambiental ya que se reducen las emisiones de CO₂, desechos y se ahorra en energía, agua (Rivera. & Sepúlveda., 2012). La construcción sostenible permite obtener de 50 a 90% en ahorros en los costos de desechos de construcción, de 30 a 70%, de consumo de energía eléctrica, 30 y el 50% en el consumo de agua potable y reducción del 35% en emisiones de CO₂. Con los ahorros de manera sostenible, este tipo de edificaciones permite la reducción de costos de operación, al aumentarse entre 2 y el 16% en la productividad (Osma & Ordoñez, 2010).

Los beneficios más destacados que otorga la implementación de una edificación sostenible, a modo general, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Beneficios de implementación de edificios sostenibles (Baquero, 2018)

Ambientales	Disminución de consumo de recursos naturales y eficacia en su uso.
Económicos	Disminuye los costos de mantenimiento
Procesos Constructivos	Procesos constructivos menos contaminantes
Salud y Seguridad	Mejora la salud por la ventilación e iluminación
Sociales	Disminuye la presión sobre la infraestructura local y mejora calidad de vida
Ocupacional	Las tasas de ocupación de las construcciones sustentables llegan a un 20% por encima del promedio de las edificaciones.

Productividad	Logra un incremento de productividad, bienestar y satisfacción
---------------	--

2.2.4. Edificios verdes en el mundo

La incorporación de las certificaciones Leed se realiza a partir del año 1998 en EEUU; sin embargo, no es la única certificación existente, es por ello que, a nivel mundial, se cuentan con numerosos proyectos certificados por diferentes instituciones (Osma & Ordoñez, 2010), las cuales son mencionadas más adelante. Estas se encargan de monitorizar el consumo de los recursos, evaluar los impactos de la construcción de edificaciones y acreditarlas mediante reconocimientos oficiales. En la tabla 2, se presenta un recuento del ranking de países según la cantidad de proyectos certificados y la cantidad de metros cuadrados certificados a la fecha del 2018. Como se observa en la tabla 2, el país en Latinoamérica que lidera en cantidad de proyectos con certificación es Brasil.

Tabla 2. Ranking de países con mayor número de proyectos con certificación sostenible (Usgbc, 2018)

País	Nº Proyectos certificados	Área certificada (m2)
EEUU	32 898	416 439 123
China	1424	60 687 572
Canadá	3140	44 390 590
India	851	23 094 691
Brasil	514	16 482 009
Alemania	321	7 858 220

Entre algunos de los ejemplos de edificaciones sostenibles más representativas en EEUU, se tiene al Millenium Park, Green Star, Buena Park, Edificio Lewis y Clark, entre otros (Osma & Ordoñez, 2010).

2.3. Conceptos importantes de la edificación sostenible

Como se menciona previamente, el desarrollo sostenible busca el entendimiento entre el medio ambiente y la economía. Sin embargo, los edificios consumen del 30 a 50% de energía eléctrica, el 12% del agua potable y producen entre el 45% y 65% de residuos y 30% de los gases invernaderos. Por ello, existen conceptos importantes que logran calificar al edificio en base a sus características propuestas por las instituciones encargadas de las certificaciones (Osma & Ordoñez, 2010).

2.3.1. Eficiencia de agua

Este aspecto, en la certificación LEED, se premia en el caso de obtener una gestión responsable de los recursos hídricos. Ello puede lograrse mediante la reducción de elementos de desagüe, uso de agua recuperada no potable o la aplicación de cualquier sistema que permita el consumo eficiente del agua.

Las aguas urbanas residuales son las que se obtienen a partir de las aguas de baños, duchas, fregaderos, las cuales pueden ser biodegradables (Osma & Ordoñez, 2010). Estas aguas pueden ser reutilizadas en servicios agrícolas, una vez realizada el tratamiento de filtración y desinfección de estas aguas grises.

2.3.2. Energía y atmósfera

Este aspecto, en la certificación Leed, es considerado cuando se habilita, en la edificación, el sistema de energía adecuadamente calibrado, que su desempeño sea el mínimo logrando ahorros energéticos (Baquero, 2018).

Entre las alternativas con las que se puede lograr un mejor nivel de sostenibilidad, se considera la energía solar fotovoltaica, la cual no requiere de combustible y no genera efecto de gases invernaderos; sin embargo, su costo inicial de implementación es significativo, como se muestra en la tabla 3, considerándose entre los más caros pero que su nivel de contaminación es menor a comparación de la tecnología a gas.

Tabla 3. Comparación de costo y emisiones de dióxido de carbono de diferentes tecnologías de generación de energía eléctrica

Tecnología	Costo (USD/kWh)	Contaminación (gCO/Kwh)
Solar	0.24	90
Eólica	0.07	25
Hidroeléctrica	0.05	41
Gas	0.05	543

También, se podría utilizar, los denominados *see – through* PV, los cuales se instalan como ventanas o techos y funcionan tanto como generación de energía eléctrica como energía fotovoltaica y como iluminación natural de interiores. Esta alternativa permite aprovechar el 10% de iluminación natural, reduce el incremento de temperatura interior, reduce el consumo de aire acondicionado (Osma & Ordoñez, 2010).

2.3.3. Materiales y recursos

En este aspecto, en la certificación LEED, se consideran planes de minimización de generación de residuos de desecho, planes para consumo de materiales elaborados en cercanías al proyecto y se obtiene puntos extra según el uso de ciertos tipos de materiales (Baquero, 2018). Para que los materiales puedan ser considerados cercanos o locales, se toma en cuenta las distancias de extracción de materias primas de aproximadamente 500 millas desde el sitio de construcción (Rocha-Tamayo, 2011).

Una clasificación de estos se presentará a continuación en la tabla 4. El uso de estos tipos de materiales reduce el impacto ambiental y otorgan mayor puntaje en la certificación LEED.

Tabla 4.. Clasificación de materiales, descripción y ejemplos (Rocha-Tamayo, 2011)

Tipo	Descripción	EJEMPLOS
Materiales renovables	<p>Son producidos con materias primas cultivables y/o de crianza animal, como madera, fibras vegetales, cueros y fibras animales</p> <p>Se toma en cuenta la producción, de tal manera que se garantice la continuidad de la renovación, evitando el agotamiento de la tierra y/o los recursos hídricos</p>	La madera, el caucho natural, la guadua, el corcho y otros productos vegetales renovables
Materiales reciclados	Normalmente se funden y se producen nuevos productos. Al reciclarlos se elimina el impacto ambiental causado por los procesos de extracción y minería, reduciendo el consumo de energía hasta en un 70% de la energía requerida para el proceso completo de producción, en el caso del acero, y hasta en un 95% en el caso del aluminio	<p>Los metales, tanto ferrosos (hierro, acero, etc.) como los no ferrosos (cobre, aluminio, etc.) El reciclaje de los paneles de yeso utilizados comúnmente en la construcción en seco de muros.</p> <p>El ladrillo, el concreto y otros materiales pétreos, al ser triturados, usados como agregados o como relleno.</p>
Materiales reutilizables	Para calificar un material como reutilizado no deben realizarse procesos de transformación.	Estructuras metálicas
Materiales durables	La resistencia a la abrasión, al agua, al viento y a la radiación solar, entre otros, son características que hacen que los materiales sean durables.	Piedra y ladrillo

Materiales de fácil mantenimiento	Esto implica costos energéticos, consumo de agua, generación de residuos y en algunos casos contaminación de cuerpos de agua o del subsuelo. Materiales los cuales el aseo, Reparaciones y reposición de elementos sean menores.	Materiales resistentes a los rayos UV como concreto, piedra o ladrillo en fachadas, en lugar de pintura; protecciones contra la corrosión en materiales metálicos a la vista; pisos de tráfico pesado fáciles de limpiar como porcelanato o cerámica, o fáciles de pulir como la madera.
-----------------------------------	---	--

Para obtener un mejor conocimiento de los coeficientes de energía embebida en los materiales de construcción utilizada durante la construcción, se puede observar en la tabla 5 los coeficientes de la cantidad de energía empleada por m³ para distintos materiales comúnmente utilizados en construcción.

Tabla 5. Coeficientes de cantidad de energía empleada por m³ (Victoria University of Wellington, 2011)

MATERIAL	MJ/m ³
Paja	30,5
Agregados de río	36,0
Agregados de cantera	63,0
Arena	232
Adobe, estabilizado con bituminosa	490
Adobe, estabilizado con cemento	710
Bloque de tierra prensado	810
Piedra local	2.030
Poliestireno expandido	2.340
Concreto, 40 MPa	3.890
Ladrillo cerámico	5.170
Teja cerámica	5.250
Madera contrachapada	5.720
Asfalto	7.140
MDF	8.330
Fibro-cemento	13.550
Ladrillo cerámico vitrificado	14.760
Cemento	15.210
Aluminio reciclado	21.870
Papel	33.670
Acero reciclado	37.210
Vidrio endurecido	37.550
Vidrio laminado	41.080
Poliuretano	44.400
Polipropileno	57.600
Caucho de látex natural	62.100
Vidrio endurecido	66.020
Acero reciclado, reforzado, seccionado	69.790
PVC	93.620
Pisos de vinilo	105.990
Pinturas con base en agua	115.000
Aluminio reciclado, extruido y anodizado	115.830
Caucho sintético	118.800
Pinturas con base en solventes	127.500
Linóleo	150.930
Acero estructural	274.570
Zinc	371.280
Aluminio, extruido, anodizado	612.900
Cobre	631.164

2.3.4. Calidad ambiental interior

En este aspecto, la certificación LEED posee condiciones tales como el desempeño mínimo de la calidad interior (diseño de sistemas de limpieza de aire, ventilación), manejo del humo de cigarrillo. Además, se logra obtener puntos extra al garantizar luz adecuada, vista hacia el exterior y mejores condiciones de temperatura. También, se puede realizar una encuesta anual de confort en los ocupantes de la edificación para que evalúen las condiciones de temperatura y su comodidad y niveles de luminosidad del lugar (Baquero, 2018).

Por un lado, el aspecto visual otorga confort en las edificaciones, por ello representa entre el 20 y 30% del consumo energético. Se podría aprovechar la luz solar para la disminución del consumo de energía eléctrica por iluminación.

Por otro lado, la ventilación de forma natural puede ser acompañada de modelación y simulación de un mecanismo computacional de fluidos dinámicos. Esta práctica implica modificaciones en la estructura. Este sistema es 40% menos costoso a comparación del sistema de ventilación mecánico tradicional y, además, reduce en un 30 a 50% el consumo energético. Entre las alternativas a implementar para facilitar el flujo de aire, es el uso de chimeneas, ya que permite un mejor control de capacidad de refrigeración de entornos internos, siempre y cuando se ubiquen aberturas en los pisos adecuadamente diseñadas (Osma & Ordoñez, 2010).

2.3.5. Innovación en diseño y operaciones

En este aspecto se califica la innovación del diseño y su representación ambiental (Londoño, 2009).

Como alternativa de innovación en el diseño, se podría utilizar una estrategia de aislamiento térmico en las azoteas con la aplicación de *Green-roof*, la cual consiste en paredes recubiertas de vegetación. Este sistema disminuye la temperatura y ruido al interior de la edificación. La permanencia de tiempo es de 25 a 50 años que provee ahorros energéticos entre 25 y 50% (Osma & Ordoñez, 2010).

En la innovación de procesos, se puede emplear software que logren modelar y calcular el impacto ambiental del proyecto tanto desde la construcción, la operación y la vida útil. Complementando los sistemas de certificación, se puede analizar el ciclo de vida de los aspectos que generan impacto en el medio ambiente y puede ser empleado en la fase de diseño (Rocha-Tamayo, 2011).

2.3. Certificación de edificios verdes

2.5.1. Sistemas de certificación

En las últimas décadas, los gobiernos, investigadores y organismos encargados de velar por la conservación y protección de los recursos naturales y del medio ambiente han emprendido acciones para reducir los efectos de la crisis medioambiental actual y no comprometer a las generaciones futuras. De este modo, se establecieron distintos códigos de conservación de energía con la finalidad de establecer parámetros para el diseño y ejecución de infraestructura nueva o existente con notables mejoras en la eficiencia energética (Shukla & Sharma, 2018). A partir de lo cual se crearon sistemas de certificación o calificación de edificios verdes para cuantificar los esfuerzos que se realizan por construir infraestructura sostenible (Zhang et al. 2019).

Los sistemas de certificación presentan dos objetivos principales en su aplicación. El primero, consiste en establecer criterios y parámetros específicos que proporcionen un direccionamiento claro para la implementación del edificio verde. El segundo, otorga un nivel de reconocimiento de acuerdo a la cantidad y calidad de las prácticas sostenibles implementadas en el proyecto (Nilashi et al., 2015). La certificación otorgada distingue a la infraestructura como sostenible y eleva su estatus en términos ambientales, económicos y sociales. Con lo cual resultan atractivos para la población e incentivan la industria de la construcción ecológica (Todd et al., 2013; Zhang et al., 2019).

La primera evaluación medioambiental se produjo con la aparición del BREEAM (por sus siglas en inglés, UK Building Research Establishment Environmental Assessment Method) en Reino Unido en el año 1990 (Cole, 2005). Desde ese año, la evolución de los sistemas de calificación se ha ido desarrollando y adaptándose al mercado (Ferreira et al., 2014). Este fenómeno se puede evidenciar en la Ilustración 3, donde Zhang et al., (2019) registra la aparición de 49 sistemas de clasificación donde el 80% son utilizados en sus propios países.

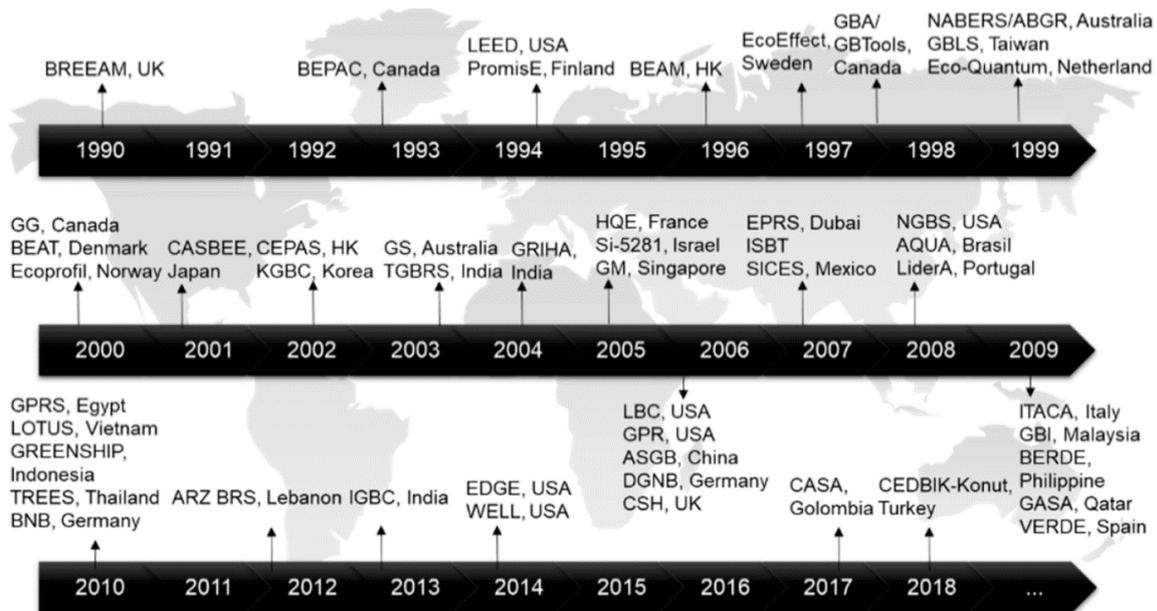


Ilustración 3. Evolución en el tiempo de los sistemas de certificación verde (Zhang et al., 2019)

Durante estas tres épocas, algunos sistemas han extendido su aplicación a otros países y con esto su aplicabilidad. Es así como BREEAM, la más antigua como lo evidencia la Ilustración 3, ha certificado más de 541 000 edificios sostenibles en 77 países (BREEAM Certification, 2019). Sin embargo, en la actualidad existen dos programas con mayor presencia en el mundo. El primero se denomina LEED, por sus siglas en inglés Leadership in Energy and Environmental Design, su primera aparición data del año 1994 en Estados Unidos. En la actualidad, se encuentra en 165 países en más de 2.2 millones de pies cuadrados de área certificados (LEED Green Building Certification, 2019). La ilustración 4 muestra los 11 principales sistemas de certificación empleados en el mundo.

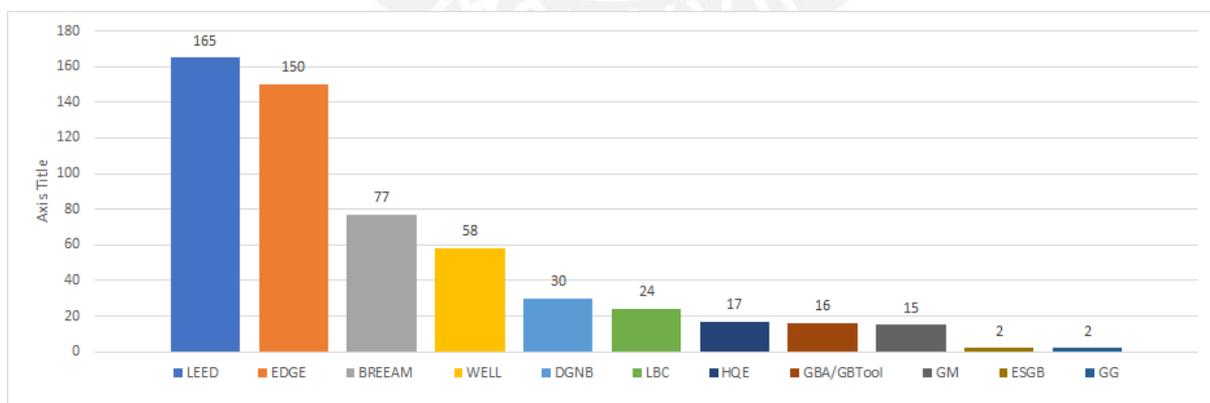


Ilustración 4. Presencia de los sistemas de certificación en el mundo (Modificado de Zhang et al., 2019)

En segundo lugar, se ubica EDGE que tiene presencia en 150 países donde se han certificado 59 059 viviendas con un área de 15 464 608 metros cuadrados (EDGE Buildings, 2019). La

certificación WELL se ubica en lugar con una aplicación en 58 países (Ilustración 8888) esta herramienta promueve la salud y el bienestar en los edificios a nivel mundial. Cuenta con 3 911 proyectos certificados en una extensión de 479 millones de pies (WELL Certification, 2019). El podio de los cinco principales sistemas de calificación lo conforma DGNB. Este programa alemán ha certificado más de 4800 proyectos en 30 países al cierre del año 2018 (DGNB Certification, 2019).

Los códigos de conservación de energía verde no están presentes en todos los países. Por lo cual, la necesidad de emplear algún sistema de calificación en muchos casos es nulo o escaso. Sin embargo, la mayoría de estados han optado por establecer el carácter de estas normas en tres categorías: obligatorio, voluntario y mixto. De esta manera, la Ilustración 5 representa la región de cada categoría.



Ilustración 5. Estatus de los códigos de conservación de energía verde para edificios residenciales nuevos (Shukla & Sharma, 2018)

En el mapa anterior se puede observar que el continente europeo, asiático y australiano han implementado la obligatoriedad de los códigos. Mientras que, en Estados Unidos y Canadá en algunos estados es obligatorio y en otros voluntarios. Por tanto, estas zonas son consideradas como mixtas. Finalmente, en América del Sur y África, la aplicabilidad no es imperativo y su uso solo se refleja en algunas edificaciones nuevas (Shukla & Sharma, 2018).

2.5.2. Parámetros para la certificación

Los sistemas de calificación de edificios verde son organismos o instituciones autónomas que establecen sus propios criterios y parámetros para cuantificar los recursos y trabajos

adicionados a la infraestructura para convertirlo en sostenible. Asimismo, cada ente fija la estructura de evaluación y los puntajes que se otorgan si se cumple con los objetivos específicos. De esta manera, la suma total de los porcentajes o puntajes adquiridos por la edificación lo posición dentro de un rango de sostenibilidad.

Para efectos de este trabajo de investigación, se considera necesario presentar el detalle de los cinco principales organismos de certificación mundial enunciados en el numeral 2.5.1. Por tanto, se recopila sus sistemas de certificación, los créditos necesarios, conceptos y parámetros exigidos. Se considera de cada metodología la última versión aplicable a edificios residenciales multifamiliares y se presenta en la Tabla 6.

Tabla 6. Parámetros para la certificación y estructura de calificación (LEED Green Building Certification, 2019; EDGE Buildings, 2019; BREEAM Certification, 2019; WELL Certification, 2019; DGNB Certification, 2019)

Certificación	Calificación	Parámetros para la certificación
LEED v4.1 Residencial	Certificado 40-49 puntos Plata 50-59 puntos Oro 60-79 puntos Platino 80+ puntos	Proceso Integral (IP) 1 punto Ubicación y transporte (LT) 15 puntos Sitios sostenibles (SS) 9 puntos Eficiencia del agua (WE) 12 puntos Energía y atmósfera (EA) 34 puntos Materiales y recursos (MR) 13 puntos Calidad ambiental en interiores (IEQ) 16 puntos Innovación (I) 6 puntos Prioridad regional (RP) 4 puntos
EDGE v2.1.5	Certificado +20% Energía +20% Agua +20% Materiales	Ahorro de energía 100% Ahorro de agua 100% Ahorro de energía incorporada en materiales 100%
BREEAM	Aprobado >30% Bueno >45% Muy bueno >55% Excelente >70% Excepcional >85%	Energía Salud y Bienestar Innovación Uso del suelo Materiales Administración Contaminación Transporte Residuos Agua

WELL v2	Silver 50 puntos Gold 60 puntos Platinum 80 puntos	Aire Agua Luz Vida activa Bienestar cognitivo y emocional Transparencia nutricional Confort térmico Sonidos Materiales Comunidad Innovación
DGNB	Plata 35-50% Oro 50-65% Platinum 65-80%	Calidad económica Calidad del sitio Calidad sociocultural y funcional Calidad del proceso Calidad técnica

Como se observa en la tabla 6, LEED establece 9 categorías para un total de 110 puntos. Se enfoca en la calidad del aire, ahorro de energía y agua (LEED Green Building Certification, 2019). En términos generales en la sostenibilidad ambiental (Silva, 2018). EDGE enfoca sus esfuerzos en el ahorro de energía, agua y materiales con un mínimo de 20% en cada categoría (EDGE Buildings, 2019). Se considera a esta herramienta con menor exigencia debido a que requiere menos criterios y porcentajes de sostenibilidad. BREEAM evalúa la sostenibilidad de las edificaciones (Silva, 2018). Por otro lado, WELL centra sus esfuerzos en el bienestar de la salud y el ser humano (Silva, 2018). Finalmente, DGNB se basa en tres factores fundamentales: evaluación del ciclo de vida, enfoque holístico y el rendimiento. Es así que abarca, todo el ciclo de vida del proyecto (DGNB Certification, 2019).

Zimmermann et al., (2019) relaciona los sistemas de certificación de edificaciones con el enfoque de sostenibilidad que consiste en el balance económico, social y ambiental. Por lo cual, establece las correlaciones entre las categorías de cada organismo certificador y los tres tópicos de sostenibilidad. Con su análisis logra obtener el porcentaje de importancia de los tres aspectos en los programas analizados en este trabajo, los cuales se muestran en la Figura 6. Estos gráficos evidencian que la metodología LEED prioriza el tema ambiental con un 66% y deja de lado el tema económico ya que apenas alcanza un 3.3%. BREEAM ofrece un comportamiento similar con 65%, 5.9% y 29% en la calidad ambiental, económica y social, respectivamente. Por otro lado, WELL enfoca casi la totalidad de sus esfuerzos en el tema social con un 93% y deja relegados el tema ambiental (4%) y económico (2.9%). Por su parte, DGNB presenta un balance entre estos tres aspectos con 34%, 29% y 37% (medioambiental,

económico y social). De este modo, se posiciona como el sistema certificador con mayor afinidad al concepto de sostenibilidad propiamente dicho (Zimmermann et al., 2019).

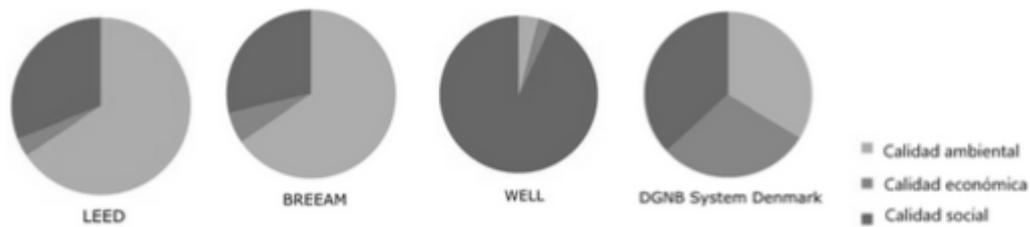


Ilustración 6. Importancia de los tres aspectos de sostenibilidad (medio ambiente, económico y social) en los diferentes sistemas de certificación (Adaptado de Zimmermann et al., 2019).

Sin embargo, en la actualidad debido a los problemas ambientales y al fenómeno de cambio climático las instituciones, clientes y contratistas optan por sistemas con mayor incidencia en el tema de eficiencia energética. De este modo, LEED y BREEAM se posicionan como las técnicas populares en el mundo (Nilashi et al., 2015)

2.4. Reseña histórica de edificios sostenibles certificados en el Perú

Según Red Regenerativa, empresa dedicada a brindar certificación LEED, existen aproximadamente 180 edificios certificados como sostenibles (Comercio, 2018). En el 2015, se tenían solo 21 edificios sostenibles en el Perú (Guzmán, 2015). El primero en obtener la certificación LEED fue el Centro Empresarial Leuro, ubicado en la avenida Paseo de la República y Benavides, en el distrito de Miraflores (Andina, 2015).

2.6. Metodologías

2.6.1. Pensamiento sustentable

Según Karakhan A. (2016), sostenibilidad es un término que ha venido tomando fuerza en los últimos 20 años, asimismo, señala que actualmente, el 70% de las empresas del rubro cuentan con prácticas ecológicamente amigables.

Por otro lado, el desarrollo sustentable refiere al cambio continuo, donde el uso de los recursos naturales, las inversiones, y el progreso científico y tecnológico, apuntan a satisfacer las necesidades sociales actuales (Bifani, 1997)

Asimismo, Cortez et al. (2015) señala que el concepto de sustentabilidad tiene su origen en el término de desarrollo sustentable y que, si bien el desarrollo no garantiza crecimiento económico, es un mecanismo para alcanzarlo.

2.6.2. Aplicaciones y procesos para la construcción ecológica

De acuerdo a Lung et al. (2018), la implementación de metodologías en edificios verdes en el Perú. Además, se sostiene que los costos de construcción que implica su formulación resultan entre un 3 a 5% mayores respecto a las construcciones tradicionales. En ese sentido, al no verse variados los costos en su construcción, el verdadero valor será percibido en su venta debido a los ahorros que significaran para los ocupantes en el costo de operación y la reducción del impacto negativo para con el ambiente.

Por otro lado, Lung y Shaurette, en el año 2018, indagaron sobre la aplicación de las metodologías de colaboración aplicada a la construcción y diseño de edificaciones tradicionales con el fin de que los costos se vean reducidos y así poder analizar su aplicación en la construcción de edificios verdes. Se utilizó métodos cuantitativos para el desarrollo de esta investigación de manera que se pueda trabajar estadísticamente con la data obtenida. Entender el concepto de construcciones verdes, trabajo colaborativo, las fases en las que es más efectiva e identificar las dificultades en lo que respecta a su implementación fueron algunos de los objetivos de su investigación. Los resultados de la investigación determinaron que el 52% de los encuestados consideran que los trabajos colaborativos son altamente recomendados para su aplicación como medida de reducción de costos y aumento de eficiencia, esto motivaría aún más su aplicación para la obtención de certificaciones.

El trabajo colaborativo implica el desarrollo de tareas multidisciplinarias, cuya sinergia entre especialistas y profesionales puede resultar en actividades eficientes, mejora en la productividad, aumento de ganancias y valor añadido al proyecto en desarrollo (Bouchlaghem, 2012).

Como se ha mostrado en párrafos anteriores. Esta certificación puede ser alcanzada basándonos en diferentes metodologías, entre las cuales destacan aquellas que son colaborativas en las etapas de diseño y construcción. Así, es donde surge la opción de la aplicabilidad de BIM y los modelos de información que puedan ayudar a el ahorro de energía, ahorro de costos y reducción de riesgo de polución (Li et al., 2013).

Para que el uso de BIM llegue a optimizar cada proceso de lo que refiere a la construcción de edificaciones, es necesario conocer su uso y aplicación a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, así como la integración de esta filosofía con los sistemas de calificación, para el presente proyecto: LEED. Este último se podrá obtener en base a la calificación por puntos en el Check List que se muestra en el anexo entre los cuales destacan requisitos obligatorios y

créditos adquiridos que quedan a criterio de los diseñadores y clientes. Cabe señalar que este Check List fue extraído de la página oficial de la USGBC.

Aiman et al. (2018) establece casos de sinergia entre LEED y BIM, entre los cuales destacan los siguientes autores: Aiwan et al. (2015) en cómo 14 créditos de LEED y su análisis permiten la integración en la ingeniería concurrente en los procesos establecidos por BIM; Jalaei and Jrade (2015) desarrollaron metodologías que vinculaban la discusión de sostenibilidad en los trabajos colaborativos, para la acumulación de puntos para el sistema de calificación LEED. En ese sentido, se puede tener una idea de la aplicabilidad de BIM en la búsqueda de las certificaciones.

El desarrollo de los IGBPM (Integrated Green BIM Process Model), según Wu et al (2014), deben llevarse a cabo en primer lugar mediante un análisis de viabilidad de algún nivel de certificación, es decir, qué tan factible es su alcance y cuánto afectará en el flujo de caja y retorno de la inversión. Deberá asignarse a miembros del proyecto ciertos créditos afines a su especialidad. Este *check list* se encontrará en la sección de anexos debido a su extensión.

Además, existen procesos “Green BIM” característicos de un proyectos IGBPM, utilizados como parte de un Mapeo de Procesos presentes en la fase 1 “Conceptualización” (ver Ilustración 7) cuyo análisis parte de la validación conceptual, a cargo del equipo LEED del proyecto; además análisis de diferentes criterios tales como la selección de la ubicación, a cargo del Ingeniero Civil y programación del desempeño de la construcción, a cargo del coordinador del proyecto.

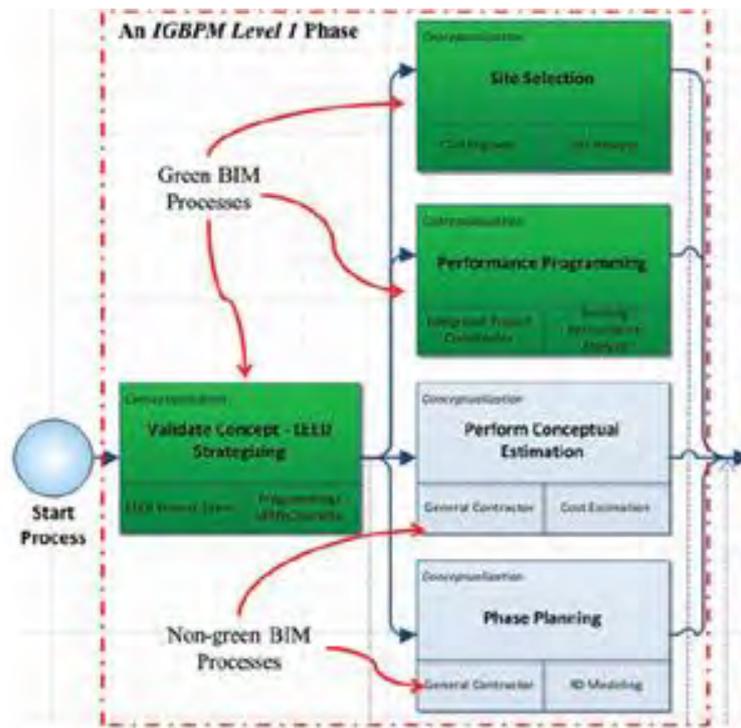


Ilustración 7. Típico IGBPM. Fase 1- Conceptualización (Fuente: Wu et al. 2015)

Tanto este nivel como con nivel 2 de Mapeo de Procesos son solo ejemplos de adaptación de PEPG (Project Execution Planning Guidelines) para satisfacer los requerimientos del cliente a través de BIM.

Sin embargo, a pesar de la información y metodologías que existen, hay aún barreras y dificultades que suelen disuadir a los interesados en la industria de la construcción a su aplicación, por lo que es recomendable contar con profesionales capacitados en lo que refiere a VDC en la gestión de un proyecto.

Existen riesgos que, según Wu et al. (2014), implica el uso de BIM para alcanzar la certificación LEED y son considerados como innecesarios para los equipos encargados del proyecto, por lo que no recurren a aquel; asimismo, el costo es otro factor por el cual no se recurre al uso de BIM, y se recurre a las certificaciones más básicas ya que su complejidad no es condicionante para el uso de BIM.

Así, deberá existir una integración en cada proceso que se ejecute, en donde cada especialidad brinde su punto de vista y, compatibilizando criterios, en la fase de diseño ya que es ahí donde las necesidades, solicitudes y deseos de los diferentes actores participantes de un proyecto (cliente, diseñadores, arquitecto, constructor, etc) toman forma, y de este modo pueda obtener

infraestructura que pueda ser construible, operable y sustentable (ver Ilustración 8)(Fischer et al., 2014).

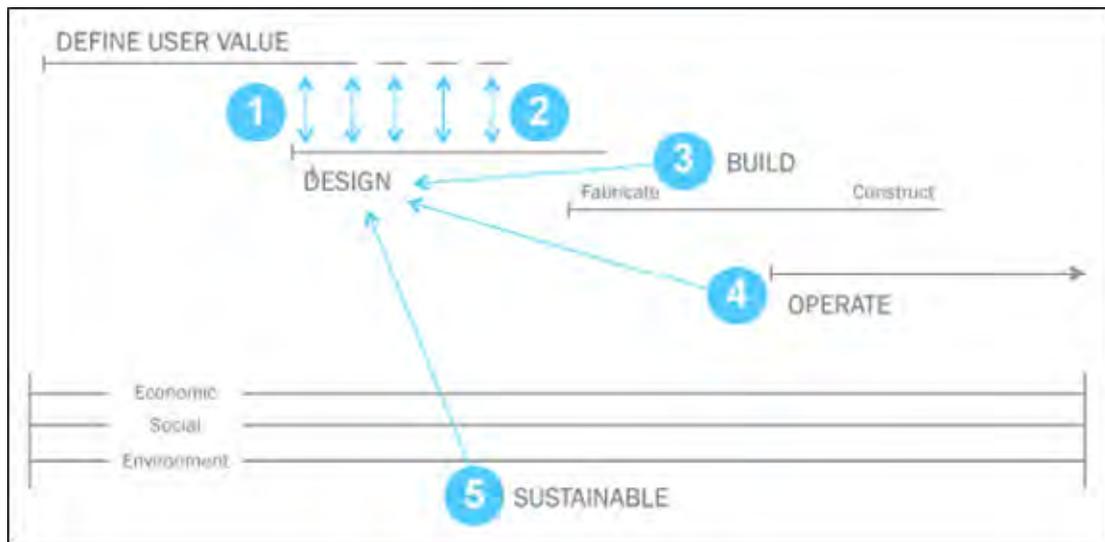


Ilustración 8. Cinco procesos de integración para alcanzar edificios de alto rendimiento (Fuente: Fischer et al.,2014)

3. Arquitectura

3.1. Descripción del proyecto

La propuesta arquitectónica muestra un plano general para el primer piso y un plano de planta típica del segundo al cuarto piso.

3.1.1. Primer piso

En este nivel se ubica el área de recepción, hall de ascensores, una oficina, depósitos y estacionamiento. En el siguiente cuadro se presenta el área techada de cada ambiente:

Tabla 7. Cuadro de áreas

Ambiente	Área techada (m2)
Recepción	56
Oficina	32
Estacionamiento	325.5
Área Libre	208

El área techada de este piso es de 424m2.

3.1.2. Piso típico (2do al 4to)

Cada piso típico presenta dos departamentos y cada departamento cuenta con los siguientes ambientes: cocina, lavandería, sala, comedor, 4 baños y 4 dormitorios. El área techada por departamento fue de **160 m2**.

3.2. Alcance propuesto

A continuación, se detallan los parámetros y ambientes considerados en la arquitectura del edificio, tanto en el primer nivel (estacionamientos), como en planta típica (departamentos)

3.2.1 Circulaciones y Estacionamientos

Los estacionamientos contarán con un ingreso ubicado en la zona de la calle San Agustín, tendrá capacidad para 9 vehículos. Este ambiente no será techado y contará luminarias en los muros perimetrales para iluminación. Asimismo, una escalera permitirá el acceso al hall de recepción para posterior ingreso a departamentos

3.2.2. Hall de acceso

De igual manera que el ingreso para los estacionamientos, el ingreso del edificio se da por la calle San Agustín; en este ambiente se encuentra la recepción la cual es la zona de control de las cámaras CCTV, control del tablero de distribución del primer nivel, así como una sala de estar donde los visitantes podrán usar uso del mobiliario para cuando sea requerido. El mismo tendrá un solo acceso directo al ascensor.

Por otro lado, se brinda además zonas de oficinas, la cual contará con todas las facilidades de sistemas de red de Internet.

3.2.3. Departamentos

Los propietarios tendrán acceso a los departamentos directamente desde el ascensor, los cuales los conducirán directamente hacia los corredores.

Tomando como referencia la salida del ascensor, el propietario tendrá dos vías para desplazarse: derecha e izquierda.

La vía de la derecha lo conducirá, en primer lugar, hacia la zona donde el usuario contará con mobiliario adecuado para espera; a partir de ahí, por la izquierda, se podrá acceder a la zona de la cocina y lavandería, esta última cuenta con dormitorio de servicios; por otro lado, de seguir de frente, el usuario tendrá acceso a la sala comedor, cuya mampara de aproximadamente 6.60m con vista hacia la calle San Agustín recorre todo el ambiente, proveyendo luz natural durante el día.

Por otro lado, la vía izquierda da acceso en primer lugar a la zona de estar, ambiente destinado a brindar una zona para reuniones casuales; luego, el corredor dará hacia los 3 dormitorios: uno principal con walking closet y 2 secundarios, y 2 baños: personal y para visitas.

Todos los ambientes cuentan con mamparas y ventanas.

3.2.4. Ascensor

El ascensor será marca Schindler 3300 de cabina de doble acceso o embarque, cuya puerta será de 0.8m de ancho, altura de 2.00m y altura de cabina de 2.20m; las dimensiones interiores de la cabina serán de 1.3mx1.8m. La capacidad de este es de 625 kg o 7 pasajeros. Un ascensor será requerido para dar acceso a los propietarios a sus departamentos, cuya salida da hacia los corredores. Este ascensor cuenta con acabado laminado melamínico. Fue considerado debido a su carácter ecoamigable, lo que permite ahorrar gastos operativos a los clientes y un ahorro de energía de alrededor de 70% respecto a los ascensores convencionales.

3.3 Descripción de acabados

La siguiente descripción será realizada partiendo de los acabados (ver cuadro de acabados) a utilizar en el primer nivel y luego departamento típico, considerando que no existe diferencia entre estos desde el segundo hasta el cuarto nivel.

Primer Nivel

Los dormitorios principales 1, 2 y 3 contarán con muros tarrajeados, imprimado y empastado, sin zócalo; los pisos terminados serán conformados por porcelanato antideslizante 60cmx60cm; los contra zócalos de porcelanato 60cmx60cm con h=0.10 m. El cielo raso será tarrajado y pintado. Finalmente, la pintura a utilizar será de látex lavable.

Las habitaciones de servicios higiénicos contarán con muros cubiertos con porcelanato 60cmx60cm en toda su superficie; los pisos terminados serán conformados por porcelanato antideslizante. El cielo raso será tarrajado y pintado. Finalmente, la pintura a utilizar será de látex lavable.

Tanto el ingreso vehicular, como como la zona de estacionamientos contarán con muro solaqueado, sin zócalo; los pisos serán de cemento con acabado frotachado; los contrazócalos de cemento pulido con h=0.10 m. El cielo raso será solaqueado. Finalmente, se utilizará pintura de látex lavable para los muros.

En el hall de ascensores y corredores, los muros serán solaqueados y empastados, y se tendrá zócalos de acero inoxidable; los pisos terminados serán conformados por porcelanato antideslizante; los contrazócalos, de porcelanato 60x60 con h=0.10 m. El cielo raso será tarrajado y pintado. Finalmente, la pintura a utilizar será de látex lavable para muros y techos.

Departamento Típico

Los dormitorios principales 1, 2 y 3 contarán con muros tarrajeados, solaqueado y empastados, sin zócalo; los pisos terminados serán conformados por porcelanato antideslizante 60cmx60cm; los contra zócalos de porcelanato 60x60 con h=0.10 m. El cielo raso será tarrajado y pintado. Finalmente, la pintura a utilizar será de látex lavable. Asimismo, el Walking Closet será de las mismas características del dormitorio principal.

Las habitaciones de servicios higiénicos contarán con muros cubiertos con porcelanato 60cmx60cm en toda su superficie; los pisos terminados serán conformados por porcelanato antideslizante. El cielo raso será tarrajado y pintado. Finalmente, la pintura a utilizar será de látex lavable.

El corredor, la zona de espera, la zona de estar y la sala comedor contarán con muros solaqueado y empastados, sin zócalo; los pisos terminados serán conformados por porcelanato antideslizante 60cmx60cm color gris; los contrazócalos de porcelanato 60x60 con h=0.10 m. El cielo raso será tarrajado y pintado. Finalmente, la pintura a utilizar será de látex lavable.

La cocina y la lavandería contarán con muros tarrajado y empastados, los zócalos serán de porcelanato pulido de 60cmx60cm, h =2.4m; los pisos terminados serán conformados por porcelanato antideslizante 60cmx60cm color gris; los contrazócalos de porcelanato 60x60 con h=0.10 m. El cielo raso será tarrajado y pintado. Finalmente, la pintura a utilizar será de látex lavable.

Parámetros sísmicos del suelo (Norma E.030) Zona sísmica: Tipo de perfil del suelo: Factor del suelo (S): Período TP (s): Período TL (s):	Zona 4 S2: Suelos intermedios 1.05 0.6 2.0
Agresividad del suelo a la cimentación Exposición a sulfatos: Tipo de cemento Portland: f'c mínimo:	Insignificante Tipo I 210 kg/cm2
Problemas especiales de cimentación	Ninguno
Indicaciones adicionales	Ninguno

Información previa

Del terreno a explorar

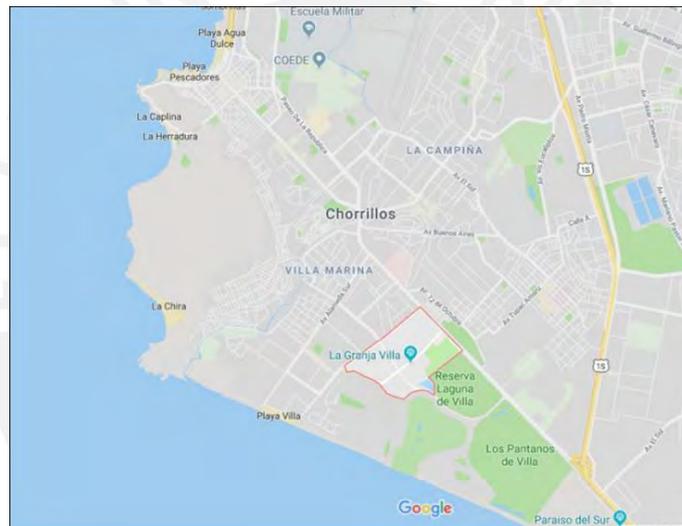


Ilustración 9. Mapa de Distrito de Chorrillos. Fuente: Google Maps

El proyecto denominado “Edificio Multifamiliar los Huertos de Villa” se encuentra ubicado en la urbanización “Huertos de Villa”, en el distrito de Chorrillos.

En cuanto a las características de las estructuras colindantes al sitio de proyecto, estas son, en su mayoría, viviendas cuyo número de niveles se encuentra entre 2 y 3; el sistema estructural predominante es albañilería confinada.

De la obra a cimentar

La edificación a construir es un edificio de 04 pisos cuyo sistema estructural es dual (pórticos y muros) destinado a vivienda multifamiliar; no contará con sótanos y será construida en un área aproximada de 219 m2.

La edificación está calificada como edificación tipo III, según lo especificado por la norma E.050 en la tabla 1 del numeral 13.5. “Tipo de edificación para determinar el número de puntos de exploración”.

Tabla 10. Tipo de Edificación u Obra para determinar el número de puntos de exploración (Fuente: Norma Técnica Peruana E.050 Suelos y Cimentaciones)

TABLA 1 TIPO DE EDIFICACIÓN U OBRA PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE PUNTOS DE EXPLORACIÓN (TABLA 6)					
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS • (m)	NÚMERO DE PISOS (Incluidos los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
APORTICADA DE ACERO	< 12	III	III	III	II
PÓRTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	< 10	III	III	II	I
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	< 12	II	I	---	---
BASES DE MÁQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	I	---	---	---
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	I	I	I	I
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	II	I	I	I
- Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior.					
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		≤ 9 m de altura	> 9 m de altura		
		II	I		
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA		III			
INSTALACIONES SANITARIAS DE AGUA Y ALCANTARILLADO EN OBRAS URBANAS.		IV			

Información adicional

En general, la urbanización Huertos de Villa ha formado parte de un estudio de zonificación sísmica ejecutado por el CISMID, por lo que los terrenos adyacentes a la construcción han sujetos a investigación. Con el fin de estimar, de manera previa a los ensayos y visitas de campo, la estratigrafía que se espera encontrar, se recurrió a la información brindada por CISMID.

Tabla 11. Estratigrafía típica del suelo en Chorrillos

Lugar	Profundidad (m)	Estratigrafía		Fuente
Esq. Ca. La Encantada con Al. Don Augusto Mz. D Lt. 15. Urb. Los Huertos de Villa	0.8	MH	Limo arenoso, de plasticidad alta, blando, húmedo, marrón, concreciones y raíces.	CISMID
	2.4	SM	Arena fina, limosa, suelta, saturada, marrón. Finos no plásticos	
	4	SP	Arena fina a media, mal gradada, densa a muy densa, saturada, color plomo.	
Esq. Av. Alameda Los Canelos y Ca. Don Augusto Lt 4 y 5 Mz D-1. Urb. Los Huertos de Villa	0.4	CL-ML	Limo arcilloso-arenoso, de plasticidad media, medianamente compacto, húmedo, color marrón.	CISMID
	2.2	SM	Arena fina a media, limosa, suelta, húmeda a saturada, color marrón blanquecino. Finos no plásticos.	
	2.8	SP	Arena fina mal gradada, suelta, saturada, color plomo.	
	4.4	SP	Arena fina, mal gradada, muy densa, saturada, color plomo oscuro.	
	5.2	SP	Arena fina, mal graduada, muy densa, saturada, color plomo oscuro, abundantes conchuelas.	
Av. Alameda del Premio Real Nro 397 Urb. Los Huertos de Villa	1.1	SC	Arena arcillosa, poco plástica, color beige claro, saturado suelto	CISMID
	2.35	SP	Arena de grano medio, color beige claro, suelta, con conchuelas	
	2.4	SC	Arena gruesa, color marrón, poco plástica	
	2.45	SP	Arena gruesa, color negruzco, con olor putrefacto.	
	2.85	SP-SM	Arena de grano medio, de color marrón a rojizo	
	3.45	SP	Arena de grano medio, color negruzco, con olor putrefacto.	

Tal como se aprecia en la tabla, existen variaciones en cuanto a la composición de los estratos de los 3 terrenos estudiados; en ese sentido, a fin de consolidar la campaña geotécnica, se

considerará lo estipulado en la metodología del trabajo, la cual precisaba la presencia de arena suelta a 01 (un) metro de profundidad, y presencia de arcilla compacta hasta por debajo de los 10 (diez) metros de profundidad.

Exploración de campo

Los trabajos de campo se realizaron con la finalidad de determinar las características del subsuelo presente en el terreno en estudio. Para esta exploración fue necesaria la ejecución de tres perforaciones dentro del área de cimentación. Esta cantidad fue definida a partir del criterio adecuado mínimo para este tipo de edificaciones; de acuerdo, a la norma E050 del estado peruano. Los puntos de perforación fueron ubicados bajo un criterio netamente empírico que se ajusta a una distribución uniforme de los sectores de cimentación de la edificación a emplazar.

Como se describió previamente, el programa de exploración consistió en perforaciones. Estas fueron del tipo Wash Boring (WB)/Penetración Estándar (SPT), debido a información previa obtenida de la zona en estudio. La cual, resalta la presencia estratos de arcilla compacta y napa freática en los primeros metros de profundidad. Se alcanzó las profundidades indicadas en la tabla 4; siendo estas adecuadas para asegurar una correcta caracterización del suelo. Asimismo, cabe resaltar, que a dichas profundidades no se superó la cantidad máxima de 50 golpes establecidos por la norma NTP 339.133 y la ASTM D1586/D1586M-18.

Tabla 12. Resumen de la profundidad y nivel freático encontrados en las perforaciones

Perforación	Profundidad alcanzada (m)	Nº de muestras	Nivel freático (m)
P1 Wash Boring/SPT	5.60	3	2.00
P2 Wash Boring/SPT	5.60	3	1.90
P3 Wash Boring/SPT	5.60	3	1.90

En cada punto de exploración se extrajeron muestras a 1.95 m, 3.45 m y 4.85 m. El detalle de cada perforación y muestra analizada se muestran en el anexo 2. Las dos primeras fueron muestras alteradas en bolsa (Mab) y la última muestra inalterada en tubo (Mit). Con la finalidad de clasificar las muestras de suelo halladas en el terreno bajo criterios visuales, de campo y laboratorio. Asimismo, bajo la premisa de haber ejecutado ensayos de penetración estándar de acuerdo a la normativa actual, se registró los valores de números de golpe o N_{CAMPO} . Posterior a esto, se procedió a la corrección para obtener el N_{60} ; puesto que, se desestima los primeros 15 cm correspondientes a los primeros golpes por una posible alteración de terreno. Por lo tanto, la profundidad considerada para la penetración son los siguientes 30 cm. Para la corrección se utilizó la siguiente ecuación:

$$N_{60} = N_{CAMPO} C_E C_R C_B C_S$$

Donde, C_E , C_B y C_S son iguales a 1 por las características del ensayo; mientras que, el C_R se obtendrá del gráfico propuesto por el NCEER y Cetin (1997) para longitudes menores a 20 metros. Este último se muestra a continuación:

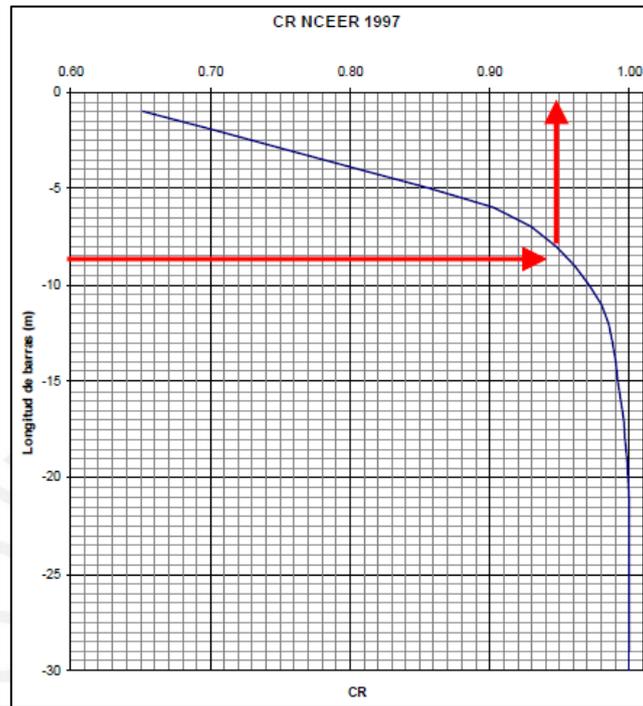


Ilustración 10. Gráfica para obtener el coeficiente de corrección C_r

Tabla 13. Coeficientes de corrección C_r

Perforación	Muestra	Profundidad (m)	C_R
P-1	1	1.9	0.70
	2	3.5	0.78
	3	5.2	0.87
P-2	1	2.0	0.70
	2	3.6	0.79
	3	5.2	0.87
P-3	1	1.9	0.70
	2	3.6	0.78
	3	5.3	0.87

La profundidad a la cual se halló el C_R corresponde a la altura del cabezal más 30 cm que corresponde a la longitud de la barra sobresaliente.

Con los coeficientes de corrección hallados, se calcula el N_{60} del ensayo SPT; el cual, se presenta en la siguiente tabla y será usado para los análisis y cálculos posteriores.

Tabla 14. Factores de corrección

Perforación	Muestra	Profundidad (m)	Ensayo penetración estándar (golpes por 15 cm)			N _{campo}	C _R	N ₆₀
			1er	2do	3er			
P-1	1	1.50-1.95	3	5	7	12	0.70	8.4
	2	3.00-3.45	4	4	8	12	0.78	9.36
	3	4.40-4.85	5	6	8	14	0.87	12.18
P-2	1	1.50-1.95	4	7	6	13	0.70	9.1
	2	3.00-3.45	4	7	5	12	0.79	9.48
	3	4.40-4.85	5	7	8	15	0.87	13.05
P-3	1	1.50-1.95	4	7	7	14	0.70	9.8
	2	3.00-3.45	5	7	6	13	0.78	10.14
	3	4.40-4.85	4	8	6	14	0.87	12.18

Por último, se desestima la corrección por napa freática; debido a que, para este proyecto no se presenta los dos casos particulares establecidos por la bibliografía según Olcese (2018).

La necesidad de obtener el N₆₀ de los suelos cohesivos encontrados se realiza para obtener la consistencia, sobre consolidación y la cohesión no drenada de las arcillas.

Ensayos de laboratorio

En cada punto de exploración se extrajeron tres muestras representativas del terreno en estudio. Con la finalidad, de someterlas a diversos ensayos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Pontificia Universidad Católica del Perú. De esta forma, identificar y clasificar las muestras mediante la metodología definida en la NTP E050 y los criterios del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Los ensayos realizados y las normas consideradas para su desarrollo, se describen a continuación:

Ensayos estándar

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D422-63(2007) / NTP 339.128

Con esta prueba es posible clasificar y separar por tamaños los componentes del suelo hallado según SUCS. Asimismo, se obtiene la curva granulométrica, coeficiente de uniformidad, coeficiente de curvatura, y porcentaje de pasante y retenido de grava, arena, y finos. De esta forma, es factible identificar algunas propiedades de los suelos.

- Contenido de humedad ASTM D2216-05 / NTP 339.127

Se realiza esta prueba con la finalidad de determinar el contenido de agua. Para el tipo de suelos hallados por la exploración, el contenido de humedad en suelos cohesivos nos permite conocer su consistencia.

- Peso específico de sólidos ASTM D854-10 / NTP 339.131

Mediante este ensayo se obtiene la relación entre el peso de los sólidos y el volumen de agua.

- Límites líquido y plástico ASTM D4318-10 / NTP 339.129

Se realizó esta prueba en las muestras de arcilla debido a la necesidad de caracterizar la fracción fina y conocer el comportamiento del suelo en mención. Mediante, los parámetros de índice de plasticidad, límite de plasticidad y límite líquido.

En la siguiente tabla, se presenta el resumen de los ensayos estándar realizados para el proyecto.

Tabla 15. Resumen de los ensayos de laboratorio

Muestra	Profundidad (m)	Granulometría (%)			Límites (%)			SUCS	w%	Gs
		Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP			
P1 M2	1.50-1.95	0	6.6	93.4	-	-	-	CL	19.6	2.72
P2 M1	3.00-3.45	0	6.6	93.4	33	20	13	CL	-	2.72
P3 M1	5.00-5.60	0	7.8	92.2	51	24	27	CL	-	2.74

Ensayos químicos

Se realizaron con la finalidad de estimar el grado de agresividad que presenta el suelo estudiado hacia las estructuras que entren en contacto con este. De esta manera, es posible poder proteger previamente el concreto o acero. Se siguieron las recomendaciones de la norma E060 “Concreto Armado” y del ACI 318. Para esto, se realizaron los siguientes ensayos:

- Determinación de sulfatos solubles – Suelo ASTM D516 / NTP 339.178
- Determinación de sales solubles totales – Suelo ASTM SM-2504 B / NTP 339.152
- Determinación de cloruros solubles – Suelo ASTM D1411/ NTP 339.177

De los ensayos realizados, se presenta el porcentaje de cloruros, sulfatos y sales solubles presentes en el suelo.

Tabla 16.. Resultados de los ensayos de laboratorio

Perforación	Muestra	Prof. (m)	SUCS	Cloruro (%)	Sulfato (%)	Sales solubles totales (%)
P1	M2	1.50-1.95	CL	0.0131	0.0354	0.0748
P2	M1	3.00-3.45	CL	0.0133	0.0351	0.0752

P3	M1	5.00-5.60	CL	0.0131	0.0353	0.0749
----	----	-----------	----	--------	--------	--------

A partir de estos, se analizan las recomendaciones mostradas en la siguiente tabla.

Tabla 17. Requisitos para concreto expuesto a soluciones de sulfatos

TABLA 4.4
REQUISITOS PARA CONCRETO EXPUESTO A SOLUCIONES DE SULFATOS

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO ₄) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO ₄) en el agua, ppm	Tipo de Cemento	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal*	f ^c mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero*
Insignificante	0,0 ≤ SO ₄ < 0,1	0 ≤ SO ₄ < 150	—	—	—
Moderada**	0,1 ≤ SO ₄ < 0,2	150 ≤ SO ₄ < 1500	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0,50	28
Severa	0,2 ≤ SO ₄ < 2,0	1500 ≤ SO ₄ < 10000	V	0,45	31
Muy severa	2,0 < SO ₄	10000 < SO ₄	Tipo V más puzolana***	0,45	31

* Cuando se utilicen las Tablas 4.2 y 4.4 simultáneamente, se debe utilizar la menor relación máxima agua-material cementante aplicable y el mayor f^c mínimo.

** Se considera el caso del agua de mar como exposición moderada.

*** Puzolana que se ha comprobado por medio de ensayos, o por experiencia, que mejora la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contienen cemento tipo V.

Con las tablas mostradas previamente, se puede inferir el tipo de protección para las estructuras de cimentación del proyecto. Por lo cual, la exposición a los sulfatos es calificada como “Insignificante”. Asimismo, según ACI 318-14, la exposición a los iones de cloruro es mínima, puesto que no se supera el umbral del 0.06 en porcentaje por peso de cemento. A partir de estas clasificaciones, se infiere que no es necesario ningún requerimiento adicional en términos de exposición a agentes externos. De esta manera, el tipo de cemento adecuado para el vaciado debe ser Portland tipo I.

Ensayos especiales

- Compresión simple ASTM D2166-06 / NTP 339.167

Este ensayo nos permite determinar la resistencia a la compresión no confinada del suelo (qu). De forma indirecta, es posible hallar la resistencia al corte o cohesión.

- Consolidación (por carga, 24 horas) ASTM D2435/D2435M-11 / 339.154

La necesidad de realizar este ensayo se basa en predecir la velocidad y magnitud del asentamiento de estructuras cimentadas sobre estratos de arcillas. Mediante, los siguientes

parámetros índice de precompresión (Cr) índice de compresibilidad (Cc) y la máxima presión efectiva vertical (σ'_p).

En la siguiente tabla, se presenta el resumen de los ensayos especiales.

Tabla 18. Resultados de los ensayos de laboratorio

Muestra	Profundidad (m)	Consolidación			Compresión simple
		Cc	Cr	σ'_p (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)
P2 M1	3.00-3.45	0.148	0.0158	2.31	1.42
P3 M1	5.00-5.60	0.316	0.0328	2.45	1.44

La información a detalle de todos los resultados de los ensayos de laboratorio se presentan adjuntos en el Anexo 5 de este informe.

Perfil del suelo

Ejecutados los ensayos de caracterización de suelo, se pudo obtener el perfil real del terreno. Estos fueron ejecutados según lo dispuesto por la NTP: 339.127, 339.128, 339.129, 339.131. Así, se obtuvieron parámetros tales como granulometría, límites de Atterberg, contenido de sulfatos y cloruros, Resistencia en condiciones no drenadas, etc.

En los primeros 0.7m de estrato existe presencia de arena SP; luego, hasta el nivel de -1.95m se encontró presencia de Arcilla Inorgánica de Plasticidad media, compacta y húmeda (CL). Es a partir de este punto en donde se haya la presencia de nivel freático; así, hasta el nivel -4.2m, se halla la presencia de Arcilla Inorgánica de Plasticidad Media, compacta y saturada (CL). Para finalizar, se obtuvieron datos de un último estrato hasta una profundidad de 5.6m correspondientes a una Arcilla Inorgánica de Plasticidad Baja, compacta y saturada.

El perfil estratigráfico se detalla en el Anexo.

Nivel de Napa freática

Mediante tres perforaciones, se determinó que la napa freática se encuentra dentro de la profundidad de exploración:

Tabla 19. Nivel de Napa freática

Perforación	Nivel de Napa Freática (m)
P1	2
P2	1.9
P3	1.9

Entonces, la Napa freática se ubica aproximadamente a una profundidad de 1.90 m.

Tabla 20. Nivel Freático y fecha de medición

Nivel Freático	1.90 m
Fecha de medición	04/09/2019

En las ecuaciones de capacidad de carga última, se asume que el nivel freático se ubica muy por debajo de la cimentación. En el proyecto estudiado, el nivel freático está a 40 cm de la cimentación.

Según Braja M. Das, si la distancia entre la cimentación y el nivel freático es menor o igual al ancho de la cimentación ($d \leq B$), se debe corregir el último término de la ecuación de capacidad de carga reemplazándolo por $\bar{\gamma}$.

$$\bar{\gamma} = \gamma' + \frac{d}{B}(\gamma - \gamma')$$

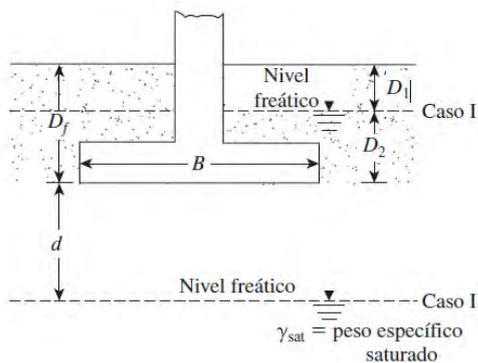


Ilustración 11. Modificación de las ecuaciones de capacidad de carga por nivel freático

Análisis de cimentación

Consideraciones generales

A partir de los resultados de exploración en campo y laboratorio, se identificó que el estrato portante está conformado por suelos cohesivos (arcilla). Por lo tanto, el análisis de cimentación se realizará de la siguiente manera: el dimensionamiento se determinará por corte y se verificará al calcular el asentamiento total.

En el presente informe, se mostrará el análisis correspondiente a la zapata más cargada (crítica). El dimensionamiento del resto de zapatas se muestra en las hojas de cálculo del anexo.

Todos los cálculos serán realizados según la norma E.050 Suelos y Cimentaciones.

Profundidad de cimentación

Según las características del terreno y la estructura, se infiere que la profundidad óptima de cimentación será igual a 1.50 m.

Tipo de cimentación

Conforme a las condiciones mostradas en el perfil estratigráfico, se recomienda que el tipo de cimentación sea superficial, como zapatas aisladas: cuadradas y rectangulares.

El tipo de cimentación recomendado es aplicable en el área del proyecto estudiado.

Cálculo de la capacidad de carga

Para efectos de cálculo, se emplearán los siguientes parámetros:

Tabla 21. Parámetros considerados para el cálculo de capacidad de carga

Qu	1.42	Kg/cm2
C	0.71	Kg/cm2
Df	1.5	m
Φ	0	°

Los estratos de suelo presentan los siguientes espesores y densidades:

Tabla 22. Espesor de cada estrato de suelo

	y	Espesor
	kg/cm3	m
Arena	0.00160	0.7
Arcilla de media plasticidad	0.00212	1.2
Arcilla de media plasticidad	0.00146	2.3
Arcilla de baja plasticidad	0.00147	

Según la norma E.030, se consideran los siguientes factores de seguridad: 3 (análisis estático) y 2.5 (análisis sísmico)

Para hallar la capacidad portante de suelos cohesivos, se utilizó la ecuación propuesta por Karl Terzaghi:

$$q_d = s_c i_c g_c b_c c N_c + i_q b_q g_q \gamma_1 D_f N_q$$

$$q_d = 5.14 s_c i_c c + i_q \gamma_1 D_f$$

Utilizando hojas de cálculo, se ingresó valores para el ancho B de la zapata y la relación L/B.

Para la zapata analizada, predomina el caso superpuesto, pero se analizaron ambos casos:

No Superpuesto					Superpuesto			
Qde	Qdi	Qap e	Qap i	Fse	Fsi	Qd	Qap	FS
kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2			kg/cm2	kg/cm2	
4.48	4.29	1.42	1.39	3.16	3.09	4.29	1.42	3.03

Los factores de seguridad, se obtuvieron al dividir la capacidad de carga (Qd) entre el efecto de la carga aplicada (Qap).

Se verifica que el FS cumple con ser mayor a 3 (análisis estático).

Análisis de asentamientos

Para suelos cohesivos, la profundidad de la zona de influencia se determina multiplicando el ancho de la zapata efectiva (B') por 3.

Tabla 23. Ancho efectivo de la zapata analizada

B'	3.04	m
Z_i	9.13	m

Para el cálculo del asentamiento, se hallaron los siguientes parámetros:

Tabla 24. Parámetros para calcular el asentamiento

IPC	2.338	kg/cm ²
h	304.27	cm
e	0.53312	
$h/(1+e)$	198.46	cm

La zona de influencia se subdivide en 3 estratos, cada uno presenta un espesor de aproximadamente 3 metros.

Con los parámetros mostrados, se calculan los esfuerzos efectivos para determinar el caso que se debe analizar. En este caso, todos los substratos presentan caso B.

Tabla 25. Resultados obtenidos para el cálculo del asentamiento de la zapata más cargada

Prof.	σ'_0	σ'_p	z	m	n	K	$\Delta\sigma'$	$\Delta\sigma'+\sigma'_0$	Caso	e1	ΔH_i (cm)
3.021	0.531	2.869	1.521	1.220	1.000	0.026	0.084	0.615	B	0.001	0.200
6.064	0.976	3.314	4.564	1.220	3.000	0.043	0.139	1.115	B	0.001	0.181
9.107	0.710	3.048	7.607	1.220	5.000	0.033	0.107	0.817	B	0.002	0.396
										Sarcilla	0.777

Entonces, el asentamiento total es igual a 0.78 cm.

La columna analizada está conectada con la columna 7, la cual presenta un asentamiento de 0.99 cm.

La diferencia entre asentamientos es de 0.21 cm. La relación de dicho valor y la distancia entre zapatas (3.68m) es de 0.0006. Se verifica que la distorsión angular es menor a 1/500.

Efecto del sismo

❖ Zonificación

Según la norma E.030 Diseño Sismorresistente, el territorio peruano se considera dividido en cuatro zonas. El proyecto estudiado, ubicado en el distrito de Chorrillos, se encuentra en la zona 4, como se muestra en la siguiente ilustración:



Ilustración 12. Zonas sísmicas

A continuación, se determina el factor Z de la zona 4:

Tabla 26. Factores de zona Z

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Este factor se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad (g).

$$Z = 0.45g$$

❖ Perfil del Suelo

Para los suelos predominantemente cohesivos, el perfil del suelo se clasifica según el promedio ponderado de la resistencia al corte en condición no drenada (\bar{S}_u).

En los ensayos de laboratorio, se obtuvo la resistencia al corte en condición no drenada de los dos estratos de arcilla:

Tabla 27. Resistencia al corte en condición no drenada

Estratos de Arcilla	\bar{S}_u (kg/cm ²)
Arcilla de plasticidad media (CL)	0.70
Arcilla de baja plasticidad (CL)	0.71

Se observa que el valor de \bar{S}_u se encuentra entre 0.5 y 1 kg/cm². Por lo tanto, el suelo estudiado es del tipo S2 (suelos intermedios).

Tabla 28. Clasificación de los perfiles de suelo

Tabla N° 2 CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	\bar{V}_c	\bar{N}_{60}	S_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

❖ Parámetros de Sitio (S, TP y TL)

Con el factor Z y el tipo de perfil del suelo definidos, se procede a determinar los parámetros de sitio (S, TP, TL) mediante las siguientes tablas:

Tabla 29. Factor de suelo S

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Tabla 30. Periodos T_p y T_l

Tabla N° 4 PERÍODOS "T _p " Y "T _l "				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _l (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Finalmente, se presentan los valores correspondientes al efecto del sismo:

- Zona sísmica: $Z = 0.45g$
- Tipo de perfil del suelo: S₂
- Factor del suelo: $S = 1.05$
- Periodo TP: $T_p = 0.6 s$
- Periodo TL: $T_p = 2.0 s$

Debido a que no se presenta suelos granulares sumergidos, no se realiza un análisis de licuación.

Parámetros para el diseño y construcción de obras de sostenimiento

Para este proyecto no se considera necesaria la construcción de muros de contención ni calzaduras. Debido a que, se establece como consideración general que la estructura no contará con ningún sótano; así como, que no se presenta ninguna condición limitante en las fronteras.

En el caso de presentarse la necesidad de incluir una estructura de sostenimiento, se presentan los coeficientes de empuje necesarios para la realización de cálculos futuros.

Según Rankine, se emplean las siguientes fórmulas:

$$K_p = N_\phi = tg^2 \left[45 + \frac{\phi'}{2} \right]$$

$$K_a = \frac{1}{N_\phi} = tg^2 \left[45 - \frac{\phi'}{2} \right]$$

Donde:

Kp: coeficiente lateral de empuje pasivo

Ka: coeficiente lateral de empuje activo

Se conoce que el estrato está compuesto por suelos cohesivos; en específico, son arcillas de baja y mediana plasticidad compactas (CL). Por lo cual, el ángulo de fricción (ϕ) es igual a cero.

Tabla 31. Ángulo de fricción del perfil de suelo

$\phi =$	0°
C (kg/cm ²) =	0.71
Kp	1
Ka	1

5. Estructuras

5.1. Introducción

Esta sección de la memoria de Cálculo corresponde a un proyecto de una edificación de vivienda sobre el cual se realiza el análisis estructural y contiene la memoria de cálculo del diseño estructural en concreto armado para una edificación de vivienda. Incluye el plano del casco, la memoria de cálculo de losas, vigas, columnas y placas.

5.2. Resumen de las condiciones de cimentación

Las condiciones del suelo sobre el cual se cimentará tienen las siguientes características:

- El suelo está conformado de Arcilla de mediana plasticidad compacta, húmeda (CL)
- La profundidad de cimentación es $D_f = 1.50\text{m}$, la cual oscila entre los rangos usuales.
- La napa freática se encuentra a una profundidad de 1.90m, ya que se trata de un terreno pantanoso, sin embargo, no llega a afectar la cimentación ya que esta se encuentra en un nivel superior.
- El suelo está clasificado como suelo intermedio S2 como lo establece la Norma E.030 de diseño sismorresistente.
- La resistencia del suelo alcanza $Q_{ap} = 1.43\text{kg/cm}^2$, considerablemente baja si se compara con la resistencia del suelo de la mayoría de zonas en la ciudad de Lima.
- El tipo de cimentación recomendada es el de zapatas aisladas, con probablemente alguna viga de conexión para controlar los asentamientos diferenciales. Se prevé dimensiones de gran magnitud de zapatas debido a la poca resistencia que presenta el suelo.

5.3. Lógica estructural

La configuración estructural se basó en proponer una estructuración simple con secciones de sus elementos estructurales de manera que, la idealización sea necesaria para resistir las acciones a las cuales serán sometidas; es decir, la estructura está sometida a determinadas acciones externas (Sismo) y acciones internas (Peso propio, Sobrecargas, Instalaciones, etc.), que la estructura tiene que soportar dentro los límites de seguridad. El predimensionamiento de los elementos estructurales se basó en base a los requisitos mínimos de la norma E.060 y recomendaciones de autores en base a la experiencia y estudios realizados.

5.4. Normas empleadas y referencias empleadas

A la fecha de avance, se ha hecho uso de las siguientes normas:

- E.030 Diseño Sismo resistente 2018
- E.060 Concreto Armado 2009
- E. 020 Cargas

De igual modo, se han usado métodos del libro “Estructuración y diseño de edificaciones de Concreto Armado” del ingeniero Antonio Blanco Blasco y “Diseño de Estructuras de Concreto” de Arthur Nilson.

5.5. Estructuración

Para lograr una adecuada estructuración, se recomienda tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Simplicidad y Simetría
- Resistencia y ductilidad
- Hiperestaticidad y monolitismo
- Uniformidad y continuidad de la estructura
- Rigidez lateral

La Estructura tiene que poseer una adecuada rigidez, para limitar sus desplazamientos laterales.

- Presencia de diafragmas rígidos (Continuidad de losas)
- Influencia de elementos no estructurales
- Calidad de la sub-estructura o cimentación
- Recomendaciones del diseño en Concreto Armado

5.6. Predimensionamiento

Respecto a los métodos de predimensionamiento utilizados, la norma E.060 brinda recomendaciones y requisitos mínimos según los elementos estructurales a diseñar. Estas estimaciones son basadas en el comportamiento de estructuras que mostraron un buen comportamiento sísmico. De la misma manera, se recurrió a recomendaciones de ingenieros estructurales de reconocimiento que en sus libros proponen métodos y serie de fórmulas basadas en estudios experimentales y de campo.

Predimensionamiento de losa aligerada

Losas nervadas unidireccional donde se usa bloques de relleno (ladrillos de techos) permanente, con losa superior no menor de 50mm, y nervios o viguetas de anchos no menor de 100mm, con espaciamiento libre entre las nervaduras de no exceder de 750mm y altura no mayor de 3.5 veces su ancho mínimo.

Para obtener el peralte de la losa (en cm) se utiliza la mayor longitud de la luz libre (en m), siguiendo lo recomendado por la NTP E.060 para losas reforzadas en una dirección:

Tabla 32. Peraltes mínimos de vigas no preesforzadas o losas reforzadas en una dirección

Elementos	Espesor o peralte mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos no estructurales susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.				
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18,5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Se escoge 20cm considerando 5cm al valor obtenido de espesor de la losa la zona superior.

Del pre dimensionamiento para las losas con dimensiones de aligerado más críticas, empelando la formula (1) y la restricción de la fórmula (2), se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 33: Peralte obtenido para paños seleccionados.

Ln(m)	H(m)	H elegido (m)
4.16	0.26	0.20

Predimensionamiento de losa maciza

Para el predimensionamiento de las losas macizas, también utiliza la luz libre como parámetro principal. En general se tienen las siguientes fórmulas para el cálculo del espesor de la losa (en cm). La más utilizada es la siguiente fórmula:

$$h = \frac{Ln}{25} - 5 \text{ cm}$$

Tabla 34: Resultados obtenidos para el espesor de la losa maciza, se muestran paños críticos.

Ln (m)	h (m) Ln/25-,05	h (m) elegido
4.80	0.1915	0.20

Predimensionamiento de vigas

Las vigas son los elementos encargados de soportar las cargas en las losas y transmitirlas hacia los elementos estructurales tales como las columnas y/o placas y estas, al suelo a través de su cimentación.

El predimensionamiento del peralte de este elemento se determinará de la siguiente manera:

$$h = \frac{Ln}{12}, \frac{Ln}{10}, \frac{Ln}{14}$$

Según la configuración de planta, la viga principal de mayor longitud es de 6.45m. Con ello, se obtiene que $6.45/12=0.53\text{m}$ y se considerará 0.50m de peralte, puesto a que se considera que las demás vigas poseen valores de luz libre menores a este valor máx.

Tabla 35: Resultados para dimensiones de vigas.

VIGA	Ln (m)	h(m) Ln/12	h (m) elegido	b (m)
Mayor Luz	6.45	0.53	0.50	0.25

Predimensionamiento de columnas

Se muestran dos ecuaciones para predimensionar el área de las columnas según sus características descritas a continuación:

- Para columnas con preponderancia de la carga axial de gravedad, normalmente llamadas columnas centrales y de manera usual se encuentra rodeada de pórticos, esta columna tendrá la fuerza más significativa debido al peso dentro de su área tributaria.

$$A_{\text{col (centrales)}} = P \cdot 0.45 \cdot f_c$$

- Para columnas ubicadas en los extremos de la planta o en el perímetro, que, por su ubicación, están sometidos significativamente por momentos de gravedad debido a la excentricidad de la fuerza resultante sobre la columna

$$A_{\text{col (excéntricas)}} = P \cdot 0.35 \cdot f_c$$

- Para columnas conectadas a placas mediante vigas sísmicas, que están sometidos a fuerzas axiales de sismo transferidas por las fuerzas cortantes en las vigas

$$A_{\text{col (axial sismo)}} = P \cdot 0.35 \cdot f_c$$

Como se mencionó anteriormente, el f_c con el que se trabajará es de 210kg/cm^2 , el peso usado para dimensionar la columna se aproxima mediante la siguiente expresión:

$$P = \text{Área tributaria} \cdot N^\circ \text{ pisos} \cdot 1\text{ton/m}^2$$

El valor de 1ton/m^2 es un valor aproximado para cargas de servicio en edificaciones de uso común como edificio multifamiliares. A continuación, se muestra el cuadro de columnas,

especificando la ubicación de la mismas, el esfuerzo considerado para su predimensionamiento y su área tributaria requerida. El predimensionamiento de columnas se detalla en el Anexo.

Como se resalta en la figura 13, hay columnas que no serán rectangulares, esto debido a que las vigas del eje donde se encuentran no logran a desarrollar la longitud necesaria para el anclaje, por lo tanto se decidió evitar que se tuviera 5 rótulas a lo largo del eje, es decir, 5 extremos de viga donde el fierro no alcance su longitud de anclaje y por ende presente amplia flexibilidad en esa zona, esta longitud adicional suma un total de 60cm en la dirección y formándose de esta manera dos columnas en forma de L.

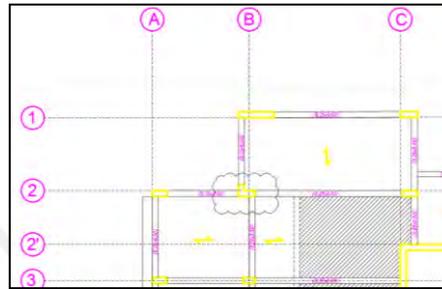


Ilustración 13. Sección de columna tipo L en plano de planta

Predimensionamiento de placas

Los muros estructurales, o placas comúnmente conocidos en nuestra región, son elementos estructurales que cumplen la función de tomar la mayoría de la fuerza cortante impuesta por el sismo, por ende, también conocido como muros de corte.

Para su predimensionamiento se consideró la fuerza cortante estática a la que se expone.

$$ZUCS/R = 1.181/6 = 0.197$$

Cabe resaltar que el valor que toma R es igual a 6, el cual pertenece al sistema de muros estructurales según la Norma E.030. Para el predimensionamiento de placas se decidió afectar al valor de la longitud resultante por 0.80 ya que se considera un valor apropiado para una edificación con pocas placas (en la dirección X se replantearán las longitudes establecidas en arquitectura ya que están sobredimensionadas).

Se considerarán a las placas con un espesor de 25cm, ya que se planea reducir considerablemente la longitud de las placas propuesta por arquitectura (optimizando la estructura) y completarlas con vigas de 25cm de ancho, todo esto para que entre las placas y las vigas formen mecanismos redundantes o con hiperestaticidad. Entonces, considerando un espesor de placa de 25cm, se tiene:

$$V_{\text{basal}} = 0.197 \times 315 \text{ton} \times 4 = 248.22 \text{ton}$$

$$L_{\text{total}} = 0.80 \times (V_{\text{basal}} / (0.85 \times 0.53 \times \text{raíz}(f'c) \times 25 \times 0.8)) = 15 \text{m}$$

Los 15 metros resultantes para cada dirección se tratarán de la siguiente manera:

Dirección Y:

La longitud total inicial de placas es de aproximadamente 10m, el cual se conservará para evitar hacer algún cambio extra en arquitectura y considerando que la placa en forma de C de 25cm de espesor aporta gran rigidez en dicha dirección no considerada en el predimensionamiento.

Dirección X:

Tomando en cuenta las placas de escaleras y del eje D ya se tienen 9m de placas, por ende, se distribuirá a lo largo de los ejes A y G con los ejes 2 y 8 con una longitud de 1.50m cada uno y al extremo se colocaron columnas de 25x50cm como se muestra en la tabla de predimensionamiento de columnas.

Una vez realizado el predimensionamiento, se obtiene la estructuración final que se presenta en el Anexo.

5.7. Metodología

La edificación ha sido estructurada y diseñada de manera tal de lograr un buen desempeño ante cargas sometidas a determinadas sollicitaciones externas de Sismo y a sollicitaciones internas tales como Peso propio, Sobrecargas, Instalaciones, siguiendo los lineamientos establecidos en las Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Las características de los materiales a considerar fueron las siguientes:

Concreto

- Para los análisis y diseños de las estructuras de concreto armado de la edificación, se han adoptado los valores de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, y $E_c = 217370 \text{ kg/cm}^2$.

Acero

- Para el acero de refuerzo en estructuras de concreto armado se adoptado los valores de $F_y = 4200 \text{ kg/m}^2$ y $E_c = 200000 \text{ kg/cm}^2$.

5.7.1. Análisis sísmico

En esta etapa, se verifica el sistema estructural preestablecido, la deriva máxima y las irregularidades. Se halló que el edificio presenta dos irregularidades en planta, la primera debido a la discontinuidad del diafragma y la segunda a la torsión siendo sus “Ia” 0.85 y 0.75 respectivamente, por ende, se usará el caso más desfavorable que es debido a la torsión (0.75).

Tabla 36. Máximas derivas

Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio
Story4	DY+ Max	Diaph D1 Y	0.005718	0.004233	1.351
Story3	DY+ Max	Diaph D1 Y	0.006257	0.004612	1.357
Story2	DY+ Max	Diaph D1 Y	0.005958	0.00436	1.366
Story1	DY+ Max	Diaph D1 Y	0.003341	0.002434	1.373
Story4	DY- Max	Diaph D1 Y	0.004353	0.003507	1.241
Story3	DY- Max	Diaph D1 Y	0.004405	0.003744	1.177
Story2	DY- Max	Diaph D1 Y	0.003759	0.003497	1.075
Story1	DY- Max	Diaph D1 Y	0.00213	0.001927	1.105

5.7.2. Diseño

Diseño de Losa aligerada

Para realizar el diseño de losas aligeradas y macizas, se crea una copia del modelo para el análisis por gravedad del edificio y se eliminan los pisos típicos para solamente trabajar con una planta del modelo como se muestra en la siguiente figura

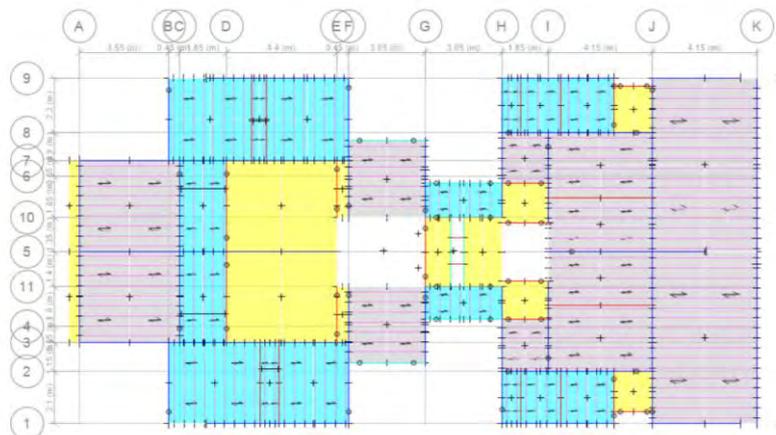


Ilustración 14. Diseño de losa aligerada

Se deben definir dos tipos de losas aligeradas para el análisis en cada dirección y dichos momentos se calcularán automáticamente mediante los strips dibujados como se mostró en la

figura anterior. A continuación, se muestran los momentos en la dirección X e Y, respectivamente para las losas del edificio:

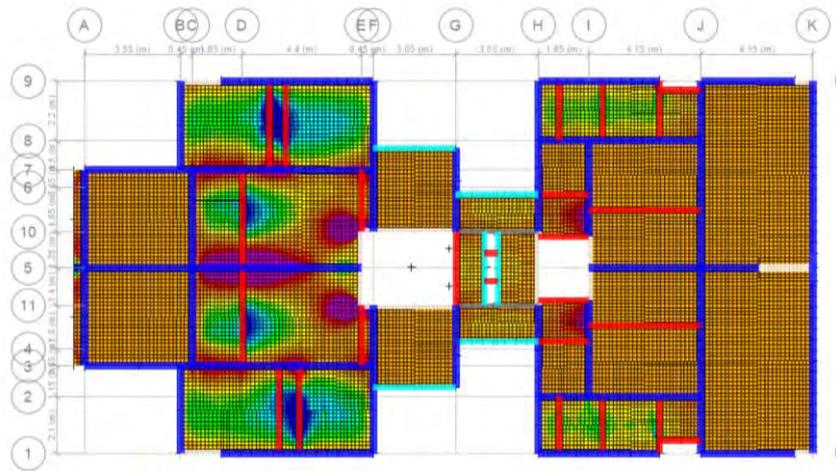


Ilustración 15. Momentos en la dirección X

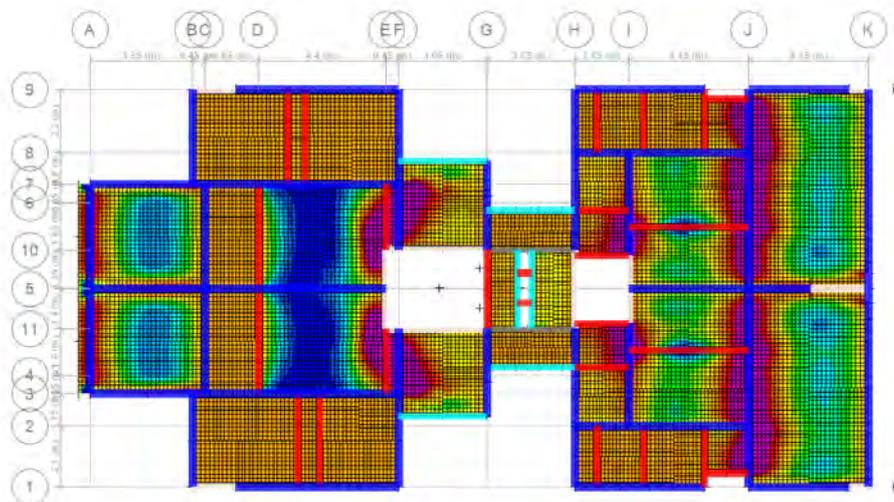


Ilustración 16. Momentos en la dirección Y

Finalmente se muestran los momentos calculados por los strips para el diseño de las losas aligeradas, cabe resaltar que para una mejor visualización los strips fueron espaciados a 0.40m tal y como las viguetas convencionales se encuentran separadas.

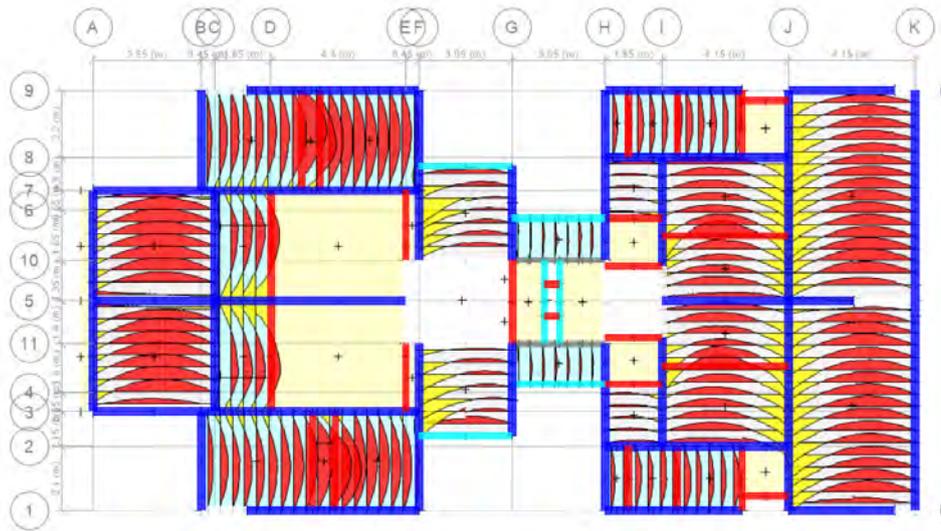


Ilustración 17. Momentos para el diseño de losas aligeradas

A continuación, se muestra el diseño final de las losas para el edificio del proyecto: en el anexo.

Diseño de vigas

Según la norma E.060, se trabaja con las envolventes de las solicitaciones máximas para las combinaciones de carga tales como: $1.4 CM + 1.7 CV$, $0.9 CM \pm S$, $1.25 (CM+CV) \pm S$.

A continuación, se mostrará el diseño realizado de la viga del eje A:

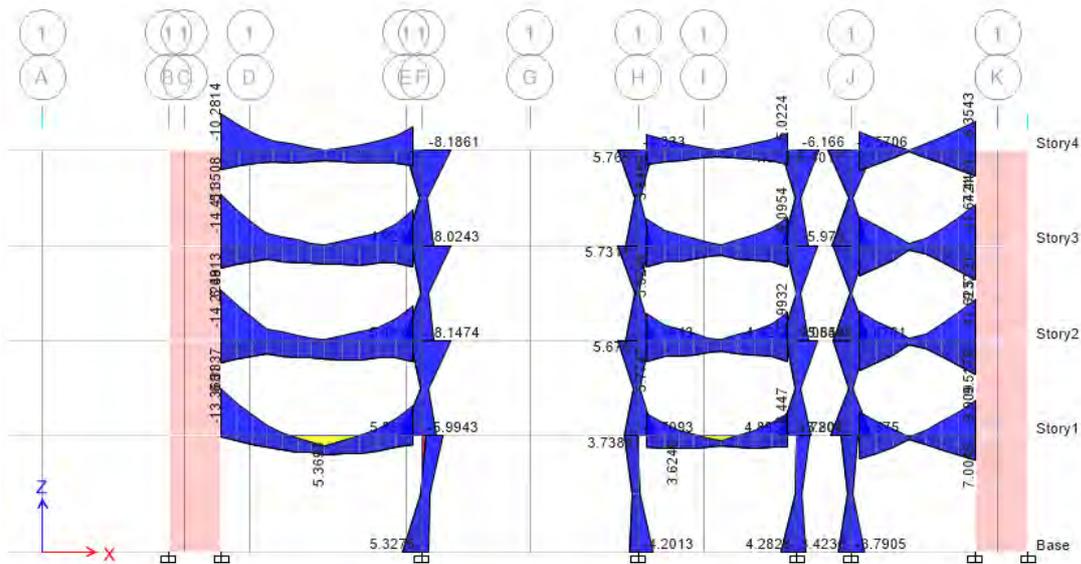


Ilustración 18. Diagrama utilizado para el diseño de vigas

Diagrama de momentos flectores en el eje 1

Siguiendo lo requerido por la norma, se indica que se debe cumplir lo siguiente:

$\phi Mn \geq Mu$, siendo $\phi = 0.9$

Del software Etabs, se obtiene lo siguiente:

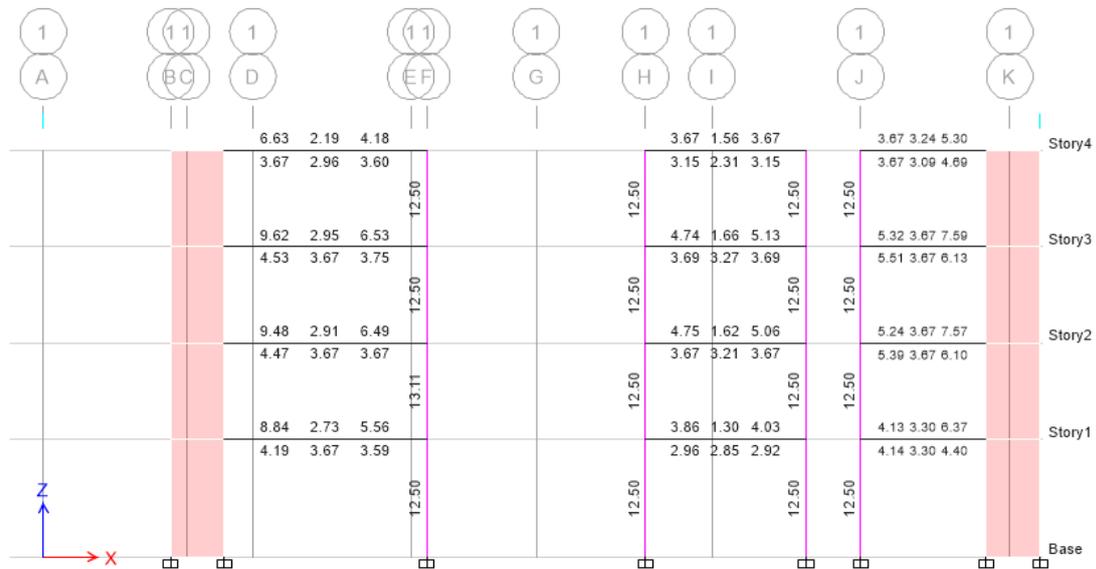


Ilustración 19. Momentos flectores en el eje 1

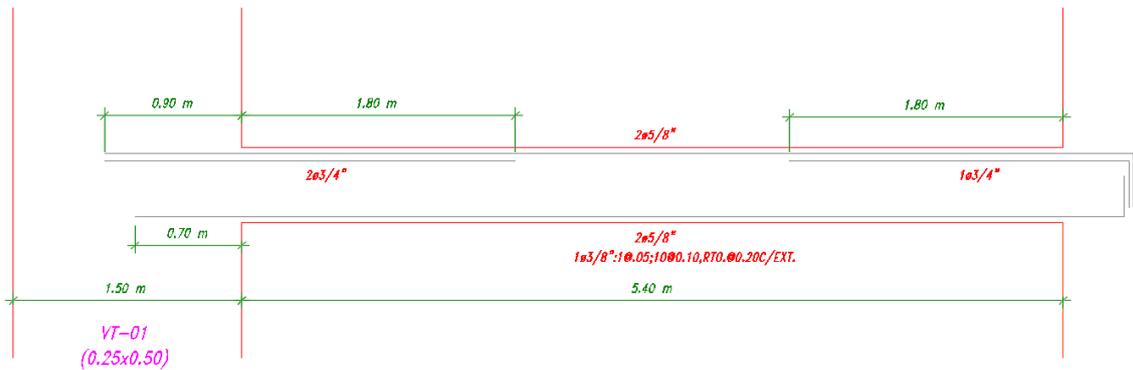
Para las consideraciones de muro estructural y sistemas dual tipo I, la norma E.060 estipula lo siguiente:

Muros Estructurales y Sistema Dual Tipo I:
 En cada extremo: $M_n(+)\geq M_n(-)/3$
 En toda la Viga: $M_n(+)$ y $M_n(-)\geq M_{n,su}/4$

$w_u = 1.25 (w_D + w_L)$

$V_{máx} = (M_{n1} + M_{n2})/L_n + w_u L_n/2$

Espaciamiento de estribaje "S":
 Primer estribo $\geq 100\text{mm}$
 Hasta 2H: $d/4, 10\text{db}, 24\text{db}, 300\text{mm}$
 En el resto no más $d/2$



Diseño de columna

Se presentará para esta memoria, el diseño de la columna 1 de (0.25x0.50)

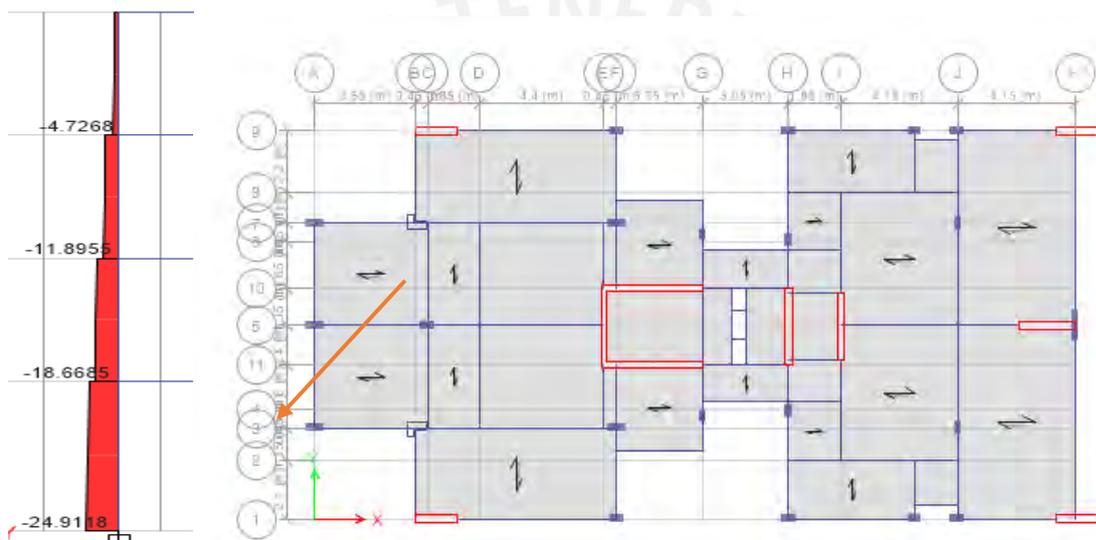


Ilustración 20. Diseño de la columna 1

Las fuerzas axiales y los momentos flectores fueron obtenidos de los diagramas correspondientes a cada una de las combinaciones de carga siguientes: $1.4\text{ CM} + 1.7\text{ CV}$, $0.9\text{ CM} \pm \text{S}$, $1.25(\text{CM}+\text{CV}) \pm \text{S}$. Los valores de estas fuerzas son obtenidos del programa ETABS. La cuantía mínima es de 1% y la cuantía máxima de 6%.

Con el diagrama de interacción, se verifica que cada punto en el gráfico de fuerza axial, momento flector estén dentro del diagrama.

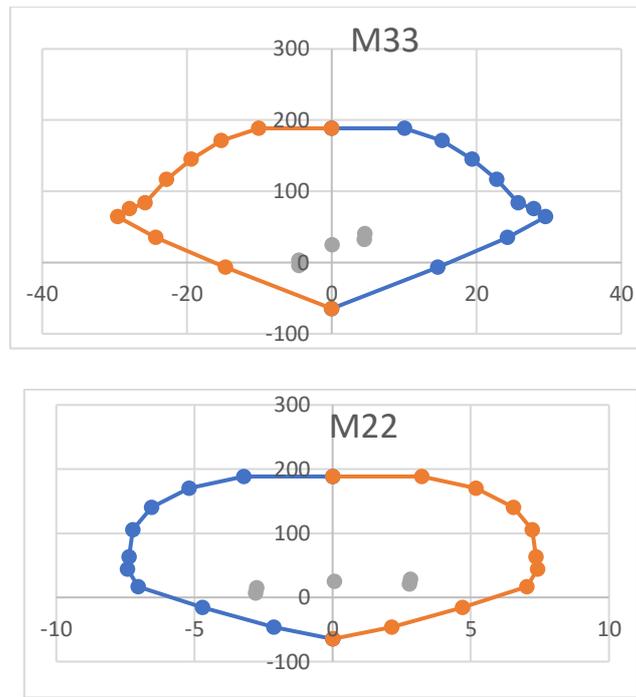


Ilustración 21. Diagrama de interacción

Luego, se realiza el diseño por corte en donde se opta por realizar un estribaje de la siguiente manera:

ESTRIBAJE de 3/8”:

1@5,7@10, rto. 25

Diseño de placas

La carga axial máxima que puede soportar la placa tratada como muro de carga y control por pandeo está dada por la siguiente ecuación:

$$\phi P_{nw} = 0.55 * \phi * f'c * Ag * \left(1 - \left(k * \frac{lc}{32h} \right)^2 \right)$$

Siendo:

$f'c=210\text{kg/cm}^2$, $\phi=0.7$, $lc=2.45\text{m}$ (longitud vertical entre apoyos a la cara)

$k=1$ (Muros arriostrados contra el desplazamiento lateral y no restringidos contra la rotación en ambos extremos)

$h=0.20\text{m}$ y 0.25m (espesor de la placa)

Es así, que se realizó una hoja de cálculo comparando la carga axial amplificada de cada piso para los pier seleccionados y los ϕP_n correspondientes. Como se observa en el siguiente cuadro el valor de ϕP_n es notoriamente superior a las cargas amplificadas (Anexo)

Al tener solo dos espesores de 0.20m y 0.25m, se define la malla horizontal y vertical para cada uno analizando si es que la cortante ultima supera a la resistencia por cortante aportado por el concreto.

Para hallar la malla mínima se desarrolló una hoja de cálculo que muestra la mitad de la fuerza cortante aportada por el concreto, este cálculo se hizo para las dos direcciones considerando únicamente la dirección más larga de los muros, por ende, se filtran los pier según su dirección para cada sentido de análisis. Cabe resaltar que el valor de “d” es el dado por la norma que establece como equivalencia a 0.8 veces el largo de la placa respectiva. Es así, que se muestran los valores de cortante para cada dirección

En el anexo, se muestra la malla mínima horizontal y vertical (a corrobora) para los espesores presentes en el proyecto.

Para el diseño por flexo compresión de las placas se asumirá un núcleo con distancia aproximada de 10% de la longitud de la dirección en análisis de la placa, posteriormente se calculará la longitud de confinamiento requerida según la Norma E.060 y, por último, la verificación del diseño por capacidad de las fuerzas cortantes.

se exporta el diagrama de interacción a partir del section designer y se muestra en una misma gráfica con las combinaciones de carga de la placa PL-01.

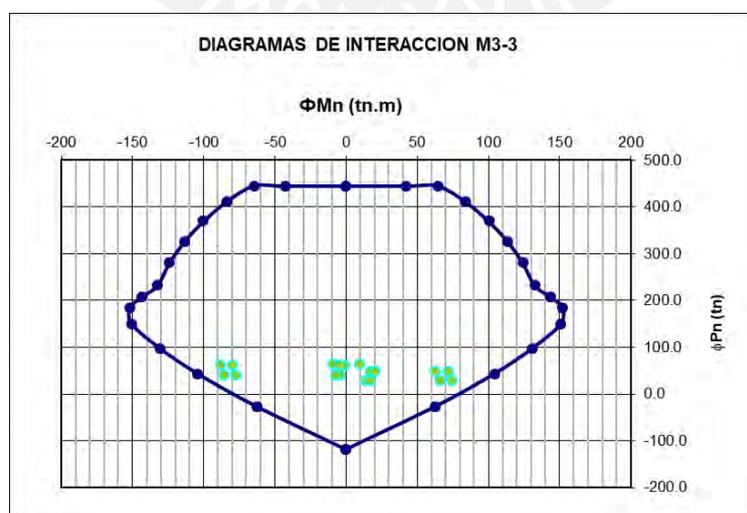


Ilustración 22. Diagrama de interacción M3-3

Se observa que los puntos de las combinaciones de carga se encuentran dentro del diagrama de interacción, por ende, cumplen con el diseño a flexo compresión para el cual se requirió que el núcleo esté formado por 4 fierros de 3/4" y el resto de refuerzo asignado mediante la malla mínima vertical anteriormente mencionado.

Diseño por Corte

Para realizar el diseño por corte primero se hace la comprobación de que la malla mínima sea suficiente para resistir las fuerzas de corte y en caso de que no lo sea disminuir el espaciamiento o diámetro de fierro de las mismas, segundo, se tendrá que hacer el diseño por capacidad de la estructura. Se muestran en el anexo las fuerzas cortantes máximas amplificadas V_2 para la placa PL-01

A continuación, se muestra el diseño final de la placa PL-01 en el siguiente dibujo

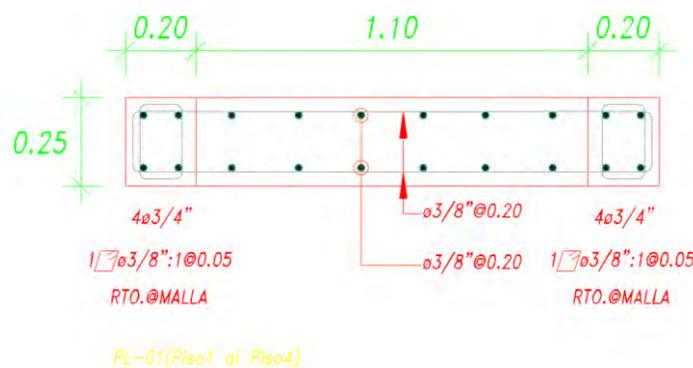


Ilustración 23. Diseño de la placa PL-01

Diseño de cimentaciones

En este proyecto se requiere de zapatas aisladas, combinadas, corridas y conectadas mediante viga de cimentación. Los elementos de conexión son incorporados puesto a que la norma lo solicita debido a la capacidad del suelo.

Para realizar el predimensionamiento de las zapatas y hallar sus cargas últimas se realizó una hoja de cálculo en Excel

Para la malla mínima escogida para un peralte de 60cm se tiene 3/4" @ 0.25 en la parte inferior, a partir de la resistencia a momento flector y fuerza cortante se realiza un análisis por elementos finitos para saber qué zonas reforzar o si es que se requiere aumento de peralte.

Los diagramas de fuerza cortante y de momento flector se encuentran en el anexo

Diseño de escaleras

El diseño de escaleras se realiza para soportar cargas verticales y con la luz proyectada horizontalmente y se trabaja como una losa con apoyos. Estos apoyos pueden ser vigas, muros u otros.

- El peso del piso terminado (W_{pt}) = 0.1 ton/m²
- El peso de la sobrecarga (W_{sc}) = 0.2 ton/m²

Entonces: $W_{ultimo} = W_u = 1.4x(W_{pp} + W_{pt}) + 1.7x(W_{sc}) = 1.04 \text{ ton/m}^2$

Una vez modelado la escalera, se calcula los diagramas de fuerza cortante y momento flector.

Se asigna una cantidad de acero para resistir el momento al que se expone el elemento y, además, se asigna fierro de temperatura.

Para ello, se iniciará empleando la cuantía mínima: $0.0018x b x t$

Se realiza la verificación por corte.

En el anexo se muestra el modelo de la escalera en SAP 2000.

A continuación, se muestra el plano del tercer tramo de la escalera principal.

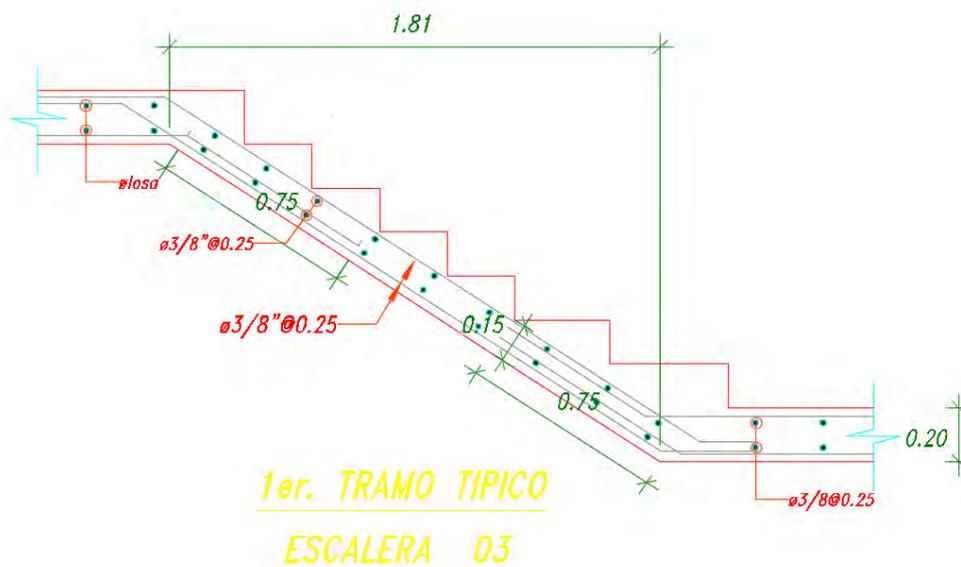
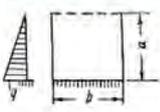


Ilustración 24. Diseño de la escalera principal

Diseño de muro de pit

Para el caso del Muro de Pit, el modelo sería de la siguiente manera:

Tabla 34. — Placa rectangular, libremente apoyada en dos lados opuestos, empotrada en un lado, y con el cuarto lado libre de vínculos, solicitada por una carga hidrostática.



$\frac{a}{b}$	w_{cp}	M_a^o	$M_a cp$	$M_b cp$	w_s	M_{cs}	Q_s
0,30	0,00008	-0,0131	-0,0003	0,0006	0,00020	0,0013	0,0045
0,35	0,00013	-0,0167	0,0004	0,0008	0,00032	0,0021	0,0055
0,40	0,00019	-0,0204	0,0012	0,0012	0,00046	0,0037	0,0064
0,45	0,00028	-0,0243	0,0021	0,0020	0,00061	0,0052	0,0070
0,50	0,00039	-0,0280	0,0030	0,0030	0,00070	0,0060	0,0074

A continuación, se muestra el plano del muro del pite del ascensor

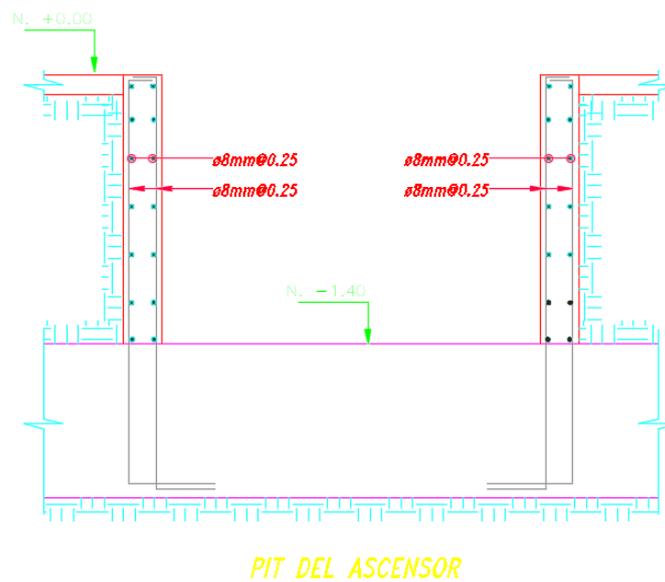


Ilustración 25. Diseño de muro del ascensor

Diseño de losa de cisterna y cimentación de cisterna

La cisterna determinada, hasta el momento de la presentación, se diseñará como un elemento aislado no ubicándose en el interior de la cimentación del edificio. Las dimensiones de la cisterna según la dotación de agua a la edificación son de 2.90m de ancho, 3.35m de largo y 2m de altura, es una cisterna de dimensiones pequeñas.

La cimentación de la cisterna se asumirá con dimensiones de 0.60m de ancho y 0.60m de espesor, valores usuales para considerar adecuado el diseño y que los muros de cisterna lleguen a empotrar en la cimentación.

En la Norma E.060 se menciona que para un muro de contención el espesor mínimo es de 0.20m, dimensión que se elegirá para la cisterna por las dimensiones mencionadas anteriormente.

Para el diseño de los muros y losas de la cisterna no fue necesario emplear algún software de diseño ya que son elementos de análisis sencillo cuyas dimensiones representaban una relación menor a 2 por lo que se usaron las tablas de Kalmanok.

Para el diseño de los muros de contención se considera un lado empotrado, donde nace de la cimentación, y los 3 lados restantes como simplemente apoyados por las restricciones de los muros alrededor de su perímetro y la losa superior, por ende, se empleó la tabla 20. Cabe resaltar que se analiza el muro con los momentos más desfavorables que es el que tiene los lados con dimensiones más lejanas.

Para losas o muros en contacto con agua la cuantía mínima asciende a un 0.003, que para un espesor de 0.20m el cual fue el que se asumió para las losas y muros de la cisterna, colocada como:

$\Phi 3/8'' @ 0.225\text{m}$ malla superior

$\Phi 3/8'' @ 0.225\text{m}$ malla inferior

Cuya resistencia alcanza $\Phi M_n = 1.98 \text{ ton.m}$

Por tanto, basta con emplear la malla mínima para el muro para satisfacer la resistencia requerida.

A continuación, se muestra el diseño del muro:

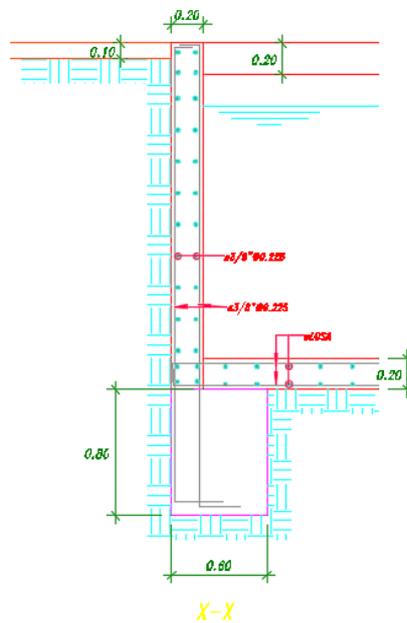


Ilustración 26. Diseño de muro

Para el diseño de la losa superior se asumió como simplemente apoyada en sus 4 lados, con carga muerta que representa el peso propio de la losa más el piso terminado y sobrecarga para estacionamientos suponiendo la circulación de autos.

Diseño del cerco perimétrico

Como se establece en la norma E.030, los cercos son elementos no estructurales localizados en la base que pueden presentar algún peligro para las personas en los alrededores de la edificación, la fuerza sísmica de diseño está dada por la siguiente expresión:

$$F = 0.5 * Z * U * S * Pe$$

Donde Pe es el peso del elemento no estructural, para este caso, este peso del muro perimetral se calcula por metro lineal, se asume que se trata de albañilería confinada.

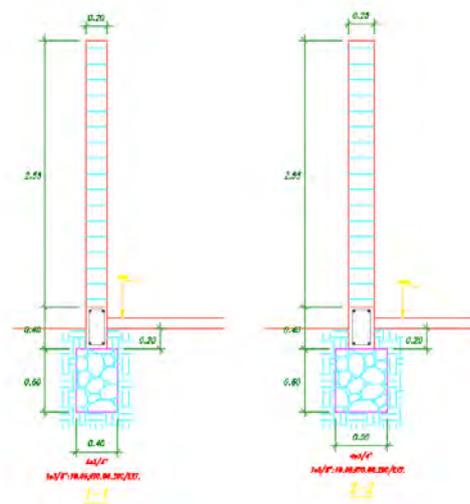


Ilustración 27. Diseño de muro perimetral

6. Instalaciones

6.1. Instalaciones Sanitarias

El proyecto de instalaciones sanitarias se desarrolla tomando como base el diseño de arquitectura del edificio multifamiliar “Los Huertos de Villa”, ubicado en el distrito de Chorrillos, en la provincia y departamento de Lima. La memoria descriptiva y la memoria de cálculo cumplen con los lineamientos de la norma IS.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones. En los siguientes subcapítulos se presentarán los criterios de diseño con el numeral relacionado de la norma IS.010.

- Objetivos del proyecto

Diseñar un sistema de instalaciones sanitarias adecuado para la edificación

Diseñar redes de agua fría, agua caliente y desagüe

Determinar el sistema de abastecimiento más apropiado

- Descripción general del proyecto

El abastecimiento de agua potable se realizará mediante un sistema indirecto que estará compuesto por una cisterna y un equipo de bombeo.

Agua Fría (Numeral 2)

Sistema de abastecimiento de agua fría

El diseño del sistema de abastecimiento de agua depende de la presión en la red pública, altura del edificio y las presiones interiores según el tipo de aparatos sanitarios.

En el proyecto estudiado, la presión en la red pública no es suficiente para dar servicio a todos los aparatos sanitarios del edificio ni garantiza el llenado de un tanque elevado. Por ello, se opta por instalar una cisterna, que requiere de la instalación de un equipo de bombeo y tanque hidroneumático. Este sistema indirecto de abastecimiento se denomina **Alimentación inferior con bombeo**.

Dotación (Numeral 2.2.)

La edificación del proyecto es combinada (departamentos, oficinas, áreas verdes, etc.); por ello, se calculará la dotación total mediante la suma de las dotaciones parciales. Según el numeral IS.010.2.2. se considera lo siguiente:

Dotación para edificios multifamiliares

- Si cada departamento tiene 4 dormitorios, la dotación por departamento es igual a 1350 L (Tabla b) del numeral 2.2.).

Otras dotaciones

- Para cada m² de área útil de oficinas, la dotación por día es igual a 6 L.
- Para cada m² de área útil de depósito, la dotación diaria es igual a 0.5 L.
- Para cada m² de área verde, la dotación para agua de riego por día es igual a 2 L.
- Para cada m² de área de estacionamiento de vehículos, la dotación diaria es igual a 2 L.

Tabla 37. Dotación total

Dotación total (l/día)	9247.25
Dotación total (m ³ /día)	9.247

Almacenamiento y regulación (Numeral 2.4.)

Según el numeral 2.4. de la norma IS.010, toda ubicación que carezca de presión suficiente deberá instalar obligatoriamente un depósito de almacenamiento. En este proyecto, se optó por una **cisterna**.

Diseño de la cisterna

- Cuando solo exista cisterna, su capacidad será como mínimo igual a la dotación diaria, con un volumen no menor de 1000 litros. Sin embargo, para una sola cisterna, se considera deseable un almacenamiento del 125% de la dotación diaria.
- En el caso de utilizar sistemas hidroneumáticos, el volumen mínimo será igual al consumo diaria con un volumen mínimo de 1000 litros.
- Para el diseño, se consideran los detalles presentados en la norma, los cuales permiten determinar el diámetro del tubo de rebose y de la tubería de alimentación

Forma

La cisterna presentará una forma prismática de sección rectangular verificando que el tirante de agua sea mayor a 0.80m.

Ubicación

Considerando el diseño de arquitectura y estructuras, la cisterna se ubica en el perímetro del área de estacionamiento, alejada de dormitorios y oficinas. Este espacio es ideal ya que facilita el mantenimiento de la cisterna.

Dimensionamiento

Para estimar las dimensiones, se consideran las siguientes características:

- Capacidad útil requerida
- Espacio disponible
- Si la capacidad de la cisterna es mayor a 12 mil litros, el diámetro de rebose es igual a 100mm (4").
- Otras especificaciones del numeral IS.010.2.4.

Tabla 38. Almacenamiento de la cisterna

Dimensiones	$h = 1.50\text{ m}, B = 2.8\text{ m y } L = 2.8\text{ m}$
Volumen (m ³)	11.76 m ³

Red de distribución de agua fría (Numeral 2.3)

El diseño considerará lo siguiente:

- Las unidades de gasto UG de cada tramo (Anexo N°1, anexo N°2)
- Los gastos probables mediante el método de Hunter (Anexo N°3)
- Las longitudes equivalentes
- Diámetros de tubería
- Pérdida de presión

Para el diseño del sistema de distribución de agua fría, se empleó el siguiente procedimiento:

1. Se trazaron las líneas de agua fría desde el alimentador hasta los aparatos sanitarios.
2. Con letras minúsculas se nombraron todos los tramos.
3. Las unidades de gasto UG de cada aparato se determinaron mediante el Anexo 1.
4. Se obtienen los Gastos Probables mediante el Anexo N°3.
5. Utilizando la Tabla de diseño se calcularon los diámetros máximos y mínimos de cada tramo.
6. Para cada tramo, se elige un diámetro de diseño que pertenezca al rango hallado.
7. Se calculan las pérdidas y presiones con los diámetros escogidos y se verifica que sean aceptables según el RNE.

Gasto para ser llenado en 6 horas:

$$Q = 0.54\text{ lt/s}$$

Entonces

$$\phi_{\text{mínimo}} = 3/4''$$

$$\phi_{\text{máximo}} = 1\ 1/4''$$

Dimensiones netas de cisterna:

Dimensiones: $2.8\text{m} \times 2.8\text{m} \times 1.5\text{m}$

Considerando los 0.45m del RNE, las dimensiones son $2.8\text{m} \times 2.8\text{m} \times 1.95\text{m}$

Elección de bomba y tanque hidroneumático

Para proporcionar presión al sistema, se utiliza un tanque hidroneumático. Su volumen se calcula considerando el caudal y las presiones máxima y mínima del funcionamiento del motor.

Primero, se calcula la carga necesaria en el artefacto crítico con la siguiente fórmula:

$$H = h_s + \sum h_f + P_s$$

Donde

h_s : altura física del aparato sanitario más desfavorable (altura de pisos inferiores más la altura del aparato más la succión de la cisterna)

$\sum h_f$: Pérdida de fricción en tuberías y accesorios (desde la succión hasta el punto más desfavorable)

P_s : presión a la salida del aparato sanitario (2m)

Posteriormente, se calcula la potencia requerida considerando que la bomba tiene un rendimiento igual a 70%.

$$Pot = \frac{Q \times H}{0.7}$$

Donde

Q : Caudal en litros por segundo

Luego, se determinan las presiones mínima y máxima en libras por pulgada cuadrada (psi).

$$P_1 = 1.422 \times H$$

$$P_2 = P_1 + 20$$

Finalmente, el volumen se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$V = \frac{44Q(P_2 + 14.7)}{P_2 - P_1}$$

Tabla 39. Resultados para la elección de bomba y tanque hidroneumático

H	16.9 m
Pot	1.058 HP
P_1	30 psi
P_2	50 psi
P_{prom}	40 psi

V	368 galones
-----	-------------

Se requieren dos tanques Hidrostral Champion CH-119 y una electrobomba 32-125-5.

Agua Caliente (Numeral 3)

Dotaciones (Numeral 3.2)

Para el cálculo de la dotación diaria total, se considera lo siguiente:

- Si un departamento tiene 4 dormitorios, su dotación diaria es igual a **420 litros**. (Tabla a) del numeral 3.2.)

Distribución (Numeral 3.3.)

Cada departamento tendrá un calentador individual; por lo tanto, el sistema es **sin retorno**.

Equipos de producción de agua caliente (Numeral 3.4.)

Para una edificación multifamiliar, los cálculos de capacidad deben considerar las siguientes relaciones:

- La capacidad del tanque de almacenamiento en relación con la dotación diaria es 1/5.
- La capacidad horaria del equipo de producción de agua caliente en relación con la dotación diaria en litros es 1/7.

Con las relaciones obtenidas de la norma, se calcula el volumen de almacenamiento y capacidad de producción del calentador de cada departamento. Para el volumen hallado en la memoria de cálculo, es conveniente instalar una therma de 110 L de la marca Solé, con una potencia de 2000W.

$$\text{Almacenamiento} = 0.084 \text{ m}^3$$

$$\text{Capacidad de producción} = 0.06 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Con las relaciones obtenidas de la norma, se calcula el volumen de almacenamiento y capacidad de producción del calentador de cada departamento. Para el volumen hallado en la memoria de cálculo, es conveniente instalar una therma de 110 L de la marca Solé, con una potencia de 2000W.

Dimensionamiento de tuberías

El diseño considerará lo siguiente:

- Las unidades de gasto UG de cada tramo (última columna del Anexo N°1)
- Los gastos probables mediante el método de Hunter (Anexo N°3)

Los diámetros se muestran en los planos de instalaciones sanitarias.

Desagüe y ventilación (Numeral 6)

Trazo de la red de desagüe

Para el trazado, se tomó en cuenta lo establecido por la Norma IS.010.

Dimensionamiento de las tuberías de desagüe

El dimensionamiento de los ramales, colectores y montantes depende del número de unidades de descarga y las pendientes de escurrimiento. Estos datos se obtienen de los Anexos 6, 7, 8 y 9 del capítulo IS.0.10.6.

Tabla 40. Diámetros de colectores

		Unidad de descarga	Diámetro (")
Baño 1	Colector 1	13	3
Montante 1		13	
Baño 2	Colector 2	10	3
Montante 2		10	
Baño 3	Colector 3	8	2.5
Montante 3		8	
Baño 4	Colector 4	10	2.5
Cocina	Colector 5	2	1.5
Lavandería	Colector 6	6	2
Montante 4		18	

Tabla 41. Diámetros de montantes

Tramos	Montante 1		Montante 2	
	Unidad de descarga	Diámetro (")	Unidad de descarga	Diámetro (")
Piso 4				
Piso 3	13	3	10	3
Piso 2	26	4	20	4
Piso 1	39	4	30	4

Tramos	Montante 3		Montante 4	
	Unidad de descarga	Diámetro (")	Unidad de descarga	Diámetro (")
Piso 4				
Piso 3	8	3	18	4
Piso 2	16	3	36	4
Piso 1	24	4	54	4

Tabla 42. Diámetros

Colector de la M1		Colector de la M2		Colector de la M3	
UD	Diámetro (")	UD	Diámetro (")	UD	Diámetro (")
39	4	30	3	24	3
Pendiente (%)	1	Pendiente (%)	4	Pendiente (%)	2

Colector de la M4		Colector principal	
UD	Diámetro (")	UD	Diámetro (")
54	4	294	6
Pendiente (%)	1	Pendiente (%)	1

Dimensiones de las cajas de registro

Con el diámetro de la tubería y su profundidad, se determinan las dimensiones de las cajas de registro en la tabla k) del numeral 6.2.

Ventilación (Numeral 6.5)

Entre las aclaraciones que muestra la norma para el sistema de ventilación se presentan las siguientes:

- a) Los tubos de ventilación deberán tener una pendiente uniforme no menor de 1% en forma tal que el agua que pudiere condensarse en ellos, escurra a un conducto de desagüe o montante.
- b) Los tramos horizontales de la tubería de ventilación deberán quedar a una altura no menor de 0.15m por encima de la línea de rebose del aparato sanitario más alto al cual ventilan.
- c) Etc.

6.2. Instalaciones Eléctricas

Memoria Descriptiva

La edificación a construir es un edificio de 04 pisos cuyo sistema estructural es dual (pórticos y muros) destinado a vivienda multifamiliar; no contará con sótanos y será construida en un área aproximada de 424 m².

El proyecto está ubicado en la urbanización “Los Huertos de Villa” en el distrito de Chorrillos, provincia de Lima, departamento de Lima.

Para el edificio multifamiliar se contempla la instalación de los siguientes sistemas eléctricos y de protección:

- Sistema de alimentación eléctrica - tablero general
- Sistema de alumbrado interior
- Sistema de tomacorrientes
- Sistema de protección – puesta a tierra
- Sistema de iluminación de emergencia

A partir de esto, la red eléctrica general estará constituida por 01 tablero general, 06 tableros de distribución (01 por cada departamento) y un tablero para los equipos mecánicos (electrobomba y ascensor).

Asimismo, cada tablero cuenta con los siguientes circuitos:

- Tablero general (TG): 08 circuitos
- Tablero de distribución (ST): 08 circuitos
- Tablero para equipos mecánicos (ET): 02 circuitos

Estos tableros se detallan en la memoria de cálculo y en los planos correspondientes.

- Alcances

Se proyecta la implementación del sistema de instalaciones eléctricas para el edificio multifamiliar “Los Huertos de Villa”.

- Normativa aplicada

Para la elaboración de la memoria de cálculo se referencia las siguientes normas. De acuerdo con las especificaciones técnicas y con la finalidad de optimizar las instalaciones definidas para el proyecto:

- Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma Técnica de Edificación EM.010 “Instalaciones eléctricas interiores” (2006)
- Código Nacional de Electricidad “CNE 2011” (suministro 2011)

- Suministro de energía

El edificio multifamiliar “Los Huertos de Villa” está planificado para ser empleado como unidades de tipo vivienda. En estas se brindarán todas las comodidades necesarias para que las personas lo habiten y desarrollen sus actividades. Por lo tanto, se prevé la instalación de un interruptor general para el suministro de energía eléctrica. Este sistema debe ser trifásico con

una tensión de servicio de 220V / 60 Hz. Este servicio es brindado por la compañía Luz del Sur.

- Sistemas de protección

Todos los circuitos que conforman el proyecto necesitan de la implementación de un sistema de puesta a tierra para la protección de los habitantes en caso de una falla o desperfecto. De esta manera, cada circuito cuenta con un cable de puesta a tierra. Debido a que, el tipo de sistema instalada es considerado como uno de baja tensión.

Memoria de Cálculo

Cuadro de áreas

Con la finalidad de determinar los circuitos de alumbrado y tomacorrientes; así como, las demandas máximas necesarias por cada unidad de vivienda del proyecto. Se presenta el cuadro de áreas de cada departamento proyectado.

General		
Área de terreno	632	m2
Porcentaje de área libre	49.37	%
Área techada piso típico	320	m2
Área libre	208	m2
Área techada 1° piso	424	m2
Área techada total	744	m2
Área común	72.4	m2

Detallado

Piso	Ambiente	Área total (m2)	Área techada (m2)	Área libre (m2)
1	Recepción	56	56	0
	Oficina	32	32	0
	Depósitos	10.5	10.5	0
	Estacionamiento	325.5	325.5	0
	Área libre	208	0	208
2	Departamento 201	164.2	160	4.2
	Departamento 202	164.2	160	4.2
3	Departamento 301	164.2	160	4.2
	Departamento 302	164.2	160	4.2
4	Departamento 401	164.2	160	4.2
	Departamento 402	164.2	160	4.2

Definición de circuitos

Los sistemas contemplados para el proyecto fueron definidos bajo la premisa del CNE: alumbrado, 1 circuito de alumbrado cada 100 m2; tomacorrientes: máximo 18 puntos de tomacorriente por circuito

Circuitos primer piso: Estacionamientos C1 (rojo), recepción y oficina C2 (azul), área libre C3 (verde), áreas comunes edificio C4 (amarillo), electrobomba C7, ascensor C8, Puerta levadiza C9, Intercomunicador central C10.

Circuitos piso típico: 2 circuitos de alumbrado y tomacorriente por departamento, repostería, cocina, lavandería y therma.

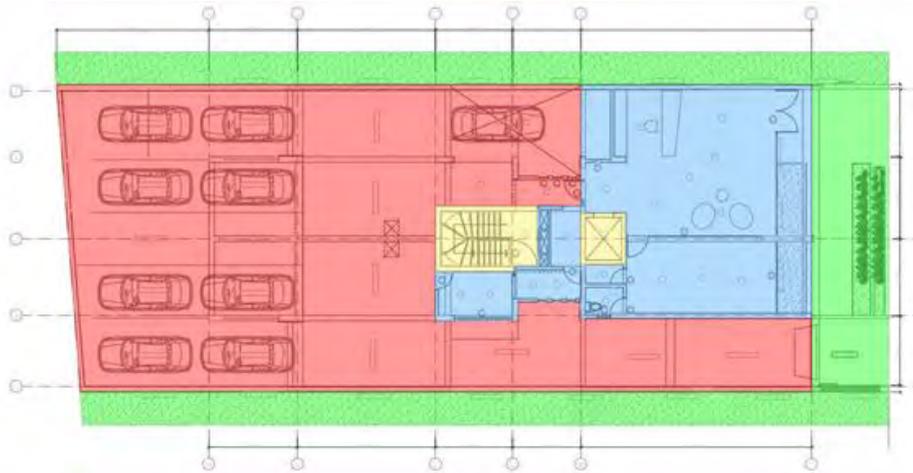


Ilustración 28 . Distribución de los circuitos en el primer piso



Ilustración 29. Distribución de los circuitos en los pisos típicos

Ubicación del tablero general

La ubicación del tablero general se encuentra en el primer piso en la salida de los estacionamientos. Esto con efectos de no afectar la arquitectura del edificio y brindar la accesibilidad necesaria para su control. En la siguiente figura se muestra el esquema de la ubicación.

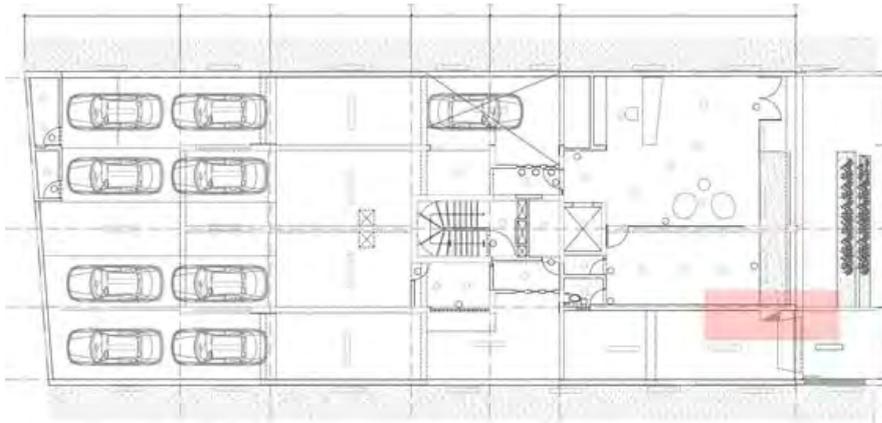


Ilustración 30. Ubicación del tablero general

Cuadro de cargas

A partir del cálculo de las cargas instaladas de las distintas áreas del edificio, se procede a establecer el cuadro de cargas del primer piso y de cada departamento.

Tabla 43. Cuadro de cargas del primer piso

Primer piso				
Circuitos	Carga Instalada (CI)		Factor de demanda	Demanda máxima
	Parcial	Total		
Alumbrado y aplicaciones menores	11640.00	2000	1	2000
	9640.00	9640.00	0.35	3374
Áreas comunes	418.50	418.5	1	418.5
Cargas especiales				
Electrobomba (3 HP)	2237.1	2237.1	0.5	1118.55
Ascensor	4600	4600	0.75	3450
Puerta levadiza (0.5 HP)	375	375	0.75	281.25
Intercomunicador central	750	750	0.75	562.5
		20020.60		11204.8

Carga instalada (CI)	20.10	KW
Demanda Máxima (DM)	11.30	KW
Potencia a contratar	12.00	KW

Tabla 44. Cuadro de cargas en el departamento típico

Departamento típico				
Circuitos	Carga Instalada (CI)		Factor de demanda	Demanda máxima
	Parcial	Total		
Alumbrado y aplicaciones menores	4021.00	2000	1	2000
	2021.00	2021.00	0.35	707.35

Cargas móviles (>1kW) Tipo II	2000	2000	0.3	600
Cargas especiales				
Cocina	8000	8000	0.8	6400
Therma	1500	1500	0.5	750
Lavandería	5500	5500	1	5500
Timbre	10	10	1	10
		21031.00		15967.35

Carga instalada (CI)	21.10	KW
Demanda Máxima (DM)	16.00	KW
Potencia a contratar	16.00	KW

Diseño del tablero

Se considera el empleo de circuitos de tipo trifásico y monofásico para los sistemas de las redes de energía eléctrica. Como se mencionó en la memoria descriptiva, se proyecta tres tableros. A continuación, se detallan los circuitos y el número de polos de cada tablero.

Tabla 45. Diseño del tablero en el primer piso y departamentos típicos

Primer Piso

Tablero general: Servicios Generales

#Circuitos trifásicos	1	Alimentador
#Circuitos monofásicos	7	Todos los demás

Tablero	18	polos
---------	----	-------

Tablero de equipos mecánicos

#Circuitos trifásicos	2	Ascensor y bomba
#Circuitos monofásicos	0	

Tablero	8	polos
---------	---	-------

Tableros de distribución: Departamento 201/202/301/302/401/402

#Circuitos trifásicos	1	Cocina eléctrica
#Circuitos monofásicos	7	Todos los demás

Tablero	24	polos
---------	----	-------

Tabla 47. Ratios calculados y ratios patrón de las partidas presupuestadas

Grupos de Partidas	Metrado total	Unidad	Ratio calculado	Ratio patrón
ACERO	26331.51	kg/m2	20.26	26.4
CONCRETO	356.95	m3/m2	0.28	0.33
ENCOFRADO	2794.12	m2/m2	2.16	2.51
TABIQUERÍA	1449.73	m2/m2	1.12	1.30
TOTAL TARRAJEOS	2473.05	m2/m2	1.91	2.41
RED DE AGUA F/C	96.00	Ptos./100 m2	0.07	
RED DE ENERGÍA A/T	262.00	Ptos./100 m2	0.20	

Tabla 48. Resumen del presupuesto

ITEM	RUBRO	PARCIAL (S/)
	OBRAS PROVISIONALES,	
OE.01	SEGURIDAD Y SALUD	S/34,730.00
OE.02	ESTRUCTURAS	S/663,486.11
OE.03	ARQUITECTURA	S/649,191.89
OE.04	INSTALACIONES SANITARIAS	S/136,154.79
OE.05	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	S/154,703.85
	TOTAL COSTO DIRECTO (CD)	S/1,638,266.64
	GASTOS GENERALES (S/)	S/212,639.07
	UTILIDAD (% del CD)	S/131,061.33
	IGV (18%)	S/356,754.07
	TOTAL	S/2,338,721.11

Tabla 49. Plantilla utilizada para el análisis de precios unitarios de todas las partidas

02.03.02.02 ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL ZAPATAS							
m2/DIA	6	EQ.	6		Costo unitario directo por m2	90.56	
Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
CAPATAZ			hh	0.1	0.1333	23.08	3.08
OPERARIO			hh	1	1.3333	19.23	25.64
OFICIAL			hh	1	1.3333	15.94	21.25
							49.97
Materiales							
CLAVOS CON CABEZA DE 2½", 3", 4"			kg		0.15	2.55	0.38
SEPARADOR DE CONCRETO			und		6	1.8	10.8
MADERA TORNILLO			p2		4.05	6.2	24.99
							36.17
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES			%MO		5	49.97	2.5
							2.5
Subpartidas							
CURADO DE CONCRETO			m2		1.05	4.29	4.42
							4.42

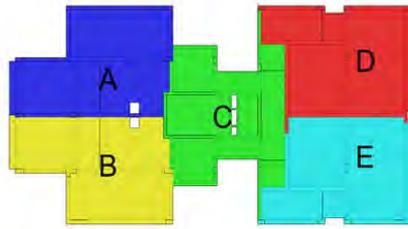


Ilustración 31. Sectorización

Tabla 50. Sectorización

PARTIDAS	UND	SECTOR A	SECTOR B	SECTOR C	SECTOR D	SECTOR E
ACERO	kg	1730.20	2163.21	1836.67	1583.71	1572.83
ENCOFRADO	m2	65.10	65.01	52.02	66.12	66.32
CONCRETO	m3	14.79	18.49	15.70	13.54	13.44

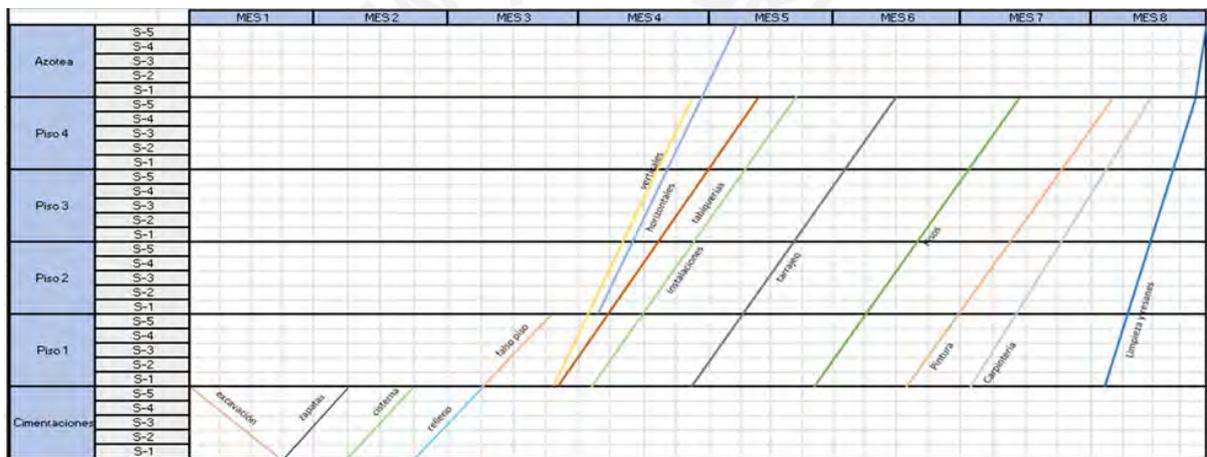


Ilustración 32. Programación de obra

Tabla 51. Tren de actividades

TREN DE ACTIVIDADES	SEMANA 1				
	Día	Día	Día	Día	Día
	1	2	3	4	5
Acero vertical	A1	B1	C1	D1	E1
IIEE	A1	B1	C1	D1	E1
IISS	A1	B1	C1	D1	E1
Encofrado vertical		A1	B1	C1	D1
Concreto vertical		A1	B1	C1	D1
Desencofrado vertical			A1	B1	C1
Encofrado de viga			A1	B1	C1
Acero horizontal viga			A1	B1	C1
Encofrado de losa				A1	B1
Ladrillo de techo				A1	B1
Acero horizontal losa				A1	B1
IIEE horizontal				A1	B1
IISS horizontal				A1	B1
Concreto horizontal					A1

Respecto a la implementación de atributos sustentables, se calculó, además, en qué medida varió el presupuesto una vez utilizados los recursos sostenibles.

Se calculó una variación porcentual en el costo de la partida de ESTRUCTURAS de **3.18%** respecto al monto total (ver tabla 7.1). Esto luego de reemplazar el agregado convencional con agregado reciclado.

Tabla 52. Montos finales - Partida de Estructuras

Monto inicial (S/)	Monto final (S/)	Variación (S/)
663,486.11	642,362.69	-21,123.42

Por otro lado, se efectuó el reemplazo de los pisos de porcelanato con pisos de bambú. Esta medida representó una importante variación porcentual del **16.1%** en la partida (ver tabla 50), la cual se muestra a continuación:

Tabla 53. Monto final - Partida de pisos

Monto inicial (S/) - Porcelanato	Monto final (S/) Bambú	Variación (S/)
195,611.79	164,048.67	-31,563.12

Es sabido además que el uso de pinturas ecológicas encarece ciertas partidas de arquitectura, principalmente por su origen. Por tal motivo, como materia de análisis, se calculó el monto total de la partida de Pintura en cielo raso, vigas y muros. La variación porcentual del costo respecto al uso de pinturas convencionales resultó en un **40.5%** mayor (ver tabla 51).

Tabla 54. Monto final - Partida de pintura

Monto inicial (S/) - Pintura convencional	Monto final (S/) - Pintura ecológica	Variación (S/)
48,176.76	67,686.30	19,509.54

En el balance final que resulta implementar estos recursos ecológicos, se obtuvo los siguientes costos directos (ver tabla 52).

Tabla 55. Balance final

Costo directo inicial (S/) - Recursos convencionales	Costo directo final (S/) - Recursos sostenibles	Variación (S/)
1,640,077.86	1,644,429.82	4351.96

Como se observa, la variación porcentual es de un **0.26%**, lo cual resulta prácticamente insignificante en cuanto a sobrecostos. En ese sentido, la implementación de los recursos propuestos no solo no variará los costos en gran medida, si no que brindarán al cliente una satisfacción extra, debido a que sus instalaciones son ecoamigables y, en el caso del ascensor, no le generarán mayores gastos de mantenimiento. Cabe resaltar que las características del ascensor son ecoamigables, y su precio está acorde a los precios de mercado, por lo que se consideró como idóneo para el proyecto.

8. Discusión y Conclusiones

8.1. Discusión ¿Cómo convertir el caso de estudio en un edificio verde?

El equipo encargado de desarrollar o gestionar el proyecto debe reunirse con el cliente para decidir qué tipo de certificación de edificio sostenible desea obtener. En el caso de que se escoja la certificación LEED, se debe escoger uno de los cuatro niveles. Para el presente proyecto, se asumirá que el nivel escogido es el LEED Silver, el cual requiere un puntaje de 50 a 59 puntos.

Conociendo la escala de la certificación requerida, se procede a investigar qué características de la edificación son evaluadas. Dichas áreas a calificar fueron presentadas en la revisión de literatura. A continuación, se explicará cómo convertir el caso de estudio en una edificación sostenible según las áreas de evaluación mencionadas:

Para empezar, se optó por implementar la metodología BIM en el desarrollo de todo el proyecto y en el funcionamiento del activo, ya que garantiza el trabajo colaborativo entre proyectistas, contratistas y cliente en las etapas iniciales.

La primera área es la de “Sitios sustentables”, la cual se relaciona directamente con la ubicación de la edificación. El caso estudiado está situado en la urbanización Huertos de Villa, en el distrito de Chorrillos. Esta zona presenta áreas descampadas, por lo que no será necesario destruir áreas con vegetación ni hábitats. Actualmente, existen rutas de transportes públicos con paraderos cercanos a la urbanización mencionada; por esta razón, se podrá evitar uso innecesario de autos particulares que contaminan el medio ambiente. Otro motivo para garantizar la reducción del uso de transporte privado es la inclusión de espacios multifuncionales en el edificio que permiten la residencia y actividades comerciales. En el primer piso, habrá oficinas que podrían ser el lugar de trabajo de algunos residentes de los departamentos ubicados en los niveles superiores. De esta manera, un grupo de personas no necesitará salir del edificio para trabajar. Además, el hecho de construir oficinas en distritos como Chorrillos evita que aumente la congestión vehicular en las “zonas financieras” de Lima,

como San Isidro o Miraflores. Por otro lado, la contaminación lumínica puede reducirse considerablemente puesto que el vecindario tiene pocos años de fundación y la aparición de locales comerciales es lenta, lo cual facilita la adopción de medidas que limiten el uso excesivo de luz y la implementación de un sistema de iluminación adecuado. La metodología BIM

La segunda categoría es la “Eficiencia en consumo de agua”. Mediante la revisión de literatura, se han identificado prácticas aplicables al caso estudiado. Por ejemplo, es posible reducir los elementos de desagüe utilizando el agua recuperada no potable para el riego de jardines o limpieza de áreas exteriores. Además, es posible colocar filtros con mallas de menor diámetro en los lavatorios que separen los residuos sólidos del agua residual.

La siguiente categoría es la “Energía y atmósfera” que tiene como fin evaluar las prácticas para disminuir el consumo energético. Para cumplir con dicho requisito, es recomendable utilizar, en la etapa de diseño, software que simule la energía que será utilizada por el edificio en la etapa de funcionamiento. Uno de los programas mediante el cual se obtiene ese tipo de resultados es el software “Ecotec”, estrategia tecnológica de la metodología BIM, ya que es capaz de calcular el total de energía utilizada y las emisiones de carbono. Además, como se presentó en la revisión de literatura, alternativas como la implementación de energía solar a través de los see-through PV, pese a su costo, se podría adecuar a la edificación y así lograr ahorros energéticos y aprovechando la iluminación natural.

Asimismo, se evalúa la categoría de Materiales y Recursos, y para cumplir con dicho requisito, se podría implementar planes de uso de materiales renovables como la madera para los pisos, uso de materiales reciclados, como reciclaje de paneles de yeso obtenidos de demoliciones de otras viviendas, uso de materiales durables, como es el ladrillo y materiales de fácil mantenimiento como materiales metálicos a la vista, zonas de piso de porcelanato para fácil limpieza.

Otra categoría es la de “Calidad ambiental en interiores”. Para seguir los requisitos de esta categoría, se implementaría un diseño de ventilación natural a través de software de fluidos dinámicos, el cual permite reducir de 30 a 50% el consumo energético. Asimismo, ya que se implementarían los see-through PV, permitirá un ahorro de energía de consumo eléctrico por iluminación, además de otorgar un aspecto visual con luz adecuada.

Finalmente, se evalúa la categoría de “Innovaciones en operaciones y prioridad regional” y se plantea que se implemente software de modelamiento y cálculo del impacto ambiental desde la etapa de proyecto, construcción, operación y vida útil, además de analizar ciclos de vida de

los materiales, equipos implementados en el proyecto que generan impacto en el medio ambiente. También, se incorporará el sistema Green roof, para reducir la temperatura interna de la edificación.

Tabla 56. Cuadro resumen de las categorías de evaluación LEED con sus respectivas estrategias

Categorías de la evaluación LEED	Estrategias para convertir el caso de estudio en un edificio verde
Sitios sustentables	Implementación de espacios multifuncionales
Eficiencia en consumo de agua	Reducción de elementos de desagüe Separación de residuos sólidos antes de desechar el agua por los lavatorios
Energía y atmósfera	Energía fotovoltaica - Paneles tipo see-through PV
Materiales y recursos	Uso de materiales: renovables- madera en pisos en las habitaciones reciclados – paneles de yeso de demolición de viviendas, concreto otros materiales pétreos como agregado o relleno durables – ladrillo de fácil mantenimiento – porcelanato en los pisos comunes, materiales metálicos
Calidad ambiental en interiores	Diseño de sistemas de limpieza de aire y ventilación (su instalación, arranque, operación y mantenimiento) Manejo del humo del cigarrillo dentro de ambientes interiores Realizar una encuesta anual de confort en los ocupantes de la edificación para que evalúen las condiciones de temperatura y su comodidad y niveles de luminosidad de su lugar de trabajo. Disminución del consumo de energía eléctrica por iluminación Modelar y simular estos sistemas son comúnmente utilizados los computational fluid dynamics (Diseño de ventilación) Los sistemas ANV se diferencian de los sistemas NV porque hacen uso de chimeneas, las cuales facilitan el flujo de aire caliente,
Innovaciones en operaciones y prioridad regional	Green roof o eco – roof (Aislamiento térmico en las azoteas es la vegetación) Software de modelamiento y cálculo del impacto ambiental desde la etapa de proyecto, construcción, operación y vida útil Análisis de ciclos de vida de los materiales, equipos implementados en el proyecto que generan impacto en el medio ambiente

Se ha visto el cómo agregar valor al proyecto en sí, mediante la aplicación de diferentes metodologías de colaboración; por otro lado, también se discutió acerca de las diferentes certificaciones y sus requisitos que consoliden a un edificio como verde o ecoamigable.

Sin embargo, a continuación, se propondrá algunos puntos extras y recomendaciones de aplicaciones constructivas cuya aplicación repercuta de manera significativa y positiva en los costos.

Una de los métodos más comunes y vistos hoy en día es el uso de prefabricados, no solo como mejoramiento en el comportamiento estructural del elemento, sino en la mejora de los tiempos que implica su montaje. El caso de las viguetas prefabricadas es de los más común que se ve en el mercado actual, aquellas que pueden ser pre y post-tensadas mejoran las deflexiones de las losas que soportan, pero también significa ahorro en tiempo debido a la facilidad y estandarización de su montaje.

Otro criterio a tener en cuenta es contar con una buena disposición de los materiales, oficinas y zonas de trabajo en campo, grúas, etc. los cuales deberán ser especificados mediante un layout previo. La importancia de una correcta definición del layout en las diferentes etapas del proyecto radica en que los flujos de material y personas que se obtengan de este tendrán efecto directo en el número de cuadrillas a utilizar y su rendimiento.

Otro aspecto a considerar es el uso correcto de la grúa. Se recomienda que, a lo largo del día laborable, la grúa sea utilizada en la mayor medida de lo posible; la idea está en darle valor a su utilización, ya sea mediante el apoyo en el vaciado de concreto, transporte de materiales o eliminación de desmonte. Dependiendo de la magnitud de la obra, se puede recurrir a dos grúas, sin embargo, para la magnitud del presente proyecto.

Ya que el proyecto fue planificado bajo los parámetros de la filosofía Lean, los trenes de trabajo deberán ser plasmados correctamente partiendo de una buena sectorización. Existe la posibilidad de que los sectores no puedan ser divididos fácilmente en 3 o 4 sectores cuyos volúmenes de trabajo sean similares, principalmente por la presencia de la caja del ascensor y las escaleras; es por eso que, para el proyecto asignado, se podría plantear la posibilidad de construir caja de escaleras como un proyecto independiente, solo para fines de planificación y elaboración del tren de actividades. De este modo se tendrían dos “proyectos” cuya ejecución se dé de manera paralela en ciertos momentos, pero con volúmenes de trabajo similares dentro de ellas. Esta medida es poco común y se recomienda contar con personal con alto rendimiento.

Existe la posibilidad también de que se pueda capacitar al personal de manera que ejecuten diferentes labores de diferentes especialidades. De este modo, se evitarían vacíos en los trenes de trabajo y se permitirían más trabajos paralelos. Esto requiere de un buen control en las hojas

de tarea por parte del equipo constructor, de manera que se asegure que los rendimientos planificados se están dando en realidad.

8.2. Conclusiones

La implementación de prácticas respetuosas con el medio ambiente ayuda a reducir considerablemente el consumo de agua y luz, lo cual implica un menor gasto en el mantenimiento de una vivienda.

Es posible obtener una certificación LEED “Silver” al implementar las alternativas de mencionadas en la sección de discusión, puesto a que al realizar el check list, se obtuvo puntaje dentro del rango de 50 a 59.

Es importante percibir que el ahorro de los recursos energéticos e hídricos no solo se desarrolla durante la construcción de la edificación, sino que también involucra a las etapas 1 y 3, que corresponden a los materiales y operación de la edificación, por ende, es necesario establecer un plan de sostenibilidad que abarque desde la concepción del anteproyecto hasta el funcionamiento y mantenimiento de la edificación en sus aproximadamente 50 años de vida.

Es conveniente dar lugar a la mejora de la eficiencia energética desde la elección de los materiales de construcción, especialmente los de arquitectura donde se presenta mayor variedad, ya que representa el 40% de la emisión total concebida durante el ciclo de vida del edificio.

La creación de una edificación verde requiere nuevos procedimientos en el desarrollo de un proyecto de construcción, como metodologías que garanticen un trabajo colaborativo entre proyectistas y contratistas desde las primeras etapas.

La reducción de gastos de consumo de agua y luz puede motivar que más personas se decidan por transformar sus viviendas tradicionales a viviendas verdes. Esta información puede ser compartida mediante programas del Estado, así como se viene haciendo desde hace algunos años en otros países del mundo donde existen incentivos reales para empresas que decidan construir edificios sostenibles, esto generaría en el Perú un mercado especializado donde exista competencia entre las distintas empresas logrando cada vez una mejor calidad del producto.

Al tratarse de una metodología colaborativa no muy usual en la industria de la construcción, se recomienda contar con el personal profesional idóneo con experiencia previa en trabajos

colaborativos. Asimismo, el personal deberá plantearse como objetivo fijo alcanzar la acreditación como parte del proyecto.

El trabajo colaborativo mediante BIM mejora la eficiencia en la concepción, diseño, construcción y operatividad de la estructura concebida; en ese sentido, por medio de simulaciones (energéticas, 4D y 5D) dará un mejor panorama del desarrollo del proyecto, su factibilidad y cuyo valor agregado resultará atractivo para los constructores y clientes en su implementación para con los edificios verdes.

La implementación de energía alternativa fotovoltaica conlleva costos adicionales (aproximadamente 13,000US\$/m²), por lo que a pesar de ser una excelente medida para categorizar al edificio como “ecológicamente amigable, es netamente decisión del cliente y desea recurrir a tal inversión.

Si bien existen recursos sustentables que terminen de abaratar ciertas partidas del proyecto, también existen aquellas que los encarecen, de modo que en el balance final del presupuesto las variaciones en cuanto a costo no varían en gran medida. En ese sentido, el valor agregado final de su implementación no radica en una disminución del presupuesto, sino en el valor percibido por el cliente, así como en las etapas post venta y operación, que en el largo plazo le generan un ahorro a este.

El beneficio a largo plazo de los edificios verdes no solo se enfoca en otorgar un mayor valor económico cuando se refiere a ventas, sino al decremento sustancial de la emisión de gases de efecto invernadero en aproximadamente 30% al finalizar el ciclo de vida de la edificación.

9. Referencias

Acciona. (15 de noviembre de 2016). *¿Qué es la sostenibilidad?* Obtenido de Sostenibilidad: <https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/que-es-la-sostenibilidad/>

Baquero, D. P. (2019). Construcciones sostenibles en Medellín con certificación Leadership in Energy and Environmental (LEED), entre el periodo 2010-2017 y sus beneficios. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/25564>.

Bifani, P. (1997). Medio Ambiente y Desarrollo. Universidad de Guadalajara. México.

BREEAM Certification. (2019). Disponible 14 de diciembre de 2019, de <https://www.breeam.com/>

CISMID. (2010). Microzonificación Sísmica del distrito de Chorrillos. Lima.

Código Nacional de Electricidad (2011) “CNE 2011”

Cole, R. J. (2005). Building environmental assessment methods: Redefining intentions and roles. *Building Research and Information*, 33(5), 455–467. <https://doi.org/10.1080/09613210500219063>

Cortéz H, Peña J. (2015). De la sostenibilidad a la sustentabilidad. Modelo de desarrollo sustentable para su implementación en políticas y proyectos. Bogotá, Colombia.

Concilia2. (25 de abril de 2016). *¿Qué es un edificio sostenible?* Obtenido de Concilia2: <https://www.concilia2.es/que-es-un-edificio-sostenible/>

Das, B. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones* (Vol. Séptima Edición). CENGAGE Learning.

Das, B. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (Vol. Cuarta Edición). CENGAGE Learning.

DGNB Certification. (2019). Disponible 14 de diciembre de 2019, de <https://www.dgnb.de/en/council/certification/index.php>

Domoterra. (16 de Julio de 2016). *Domoterra*. Obtenido de Domoterra: <http://www.domoterra.es/blog/2016/07/16/la-huella-de-carbono/>

EDGE BUILDINGS. (2019). Disponible 14 de diciembre de 2019, de <https://www.edgebuildings.com/?lang=es>

Ferreira, J., Pinheiro, M. D., & de Brito, J. (2014). Portuguese sustainable construction assessment tools benchmarked with BREEAM and LEED: An energy analysis. *Energy and Buildings*, 69(2014), 451–463. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.039>

Fischer M., Reed d., Khanzode A., Ashcraft H.(2014). A SIMPLE FRAMEWORK FOR INTEGRATED PROJECT DELIVERY.

Huang, W., Cui, & Huang, L. (2016). Carbon footprint and carbon emission reduction of urban buildings: A case in Xiamen City, China. *Elsevier*.

Informe Brundtland. (1987). *Informe Brundtland*. Oxford University Press. Obtenido de http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf

LEED Green Building Certification. (2019). Disponible 14 de diciembre de 2019, de <https://new.usgbc.org/leed>

Li L., Wang L. (2014). "Application of BIM technology in green building engineering construction". School of Economics & Management, Shanghai University of Electric Power. 860(863). 1301-1305. Shanghai, China.

Lung L., Shaurette M. (2018). "Working collaboratively in design and construction to encourage green building construction for Peru". *Revista Ingeniería y Construcción*. Chile.

Nilashi, M., Zakaria, R., Ibrahim, O., Majid, M. Z. A., Mohamad Zin, R., Chughtai, M. W., ... Aminu Yakubu, D. (2015). A knowledge-based expert system for assessing the performance level of green buildings. *Knowledge-Based Systems*, 86(1), 194–209. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2015.06.009>

Norma Técnica Peruana NTP 339.133. (1999). Método de ensayo de penetración estándar SPT.

Olcese, M. (2018). Diapositivas de clase del curso "Ingeniería de Cimentaciones".

Olcese, M. (2018). Diapositivas de clase del curso "Mecánica de Suelos".

ONU. (24 de Noviembre de 2014). *Naciones Unidas*. Obtenido de Naciones Unidas: https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml

Osma, G. A., & Ordoñez, G. (2010). Desarrollo sostenible en edificaciones. *Revista UIS Ingenierías*, 9(1), 103-121.

Raouf A., Al-Ghamdi S. (2018). "Building information modelling and green buildings: challenges and opportunities". Division of Sustainable Development, College of Science and Engineering, Hamad bin Khalifa University. Doha, Qatar.

Reglamento Nacional de Edificaciones (2006) Norma Técnica de Edificación EM.010. "Instalaciones eléctricas en interiores"

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2009). Norma Técnica de Edificación E.060. Concreto Armado.

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2018). Norma Técnica de Edificación E.030. Diseño Sismoresistente.

Reglamento Nacional de Edificaciones. (2018). Norma Técnica de Edificación E.050. Suelos y Cimentaciones.

Rivera., Z., & Sepulveda., J. (2012). *Repository.udem*. Obtenido de <http://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/273/Influencia%20de%20los%20reque>

rimientos%20del%20sistema%20leed%20en%20los%20costos%20directos%20de%20edificaciones%20%E2%80%93%20Caso%20construcci%C3%B3n%20nueva%20sede%20Isagen%20en%20la%20ciudad%20

Rocha- Tamayo, E. (2011). Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA. *Revista nodo*, 6(11).

Shukla, A., & Sharma, A. (Eds.). (2018). Sustainability through Energy-Efficient Buildings. CRC Press.

Silva, E. (2018). Diapositivas de clase del curso de “Construcción Sostenible” Clase 1 2018-2.

Solís-Guzmán, J., & Camacho, C. R. (2018). Carbon footprint estimation tool for residential buildings for non-specialized users: OERCO2 Project. *Susatinability*.

Suchandra Bardhan, I. R. (2016). Studies on virtual water content of urban buildings in India. *Indian Journal of Science and Technology*, 9-18.

Todd, J. A., Pyke, C., & Tufts, R. (2013). Implications of trends in LEED usage: Rating system design and market transformation. *Building Research and Information*, 41(4), 384–400. <https://doi.org/10.1080/09613218.2013.775565>

Torres, L. (2017). Diapositivas de clase del curso “Instalaciones en edificaciones”

Universidad Autónoma de Madrid. (2019). Estimación de la huella hídrica de una promoción residencial. Madrid: Vía Célere.

U.S. Green Building Council. (2014). *Guía de Conceptos Básicos de Edificios verdes y LEED*. Obtenido de Spaingbc: http://www.spaingbc.org/files/Core%20Concepts%20Guide_ES.pdf

USGBC. (2018). www.usgbc.org. Obtenido de Acumulados LEED: <https://www.usgbc.org/advocacy/country-market-brief>

Victoria University of Wellington, New Zealand (2011). Obtenido de: www.victoria.ac.nz/cbpr/documents/pdfs/ee-coefficients

WELL CERTIFICATION. (2019). Disponible 14 de diciembre de 2019, de <https://www.wellcertified.com/>

Wu W., Issa R. (2015). “And integrated green BIM process model (IGBPM) for BIM execution planning in green building projects”.

Zhang, Y., Wang, H., Gao, W., Wang, F., Zhou, N., Kammen, D. M., & Ying, X. (2019). A survey of the status and challenges of green building development in various countries. *Sustainability (Switzerland)*, 11(19), 1–29. <https://doi.org/10.3390/su11195385>

Zimmermann, R. K., Skjelmose, O., Jensen, K. G., Jensen, K. K., & Birgisdottir, H. (2019). Categorizing Building Certification Systems According to the Definition of Sustainable Building. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 471(9), 0–8. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/9/092060>



10. Anexos

Anexo 1. Capítulo: Revisión de literatura

Tabla 57. Check list Leed

Location and Transportation		15
Credit	LEED for Neighborhood Development Location	15
Credit	Sensitive Land Protection	2
Credit	High Priority Site	1
Credit	Surrounding Density and Diverse Uses	5
Credit	Access to Quality Transit	3
Credit	Bicycle Facilities	1
Credit	Reduced Parking Footprint	1
Credit	Electric Vehicles	2

Sustainable Sites		9
Prereq	Construction Activity Pollution Prevention	Required
Credit	Site Assessment	1
Credit	Protect or Restore Habitat	1
Credit	Open Space	1
Credit	Rainwater Management	3
Credit	Heat Island Reduction	2
Credit	Light Pollution Reduction	1

Water Efficiency		12
Prereq	Water Use Reduction	Required
Prereq	Building-Level Water Metering	Required
Credit	Water Use Reduction	10
Credit	Water Metering	2

Energy and Atmosphere		34
Prereq	Fundamental Commissioning and Verification	Required
Prereq	Minimum Energy Performance	Required
Prereq	Energy Metering	Required
Prereq	Fundamental Refrigerant Management	Required
Credit	Enhanced Commissioning	6
Credit	Optimize Energy Performance	18
Credit	Whole Building Energy Monitoring and Reporting	1
Credit	Grid Harmonization	2
Credit	Renewable Energy	5
Credit	Enhanced Refrigerant Management	1
Credit	Domestic Hot Water Pipe Insulation	1

Materials and Resources		13
Prereq	Storage and Collection of Recyclables	Required
Prereq	Construction and Demolition Waste Management Planning	Required
Credit	Building Life-Cycle Impact Reduction	5
Credit	Environmentally Preferable Products	6
Credit	Construction and Demolition Waste Management	2

Indoor Environmental Quality		16
Prereq	Minimum Indoor Air Quality Performance	Required
Prereq	Combustion Venting	Required
Prereq	Garage Pollutant Protection	Required
Prereq	Radon-Resistant Construction	Required
Prereq	Interior Moisture Management	Required
Prereq	Environmental Tobacco Smoke Control	Required
Prereq	Compartmentalization	Required
Credit	Enhanced Compartmentalization	1
Credit	No Environmental Tobacco Smoke	1
Credit	Enhanced Indoor Air Quality Strategies	4
Credit	Low-Emitting Materials	4
Credit	Indoor Air Quality Assessment	2
Credit	Thermal Comfort	1
Credit	Daylight and Quality Views	1
Credit	Acoustic Performance	2

Innovation		6
Credit	Innovation	5
Credit	LEED Accredited Professional	1

Regional Priority		4
Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
Credit	Regional Priority: Specific Credit	1

Location and Transportation		15
-----------------------------	--	----

Credit	LEED for Neighborhood Development Location	15
Credit	Sensitive Land Protection	2
Credit	High Priority Site	1
Credit	Surrounding Density and Diverse Uses	5
Credit	Access to Quality Transit	3
Credit	Bicycle Facilities	1
Credit	Reduced Parking Footprint	1
Credit	Electric Vehicles	2

Sustainable Sites		9
Prereq	Construction Activity Pollution Prevention	Required
Credit	Site Assessment	1
Credit	Protect or Restore Habitat	1
Credit	Open Space	1
Credit	Rainwater Management	3
Credit	Heat Island Reduction	2
Credit	Light Pollution Reduction	1

Water Efficiency		12
Prereq	Water Use Reduction	Required
Prereq	Building-Level Water Metering	Required

Credit	Water Use Reduction	10
Credit	Water Metering	2

Energy and Atmosphere		34
Prereq	Fundamental Commissioning and Verification	Required
Prereq	Minimum Energy Performance	Required
Prereq	Energy Metering	Required
Prereq	Fundamental Refrigerant Management	Required
Credit	Enhanced Commissioning	6
Credit	Optimize Energy Performance	18
Credit	Whole Building Energy Monitoring and Reporting	1
Credit	Grid Harmonization	2
Credit	Renewable Energy	5
Credit	Enhanced Refrigerant Management	1
Credit	Domestic Hot Water Pipe Insulation	1

Materials and Resources		13
Prereq	Storage and Collection of Recyclables	Required
Prereq	Construction and Demolition Waste Management Planning	Required
Credit	Building Life-Cycle Impact Reduction	5

Credit	Environmentally Preferable Products	6
Credit	Construction and Demolition Waste Management	2

Indoor Environmental Quality		16
Prereq	Minimum Indoor Air Quality Performance	Required
Prereq	Combustion Venting	Required
Prereq	Garage Pollutant Protection	Required
Prereq	Radon-Resistant Construction	Required
Prereq	Interior Moisture Management	Required
Prereq	Environmental Tobacco Smoke Control	Required
Prereq	Compartmentalization	Required
Credit	Enhanced Compartmentalization	1
Credit	No Environmental Tobacco Smoke	1
Credit	Enhanced Indoor Air Quality Strategies	4
Credit	Low-Emitting Materials	4
Credit	Indoor Air Quality Assessment	2
Credit	Thermal Comfort	1
Credit	Daylight and Quality Views	1
Credit	Acoustic Performance	2

Innovation	6
------------	---

Credit	Innovation	5
Credit	LEED Accredited Professional	1

Regional Priority		4
Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
Credit	Regional Priority: Specific Credit	1
Credit	Regional Priority: Specific Credit	1

Anexo 2. Capítulo: Estructuras

Tabla 58. Dimensiones seleccionadas en el predimensionamiento de las columnas

	Esfuerzo(0.45f _c o 0.35f _c) (kg/cm ²)	At (m ²)	Área requerida (cm ²)	Sección		Área colocada	Factor
				Ancho (m)	Largo (m)		
EJE 2 Y EJE A	73.5	4.77	260	25	60	1500	5.8
EJE 2 Y EJE B	94.5	15.92	674	Justificado aparte			-
EJE 2 Y EJE C	94.5	12.79	541	25	60	1500	2.8
EJE 2 Y EJE D	73.5	4.45	242	25	60	1500	6.2
EJE 2 Y EJE E	73.5	11.47	624	25	50	1250	2.0
EJE 2 Y EJE F'	94.5	16.6	703	25	40	1000	1.4
EJE 3 Y EJE A	73.5	9.12	496	25	60	1500	3.0
EJE 3 Y EJE B	94.5	18.51	783	25	50	1250	1.6
EJE 4 Y EJE A	73.5	4.77	260	25	60	1500	5.8
EJE 4 Y EJE B	94.5	15.92	674	Justificado aparte			-
EJE 4 Y EJE C	94.5	12.79	541	25	60	1500	2.8
EJE 4 Y EJE D	73.5	4.45	242	25	60	1500	6.2
EJE 4 Y EJE E	73.5	11.47	624	25	50	1250	2.0
EJE 4 Y EJE F'	94.5	16.6	703	25	40	1000	1.4
EJE 1 Y EJE C	73.5	6.48	353	25	50	1250	3.5
EJE 1 Y EJE E	73.5	5.1	278	25	50	1250	4.5
EJE1 Y ENTRE EJES E' Y F'	73.5	4.9	267	25	50	1250	4.7
EJE 1 Y EJE F'	73.5	4.3	234	25	50	1250	5.3
EJE 5 Y EJE C	73.5	6.48	353	25	50	1250	3.5
EJE 5 Y EJE E	73.5	5.1	278	25	50	1250	4.5
EJE5 Y ENTRE EJES E' Y F'	73.5	4.9	267	25	50	1250	4.7
EJE 5 Y EJE F'	73.5	4.3	234	25	50	1250	5.3

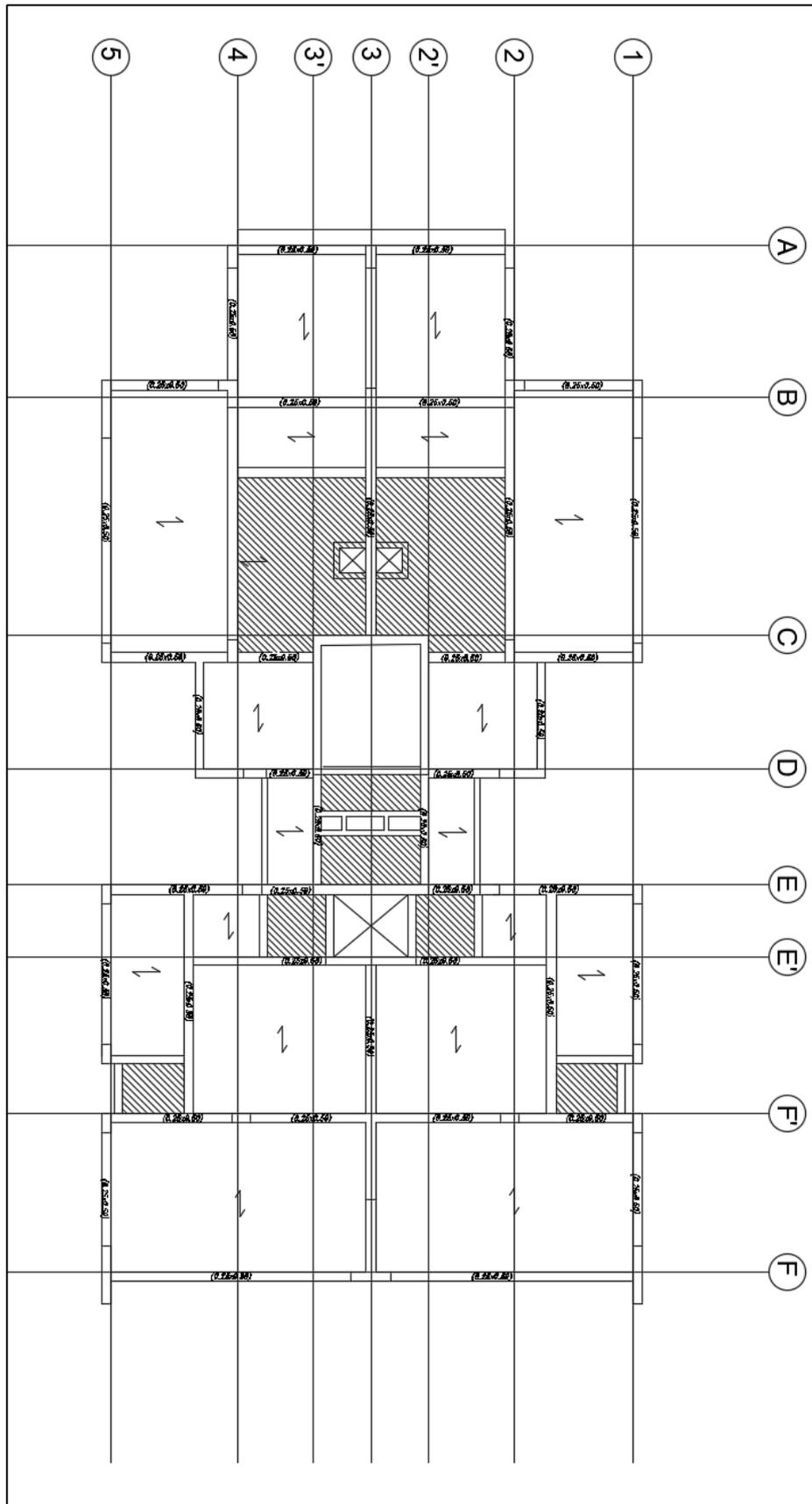


Ilustración 33. Estructuración final

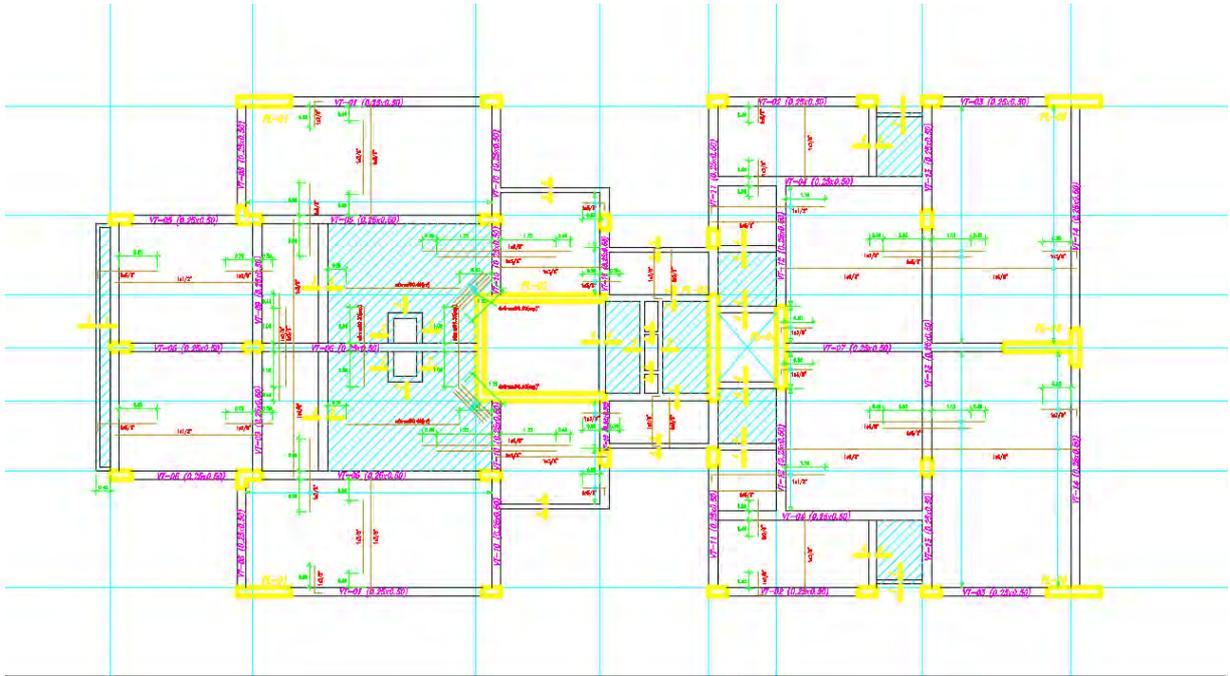


Ilustración 34. Diseño de acero en losas

Tabla 59. Cálculo de acero en viga 1

SOLICITACIONES DE CARGAS											
Viga	Tramo	Sección	Mu (ton.m)	Vu (ton)	As min (cm ²)	As max (cm ²)	a (cm)	As (cm ²)	Mu=ΦMn (Tn.m)	Vu=ΦVn (Tn.)	
V1 (0.25X0.50)	1	1-1	-13.03	-	3.83	12.22	7.70	8.18	13.03	-	
			1.15	9.380	3.83	12.22	0.63	0.67	1.15	10.42	
		2-2	4.73	2.35	3.83	12.22	2.64	2.80	4.73	-	2.61
			2.40		3.83	12.22	1.32	1.40	2.40		
		3-3	-10.49	8.680	3.83	12.22	6.08	6.46	10.49	-	9.64
			1.945		3.83	12.22	1.07	1.13	1.95		

Tabla 60. Diseño de acero longitudinal de viga 1

SECCION			DISEÑO ACERO LONGITUDINAL																
Viga	Tra mo	Secci ón	As Re f.	As colocado				As (cm ²)	φMn (Tn. m)	Obse rv.	≥φMn(-)/2 (ton. m)	≥φMn(-)/3 (ton. m)	≥φMn(má x.)/4 (ton.m)	φMn (Tn. m)	Obse rv.	Mn (Tn. m)	Vmáx(Tn)= (MnI+MnD)/Ln+ WuLn/2	Vmáx(Tn)= (MpI+MpD)/Ln+ WuLn/2	
				#	φ	#	φ												
V1 (0.25X0.50)	1	1-1	8.1	2	5/8"	2	3/4"	9.74	-15.52	OK				-15.52	2	Simp . Ref.	17.24	21.73	
			2.0	0	5/8"	2	5/8"	4.00	-6.76	OK				-6.76	6.76	Simp . Ref.	7.51		
		3-3	6.4	2	5/8"	1	3/4"	6.87	-11.16	OK				-11.16	6	Simp . Ref.	12.40		

Tabla 61. Diseño de acero en viga 1 por cortante

SECCION			DISEÑO ACERO EN CORTE																
Viga	Tra mo	Secci ón	Vu=Φ Vn (Tn.)	φVc (ton)	φ Estribos	longitud de confinamiento 2H	Smax (cm) Resto	a Cara del Elem. Vert.				Hasta d				Hasta 2d			
								#	@ (cm)	φVs(c) (ton)	φVs(c)+ φVc (ton)	#	@ (cm)	φVs(d) (ton)	φVs(d)+ φVc (ton)	#	@ (cm)	φVs(2d) (ton)	φVs(2d)+ φVc (ton)
V1 (0.25X0.50)	1	1-1	21.73	7.5	3/8"	100	22	1	10	5.00	12.5	10	10	27.43	34.94	resto	20	13.72	21.22
				7.5	3/8"		23	110				d (cm) =	44	OK		2d (cm) =	88	Aumentar φ Estribos	

Estribos de 3/8":1@10cm;
10@10cm; resto@20cm;



Tabla 62. Cargas en columna

	Pu	Mu X	Mu Y	Vu X	Vu Y
CM	15.546	-0.01 ton.m	0.04 ton.m	-0.0583	0.0369
CV	1.8433	0.04 ton.m	0.01 ton.m	0.0258	0.012
SX	18.4403	4.54 ton.m	0.34 ton.m	1.8391	0.0845
SY	6.8023	2.78 ton.m	1.75 ton.m	1.1872	0.4713

Tabla 63. Combinaciones de cargas en dirección X e Y, respectivamente

	Pu	Mu
1.4CM+1.7CV	24.90 ton	0.05 ton.m
1.25(CM+CV)+SX	40.18 ton	4.58 ton.m
1.25(CM+CV)-SX	3.30 ton	-4.50 ton.m
0.9CM+SX	32.43 ton	4.53 ton.m
0.9CM-SX	-4.45 ton	-4.55 ton.m

	Pu	Mu
1.4CM+1.7CV	24.90 ton	0.05 ton.m
1.25(CM+CV)+SY	28.54 ton	2.82 ton.m
1.25(CM+CV)-SY	14.93 ton	-2.74 ton.m
0.9CM+SY	20.79 ton	2.77 ton.m
0.9CM-SY	7.19 ton	-2.79 ton.m

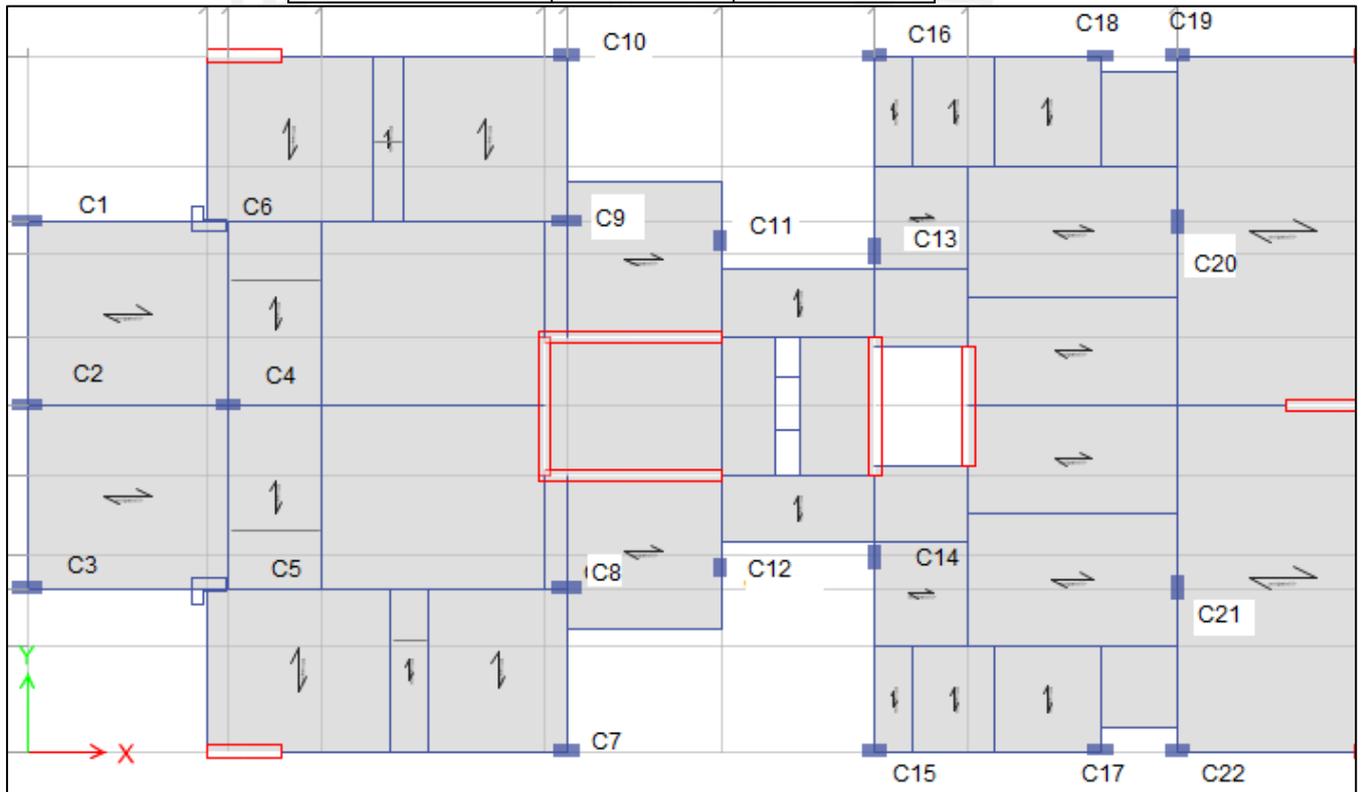


Ilustración 35. Disposición de las columnas en planta

Tabla 64. Diseño de acero en columnas por piso

Columna	PISO	Longitudinal	Estribaje
C-1	piso 1	6Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25
	piso 2	6Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25
	piso 3	6Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25
	piso 4	6Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25

Columna	PISO	Longitudinal	Estribaje
C-2	piso 1	6Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25
	piso 2	6Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25
	piso 3	6Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25
	piso 4	6Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25

Columna	PISO	Longitudinal	Estribaje
C-3	piso 1	6Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25
	piso 2	6Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25
	piso 3	6Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25
	piso 4	6Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25

Columna	PISO	Longitudinal	Estribaje
C-4	piso 1	4 Φ1" + 2Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25
	piso 2	4 Φ1" + 2Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25
	piso 3	4 Φ1" + 2Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25
	piso 4	4 Φ1" + 2Φ 3/4"	1@5,7@10,rto 25

Columna	PISO	Longitudinal	Estribaje
C-5 y C-6	piso 1	10 Φ3/4"	1@5,7@10,rto 25
	piso 2	10 Φ3/4"	1@5,7@10,rto 25
	piso 3	10 Φ3/4"	1@5,7@10,rto 25
	piso 4	10 Φ3/4"	1@5,7@10,rto 25

Columna	PISO	Longitudinal	Estribaje
C-7 y C10	piso 1	4 Φ3/4" + 2 Φ5/8"	1@5,7@10,rto 25
	piso 2	4 Φ3/4" + 2 Φ5/8"	1@5,7@10,rto 25
	piso 3	4 Φ3/4" + 2 Φ5/8"	1@5,7@10,rto 25
	piso 4	4 Φ3/4" + 2 Φ5/8"	1@5,7@10,rto 25

Columna	PISO	Longitudinal	Estribaje
---------	------	--------------	-----------

C-8 y C-9	piso 1	6 $\Phi 3/4''$	1@5,7@10,rto 25
	piso 2	6 $\Phi 3/4''$	1@5,7@10,rto 25
	piso 3	6 $\Phi 3/4''$	1@5,7@10,rto 25
	piso 4	6 $\Phi 3/4''$	1@5,7@10,rto 25

Columna	PISO	Longitudinal	Estribaje
C-11 y C-12	piso 1	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25
	piso 2	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25
	piso 3	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25
	piso 4	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25

Columna	PISO	Longitudinal	Estribaje
C-13, C-14, C-15, C16	piso 1	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25
	piso 2	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25
	piso 3	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25
	piso 4	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25

Columna	PISO	Longitudinal	Estribaje
C-17, C-18, C-19, C-22	piso 1	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25
	piso 2	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25
	piso 3	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25
	piso 4	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25

Columna	PISO	Longitudinal	Estribaje
C-20, C-21	piso 1	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25
	piso 2	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25
	piso 3	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25
	piso 4	4 $\Phi 3/4''$ + 2 $\Phi 5/8''$	1@5,7@10,rto 25

Tabla 65. Tabla de comparación de la carga axial de cada piso y los ϕP_n correspondientes

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P	Ag(cm2)	ϕP_n
				tonf		
Story4	P1	MV Min	Bottom	-12.374	3750	274.8
Story4	P2	MV Min	Bottom	-12.271	3750	274.8
Story4	P3	MV Min	Bottom	-10.2448	3750	274.8
Story4	P4	MV Min	Bottom	-10.1888	3750	274.8
Story4	P6	MV Min	Bottom	-20.7501	7500	549.5
Story4	P7	MV Min	Bottom	-36.5654	5875	430.4
Story3	P1	MV Min	Bottom	-29.2615	3750	274.8
Story3	P2	MV Min	Bottom	-28.6974	3750	274.8

Story3	P3	MV Min	Bottom	-22.061	3750	274.8
Story3	P4	MV Min	Bottom	-21.9429	3750	274.8
Story3	P6	MV Min	Bottom	-42.8495	7500	549.5
Story3	P7	MV Min	Bottom	-76.7818	5875	430.4
Story2	P1	MV Min	Bottom	-46.1137	3750	274.8
Story2	P2	MV Min	Bottom	-45.0809	3750	274.8
Story2	P3	MV Min	Bottom	-33.8818	3750	274.8
Story2	P4	MV Min	Bottom	-33.7011	3750	274.8
Story2	P6	MV Min	Bottom	-66.0654	7500	549.5
Story2	P7	MV Min	Bottom	-117.039	5875	430.4
Story1	P1	MV Min	Bottom	-63.7244	3750	274.8
Story1	P2	MV Min	Bottom	-62.2194	3750	274.8
Story1	P3	MV Min	Bottom	-46.3104	3750	274.8
Story1	P4	MV Min	Bottom	-46.0711	3750	274.8
Story1	P6	MV Min	Bottom	-88.2003	7500	549.5
Story1	P7	MV Min	Bottom	-158.3488	5875	430.4

Tabla 66. Cortante última debido a la envolvente de sismo

Story	Pier	Load Case/Combo	Location	P	V2	V3
				tonf	tonf	tonf
Story1	P1	Envolsismo Max	Bottom	6.3383	24.8437	0.9297
Story1	P2	Envolsismo Max	Bottom	6.6029	24.5022	0.9297
Story1	P3	Envolsismo Max	Bottom	18.9779	25.4566	0.6793
Story1	P4	Envolsismo Max	Bottom	19.0748	25.0847	0.6793
Story1	P5	Envolsismo Max	Bottom	10.8583	42.0914	9.7168
Story1	P6	Envolsismo Max	Bottom	38.547	95.7044	2.4506
Story1	P7	Envolsismo Max	Bottom	0.1784	60.6315	0.4548
Story1	P8	Envolsismo Max	Bottom	54.8267	184.5069	178.6359

Tabla 67. Fuerza cortante en placa dirección X e Y

Direccion X			
Pier	b(cm)	d(cm)	$\Phi V_c/2(\text{ton})$
P1	25	120	19.58
P2	25	120	19.58
P3	25	120	19.58
P4	25	120	19.58
P5	25	172	28.07

P8	20	560	73.11
----	----	-----	-------

Direccion Y			
Pier	b(cm)	d(cm)	$\Phi Vc/2(\text{ton})$
P5	25	84	13.71
P6	25	240	39.17
P7	25	188	30.68
P8	20	240	31.33

Tabla 68. Malla mínima horizontal y vertical para los espesores de las placas

Espesor (m)	Malla horizontal	Malla vertical
	0.0025	0.0025
0.2	$\Phi 3/8 @ 0.25$	$\Phi 3/8 @ 0.25$
0.25	$\Phi 3/8 @ 0.20$	$\Phi 3/8 @ 0.20$

Tabla 69. Fuerzas cortantes máximas amplificadas V2 para la placa PL-01

Piso	Pier	Combinacion	Loc	P (M33)	P (M22)	V2
Story1	P1	CMV	Bottom	63.7243	63.7243	-7.14306
Story1	P1	CMVSXX MAX	Bottom	49.5069	49.5069	13.6738
Story1	P1	CMVSXX MIN	Bottom	61.5131	61.5131	-26.2408
Story1	P1	CMVSYY MAX	Bottom	49.1717	49.1717	18.5602
Story1	P1	CMVSYY MIN	Bottom	61.8483	61.8483	-31.1272
Story1	P1	CMSXX MAX	Bottom	29.3048	29.3048	15.7498
Story1	P1	CMSXX MIN	Bottom	41.311	41.311	-24.1648
Story1	P1	CMSYY MAX	Bottom	28.9696	28.9696	20.6362
Story1	P1	CMSYY MIN	Bottom	41.6462	41.6462	-29.0512

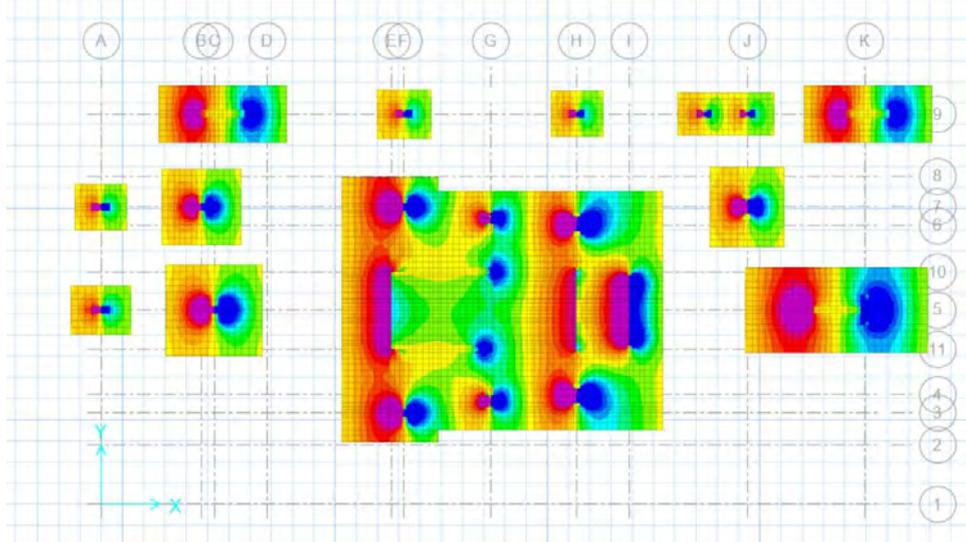


Ilustración 36. Diagrama de fuerzas cortantes v13 en cimentaciones

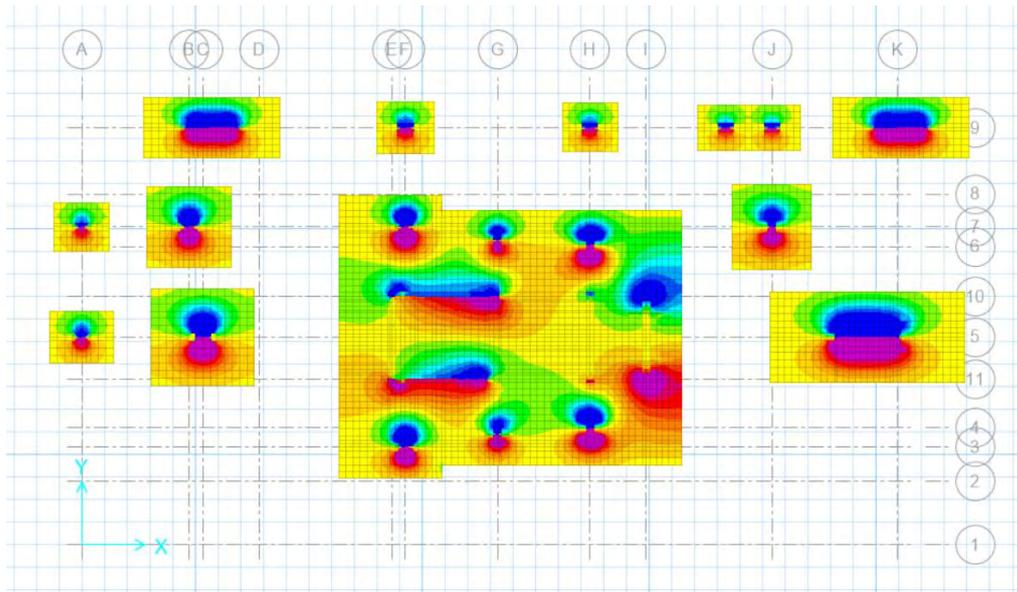


Ilustración 37. Diagrama de fuerzas cortantes v23 en cimentaciones

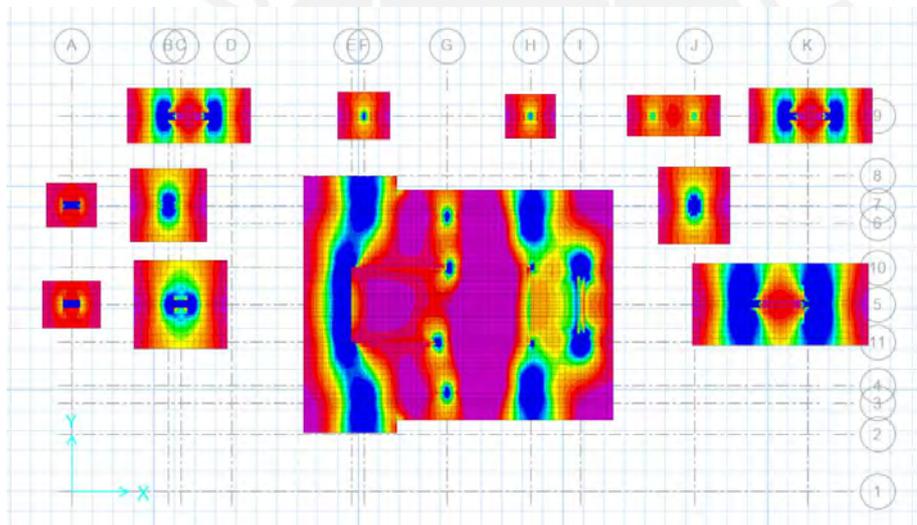


Ilustración 38. Diagrama de momento flector m11 en cimentaciones

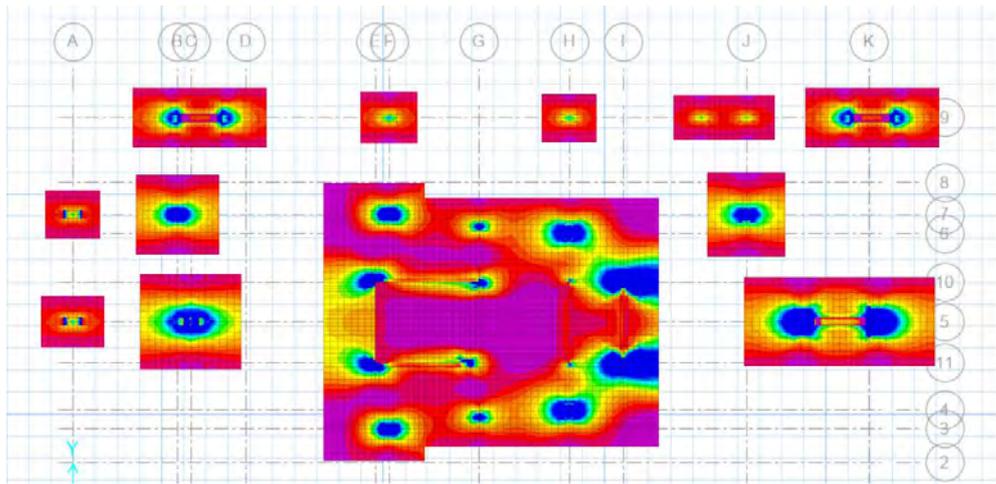


Ilustración 39. Diagrama de momento flector m_{22} en cimentaciones

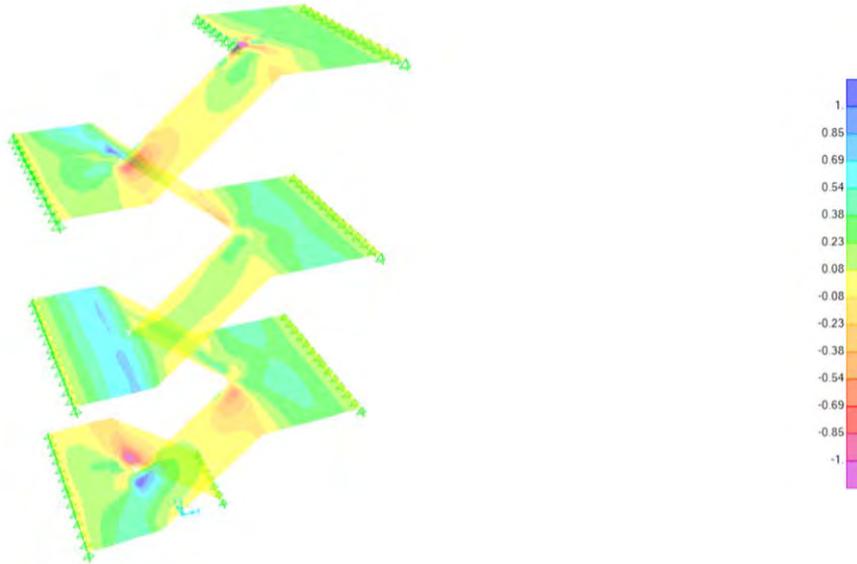


Ilustración 40. Modelo de la escalera en Sap 2000

Anexo 3. Capítulo: Instalaciones Eléctricas

Tabla 70. Tablero general de las instalaciones eléctricas

TABLERO GENERAL

Circuito	Tipo	Nombre	Potencia (Watts)	Corriente (A)	A MP	Cortacircuito	Interrup tor diferencial	Diseño	Inst. (Amp)	A W G	m 2	#ca ble s	Entub ado	Tierra
C-AG	3 p	Alimentación general	107008.9	0.9312.0	315	3x63A	4x63A		315			4		1-1x16 mm2 THW
C1	1 p	Alumbrado - estacionamientos	8137.5	1.036.99	40	2x40A	2x63A	2-1x10 mm2 TW	40	8	10	5	∅ 35 mm(L)	1-1x6 mm2 TW
C2	1 p	Alumbrado - recepción/oficina	1062.5	1.04.83	15	2x16A	2X25 A	2-1x2.5 mm2 TW	15	14	2.5	5	∅ 20 mm(L)	1-1x2.5 mm2 TW

C3	1 p	Alumbrado - áreas libres	1040.00	1.00	4.73	15	2x16A	2X25 A	2-1x2.5 mm2 TW	15	14	2.5	5	5	∅ 20 mm(L)	1-1x2.5 mm2 TW
C4	1 p	Alumbrado - áreas comunes	1810	1.00	8.23	15	2x16A	2X25 A	2-1x2.5 mm2 TW	15	14	2.5	5	5	∅ 20 mm(L)	1-1x2.5 mm2 TW
C5	1 p	Tomacorriente - estacionamientos	8137.5	0.95	38.94	40	2x40A	2x63A	2-1x10 mm2 TW	40	8	10	3		∅ 20 mm(L)	1-1x6 mm2 TW
C6	1 p	Tomacorriente - recepción/oficina	1062.5	0.95	5.08	15	2x16A	2X25 A	2-1x2.5 mm2 TW	15	14	2.5	3		∅ 15 mm(L)	1-1x2.5 mm2 TW
C7	3 p	Electrobomba 3HP	2237.1	0.90	6.52	15	3x16A	4x25A	3-1x2.5 mm2 THW	15	14	2.5	3		∅ 15 mm(P)	1-1x2.5 mm2 TW
C8	3 p	Ascensor	4600	1.00	12.07	15	3x16A	4x25A	3-1x2.5 mm2 THW	15	14	2.5	3		∅ 15 mm(P)	1-1x2.5 mm2 TW

C9	1 p	Puerta levadiza	375	1.00	1.70	15	2x16A	2X25 A	2-1x2.5 mm2 TW	15	14	2.5	3	∅ 15 mm(P)	1-1x2.5 mm2 TW
C10	1 p	Intercomunicador general	750	1.00	3.41	15	2x16A	2X25 A	2-1x2.5 mm2 TW	15	14	2.5	3	∅ 15 mm(P)	1-1x2.5 mm2 TW

TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN POR DEPARTAMENTO

Circuito	Tipo	Nombre	Potencia (Watts)	costo	Corriente (A)	AMP	Cortacircuito	Interruptor diferencial	Diseño	Inst. (Amp)	AWG	m2	#cables	Entubado	Tierra
C11	1p	Alumbrado - Dpto 20X	2165	1.00	9.84	15	2x16A	2X25A	2-1x2.5 mm2 TW	15	14	2.5	5	∅ 20 mm(L)	1-1x2.5 mm2 TW
C14	1p	Alumbrado - Dpto 20X	1856	1.00	8.44	15	2x16A	2X25A	2-1x2.5 mm2 TW	15	14	2.5	5	∅ 20 mm(L)	1-1x2.5 mm2 TW
C23	1p	Tomacorriente - Dpto 20X	2165	0.95	10.36	15	2x16A	2X25A	2-1x2.5 mm2 TW	15	14	2.5	3	∅ 15 mm(L)	1-1x2.5 mm2 TW

C26	1p	Tomacorriente - Dpto 20X	1856	0. 95	8.88	15	2x16A	2X25A	2-1x2.5 mm2 TW	15	14	2.5	3	ø 15 mm(L)	1-1x2.5 mm2 TW
C29	1p	Repostería Dpto 20X	2000	0. 90	10.10	15	2x16A	2X25A	2-1x2.5 mm2 TW	15	14	2.5	3	ø 15 mm(L)	1-1x2.5 mm2 TW
C32	3p	Cocina Dpto 20X	8000	0. 95	22.10	25	3x25A	4x40A	3-1x6 mm2 THW	25	10	6	4	ø 20 mm(P)	1-1x4 mm2 TW
C35	1p	Lavandería Dpto 20X	5500	0. 90	27.78	30	2x32A	2x40A	2-1x6 mm2 TW	30	10	6	3	ø 20 mm(P)	1-1x4 mm2 TW
C38	1p	Therma Dpto 20X	1500	1. 00	6.82	15	2x16A	2X25A	2-1x2.5 mm2 TW	15	14	2.5	3	ø 15 mm(P)	1-1x2.5 mm2 TW

Anexo 4. Tablero General

