UNICIT
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA
DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

DISEÑO ESTRUCTURAL Y ANÁLISIS SISMO RESISTENTE DE UNA VIVIENDA DE DOS NIVELES EN LA CIUDAD DE MANAGUA – LOS BRASILES.

Monografía para optar al título de Ingeniero Civil

Autor:

Br. Troy Estanislao Álvarez Choong

Asesor:

Ing. Javier Delgado

Managua, Nicaragua, julio 2026

Acrónimos y Siglas

En el presente apartado se detalla el significado de los símbolos, variables, acrónimos y siglas empleados a lo largo del documento, tanto en la memoria de cálculo estructural (apartado 9.2) como en el resto del cuerpo del trabajo.

Símbolos y variables de la memoria de cálculo (letras latinas)

Símbolo	Significado
a	Profundidad del bloque equivalente de esfuerzos de compresión en el concreto
a0	Coeficiente de aceleración sísmica del terreno (RNC-07)
A	Área de la sección transversal del elemento
Ab	Profundidad del bloque de esfuerzos en condición balanceada
Af	Área de la base de la zapata
Ag	Área bruta de la sección transversal de la columna
As	Área de acero de refuerzo a tracción
A's	Área de acero de refuerzo a compresión
Asmin	Área de acero mínima requerida por normativa
Asprov	Área de acero provista (colocada) en el elemento
Asreq	Área de acero requerida por el cálculo
Ay, By	Reacciones verticales en los apoyos A y B
b	Base o ancho de la sección transversal del elemento
bo	Perímetro crítico de la sección de falla por cortante (punzonamiento)
brazo	Distancia entre el borde de la columna y el borde de la zapata
c	Coeficiente sísmico de diseño
Cb	Profundidad al eje neutro en condición balanceada
ch	Contrahuella (altura vertical del escalón)

Cm	Factor que relaciona el diagrama de momentos real con uno uniforme equivalente
CM	Carga muerta
CV	Carga viva
D	Ancho tributario
d	Peralte efectivo de la sección
d'	Recubrimiento (distancia del borde de concreto al centroide del acero)
Df	Profundidad de desplante de la fundación
E	Módulo de elasticidad del material
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
Fb	Esfuerzo admisible a flexión
fb	Esfuerzo actuante a flexión
FS	Esfuerzo desarrollado en las barras de acero (verificación de fluencia)
FTR	Factor de topografía y rugosidad del terreno (análisis de viento)
fy	Esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo
h	Altura de la sección transversal, o huella del escalón, según el elemento analizado
hf	Espesor de la losa de la zapata
Hm	Altura proyectada de la huella del escalón
Ix	Momento de inercia de la sección respecto al eje x
K	Factor de longitud efectiva de la columna
L	Luz libre o longitud del elemento estructural
ld	Longitud de desarrollo recta del refuerzo
lhd	Longitud de desarrollo del refuerzo con gancho estándar
Lu	Longitud no arriostrada del elemento
M	Momento flector
Mcm	Momento producido por carga muerta
Mcv1, Mcv2	Momento producido por carga viva (componente puntual y distribuida, respectivamente)
MCVT	Momento total producido por carga viva
Mn	Momento nominal resistente de la sección
Mnb	Momento nominal resistente en condición balanceada

Mp	Momento producido por una carga puntual
Mu	Momento último (de diseño)
Muxx, Muyy	Momento último en los ejes x y y, respectivamente
Mv	Momento de volcamiento
Mw	Momento producido por una carga distribuida
Mx, My	Momento total en el eje x y en el eje y, respectivamente
P	Carga puntual
Pc	Fuerza de compresión calculada
Px, Py	Componentes de la carga puntual en los ejes x y y
Pu	Carga axial última (de diseño)
Q	Factor de comportamiento sísmico (ductilidad de la estructura)
q	Carga uniformemente distribuida, o capacidad soporte del suelo, según el contexto
qmax, qmin	Presión máxima y mínima transmitida al suelo por la fundación
qN	Capacidad de carga neta del terreno
qnav	Presión neta promedio bajo la base de la zapata
qnmax	Presión neta máxima bajo la base de la zapata
qs	Presión de contacto entre el suelo y la fundación
qu	Capacidad soporte última del suelo
Ru	Resistencia requerida a flexión (parámetro auxiliar de cálculo)
S	Separación entre varillas de refuerzo, o factor de sitio (tipo de suelo), según el contexto
Sc	Sobrecarga
Smax	Separación máxima permitida entre varillas de refuerzo
Sx, Sy	Módulo de sección respecto al eje x y al eje y
Sway	Indicador de si la columna corresponde a un nudo desplazable (traslacional)
t	Espesor de la losa
V	Fuerza cortante
Vc	Resistencia al cortante proporcionada por el concreto
VD	Velocidad de diseño del viento
Vn	Resistencia nominal al cortante
VR	Velocidad regional del viento

Vs	Resistencia al cortante proporcionada por el acero de refuerzo
Vu	Fuerza cortante última (de diseño)
Vud	Cortante último de diseño ajustado a la sección crítica
w	Peso propio por unidad de longitud, o carga distribuida, según el contexto
w1, w2	Carga distribuida en el tramo de escalera y en el descanso, respectivamente
Wu	Carga última (mayorada)
wx, wy	Componentes de la carga distribuida en los ejes x y y

Letras griegas empleadas en la memoria de cálculo

Símbolo	**Significado**
βc	Relación entre el lado mayor y el lado menor de la sección de la columna
δ	Densidad o peso volumétrico del suelo
δns	Factor de amplificación de momentos por efecto de esbeltez
Δ	Deflexión real del elemento
Δmax	Asentamiento máximo permisible de la fundación
Δperm	Deflexión permisible según normativa
ΔT	Deflexión total del elemento
θ	Ángulo de inclinación (pendiente del techo)
ρ	Cuantía de acero de refuerzo
ρmin	Cuantía mínima de acero de refuerzo exigida por normativa
φ	Factor de reducción de resistencia
φMn	Momento nominal resistente reducido por el factor φ
φVn	Resistencia nominal al cortante reducida por el factor φ
Ω	Factor de sobrerresistencia (RNC-07)

Acrónimos y siglas institucionales y normativas

Sigla / Acrónimo	Significado
RNC-07	Reglamento Nacional de la Construcción de Nicaragua (2007)
NSN-001	Norma Sismorresistente para Managua
ACI	American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto)
ACI 318	Building Code Requirements for Structural Concrete (Código de Requisitos para el Concreto Estructural)
AISC	American Institute of Steel Construction (Instituto Americano de Construcción en Acero)
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
INIFOM	Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal
MTI	Ministerio de Transporte e Infraestructura
CISMID-UNI	Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, Universidad Nacional de Ingeniería (Perú)
RAM Elements	Software de análisis y diseño estructural utilizado para la verificación de columnas y zapatas
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería (Nicaragua)
UNICIT	Universidad Iberoamericana de Ciencia y Tecnología
Grupo B	Clasificación de la edificación según su importancia, conforme al RNC-07
Zona C	Zona de amenaza sísmica correspondiente a la ciudad de Managua, según el mapa de zonificación del RNC-07

Unidades de medida no convencionales empleadas

Unidad	Significado
psi	Libras por pulgada cuadrada (pounds per square inch), unidad de esfuerzo
ksi	Kilolibras por pulgada cuadrada (equivale a 1,000 psi)
kip	Kilolibra-fuerza (equivale a 1,000 libras-fuerza)
Ton	Tonelada métrica

Nota: la numeración de las varillas de acero de refuerzo (por ejemplo, No. 3, No. 4) sigue la designación estándar en octavos de pulgada de diámetro; así, la varilla No. 4 corresponde a 4/8" = 1/2" de diámetro, y la varilla No. 3 corresponde a 3/8" de diámetro.

Dedicatoria

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por haberme dado la sabiduría, la fortaleza y la salud necesarias para culminar esta etapa de mi formación profesional.

A mi papá, por su apoyo incondicional en cada paso de este camino, por impulsarme a seguir adelante en los momentos de duda, por corregirme cuando fue necesario, y por creer en mí incluso cuando yo mismo dudaba de poder lograrlo. Sin Dios y sin él, no habría sido posible alcanzar esta meta.

A mi mamá, por su cariño, su paciencia y su apoyo constante durante todos estos años de estudio.

Este logro también es de ellos.

Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios, por permitirme llegar hasta este punto de mi carrera con salud, perseverancia y la capacidad de superar cada obstáculo que se presentó en el camino.

A mi papá y a mi mamá, por su apoyo incondicional, sus consejos y su acompañamiento constante durante toda mi formación académica; sin su esfuerzo y su confianza, este logro no habría sido posible.

Al MSc. Javier Delgado, docente asesor de este trabajo, por su orientación, disponibilidad y acompañamiento durante el desarrollo de la presente monografía.

A la Universidad Iberoamericana de Ciencia y Tecnología (UNICIT), por brindarme las herramientas académicas y la formación necesarias para mi desarrollo profesional.

Y a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron con su apoyo, tiempo o conocimiento a la realización de este trabajo.

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo desarrollar el diseño estructural y el análisis sismo resistente de una vivienda de dos niveles en concreto reforzado, ubicada en la comarca Los Brasiles, ciudad de Managua, tomando como base una propuesta arquitectónica previamente elaborada, y aplicando los criterios establecidos en el Reglamento Nacional de la Construcción (RNC-07), la Norma Sismo Resistente NSN-001 y el Código ACI 318, con el fin de garantizar su seguridad estructural, funcionalidad y estabilidad ante las condiciones sísmicas propias de la zona. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, descriptivo y con diseño no experimental, mediante la modalidad de estudio de caso único; se emplearon la observación directa y el análisis documental para recopilar información sobre la propuesta arquitectónica existente y las condiciones del sitio, complementadas con cálculo estructural manual y verificación mediante el software RAM Elements bajo el Código ACI 318-2019. Los resultados evidenciaron que todos los elementos estructurales diseñados —cubierta, columnas, vigas, zapata aislada, losa de entrepiso y gradas— cumplen satisfactoriamente los estados límite de resistencia y de servicio exigidos por la normativa vigente, con márgenes de seguridad adecuados y deflexiones dentro de los límites permisibles. Se concluye que la propuesta estructural desarrollada, con base en el diseño arquitectónico existente, garantiza condiciones seguras, estables y funcionales para la vivienda, confirmando la hipótesis planteada y demostrando la viabilidad técnica y económica de incorporar un diseño sismo resistente formal en la vivienda unifamiliar de baja altura en zonas de alta amenaza sísmica como Los Brasiles

Palabras clave: diseño sismo resistente, análisis estructural, concreto reforzado, vivienda de dos niveles, Los Brasiles

Índice

I. Introducción 1
II. Planeamiento del problema 3
III. Justificación del estudio 5
IV. Objetivos 7
4.1 Objetivo principal. 7
4.2 Objetivos específicos. 7
V. Hipótesis del estudio 8
VI. Alcances y delimitaciones 9
6.1 Alcances del estudio 9
6.2 Delimitaciones del estudio 10
VII. Marco Teórico 12
7.1 Estado del arte 12
7.2 Perspectivas teóricas asumidas 13
7.3 Revisión de literatura previa 15
7.4 Marco Conceptual. 16
7.5 Variables e indicadores 18
Variable Independiente: 18
Indicadores: 18
Variable Dependiente: 18
Indicadores: 18
VIII. Diseño Metodológico. 19
8.1 Enfoque de la investigación 19
8.2 Diseño de investigación o tipo de estudio 19
8.3 Población y muestra 20
8.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos 21
8.5 Procedimientos o etapas de trabajo de campo 22
8.6 Técnicas de análisis estadístico 23
IX. Resultados. 24
9.1 Criterios generales de diseño y descripción del proyecto 24
9.2 Memoria de cálculo estructural 39
9.2.1 Diseño de la cubierta de techo (perlines y viga metálica) 39
9.2.2 Diseño de columnas de concreto reforzado 45
9.2.3 Diseño de vigas de concreto reforzado 50
9.2.4 Diseño de fundaciones (zapatas aisladas) 54
9.2.5 Diseño de gradas 64

9.2.6 Diseño de losa de entrepiso 68
X. Discusión 70
XI. Conclusiones 72
XII. Recomendaciones 75
12.1 A nivel constructivo y profesional 75
12.2 A nivel institucional 76
12.3 Para futuras investigaciones 76
XIII. Referencias 78
XIV. Anexos 79
Imagen #1 Terreno de construcción 79
Imagen #2 Planta Arquitectónica (Planta Baja y Planta Alta) 80
Imagen #3 Elevaciones y Corte A-A 81
Tabla #1 Perfiles de perlines tipo canal (C) 82
Tabla #2 Cajas de perlines (perfiles tipo caja) 83

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de zonificación sísmica de Nicaragua (RNC-07)

Figura 2. Mapa de isoaceleraciones — RNC-07, Anexo C

Figura 3. Mapa de zonificación eólica de Nicaragua (RNC-07)

Figura 4. Fotografía del terreno de construcción

Figura 5. Verificación de columnas — RAM Elements

Figura 6. Verificación de zapatas — RAM Elements

Figura 7. Reacción del terreno bajo la zapata — RAM Elements

Figura 8. Planta de fundaciones

Figura 9. Planta arquitectónica (planta baja y planta alta)

Figura 10. Elevaciones y corte A-A

Índice de Tablas

Tabla 1. Símbolos utilizados en la memoria de cálculo

Tabla 2. Factores de amplificación por tipo de suelo

Tabla 3. Coeficientes Cp para construcciones cerradas

Tabla 4. Perfiles de perlines tipo canal (C)

Tabla 5. Cajas de perlines (perfiles tipo caja)

I. Introducción

El nombre de la presente investigación es diseño estructural y análisis sismo resistente de una vivienda de dos niveles ubicada en la comarca Los Brasiles, Managua. El proyecto aborda la aplicación de normativas vigentes y criterios de ingeniería civil para garantizar que una edificación de concreto reforzado, proyectada a partir de una propuesta arquitectónica ya elaborada, responda de manera eficiente ante las solicitudes dinámicas características de la región.

La relevancia de este estudio radica en la ubicación geográfica de la ciudad de Managua, situada en una zona de alta peligrosidad sísmica debido a la interacción tectónica entre las placas de Coco y Caribe. Históricamente, esta actividad ha provocado desastres estructurales significativos en la capital. Por tanto, es indispensable que las nuevas edificaciones no solo cumplan con estándares de habitabilidad, sino que prioricen la seguridad estructural. Se ha seleccionado el concreto reforzado como sistema constructivo debido a su alta resistencia a la compresión, rigidez ante vibraciones, durabilidad frente al fuego y la disponibilidad de materiales en el entorno local, factores que optimizan la relación costo-mantenimiento a largo plazo.

El estudio se pensó y organizó de forma secuencial: parte de la propuesta arquitectónica ya elaborada para la vivienda de dos niveles, y a partir de ella se procede al modelado estructural y análisis de cargas para asegurar que dicha configuración sea compatible con los criterios de sismo resistencia, garantizando una respuesta mecánica eficiente de todos los elementos (vigas, columnas y fundaciones); se delimita durante el periodo correspondiente de marzo a julio del año 2026.

Se empleó un método con **enfoque cualitativo y analítico**. La metodología se basa en el cumplimiento del **Reglamento Nacional de Construcción (RNC-07)** y las normas del **American Concrete Institute (ACI 318)**. Se utilizarán herramientas de software especializadas para el cálculo de esfuerzos y deformaciones, aplicando el método de diseño

por resistencia última y un análisis sísmico estático o dinámico según las características del sitio.

II. Planteamiento del problema

La ciudad de Managua se encuentra ubicada en una región de **extrema peligrosidad sísmica** y un complejo sistema de fallas geológicas locales que han provocado desastres estructurales devastadores, los cuales evidenciaron que la falta de normativas y el uso de sistemas constructivos vulnerables, como la mampostería sin refuerzo, resultan en pérdidas humanas y materiales masivas.

En la actualidad, aunque existen normativas nacionales e internacionales, todavía persiste la problemática relacionada con el diseño y construcción de viviendas que no integran correctamente los criterios arquitectónicos y estructurales necesarios para resistir eventos sísmicos.

Particularmente, en la comarca Los Brasiles, las condiciones sísmicas y del suelo requieren que las viviendas sean proyectadas bajo parámetros técnicos que garanticen estabilidad, resistencia y funcionalidad. Sin embargo, en numerosos proyectos habitacionales prevalece la prioridad por aspectos económicos o estéticos sobre la seguridad estructural, provocando construcciones vulnerables ante movimientos telúricos.

Ante esta situación, surge la necesidad de investigar de qué manera puede desarrollarse un diseño y análisis estructural sismo resistente para una vivienda de dos niveles en concreto reforzado, que cumpla con los reglamentos vigentes y responda adecuadamente a las exigencias sísmicas de la zona, tomando como base una propuesta arquitectónica ya elaborada. El problema central de esta investigación consiste en determinar cómo integrar dicha propuesta arquitectónica funcional con un sistema estructural seguro y eficiente, capaz de soportar las cargas gravitacionales y sísmicas sin comprometer la estabilidad de la edificación ni la seguridad de sus ocupantes.

Por tanto, la investigación se enfoca en el estudio, diseño y análisis estructural de una vivienda de dos plantas ubicada en la comarca Los Brasiles, con base en una propuesta arquitectónica previamente elaborada, aplicando criterios de diseño por

resistencia última y normativas vigentes, con el propósito de garantizar un comportamiento estructural adecuado ante la amenaza sísmica existente en la ciudad de Managua.

A partir de lo anterior, se formula la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué manera el diseño y análisis estructural, basado en las normativas RNC-07, NSN-001 y ACI 318 y desarrollado a partir de una propuesta arquitectónica existente, garantizan la seguridad estructural y funcionalidad de una vivienda de dos niveles ubicada en la comarca Los Brasiles, Managua, frente a las condiciones sísmicas de la zona?

III. Justificación del estudio

La presente investigación se desarrolla debido a la necesidad de diseñar viviendas seguras y funcionales en la ciudad de Managua, específicamente en la comarca Los Brasiles, una zona altamente vulnerable a la actividad sísmica por la interacción de las placas tectónicas de Coco y Caribe y la presencia de fallas geológicas locales. Se elige este tema porque históricamente los terremotos ocurridos en la ciudad de Managua, especialmente los de 1931 y 1972, evidenciaron las graves consecuencias que puede provocar la ausencia de criterios adecuados de diseño estructural y construcción sismo resistente. A pesar de la existencia de normativas como el Reglamento Nacional de Construcción (RNC-07) y el ACI 318, aún existe la necesidad de promover proyectos que integren correctamente el diseño arquitectónico con el análisis estructural, garantizando edificaciones capaces de resistir eventos sísmicos y proteger la vida humana.

La investigación se realizó con el propósito de desarrollar el diseño y análisis estructural de una vivienda de dos niveles en concreto reforzado, con base en una propuesta arquitectónica ya elaborada, que cumpla con las disposiciones técnicas y normativas vigentes para la ciudad de Managua. Además, busca demostrar la importancia de aplicar criterios de ingeniería sismo resistente en viviendas de baja altura, mediante el análisis de cargas, comportamiento estructural y diseño de elementos como vigas, columnas y fundaciones. Con ello se pretende asegurar que la vivienda posea estabilidad, funcionalidad, resistencia y durabilidad ante las condiciones sísmicas propias del sitio de estudio. Asimismo, este trabajo servirá como referencia académica y técnica para futuras investigaciones y proyectos relacionados con edificaciones residenciales en zonas de amenaza sísmica.

Los principales beneficiados con esta investigación son, en primer lugar, el dueño del terreno, quien contará con una edificación más segura y confiable frente a eventos sísmicos. De igual manera, se benefician estudiantes y profesionales de las áreas de ingeniería civil y arquitectura, ya que el estudio aporta información técnica sobre la

aplicación práctica de normativas estructurales y métodos de diseño sismo resistente. También puede representar un aporte para instituciones y entidades constructoras, promoviendo una cultura de construcción responsable y el desarrollo de proyectos habitacionales que prioricen la seguridad estructural y la reducción de riesgos en la ciudad de Managua y otras zonas con características similares.

IV. Objetivos

En el presente acápite se describe: el objetivo general y los objetivos específicos.

4.1 Objetivo principal.

Desarrollar el diseño estructural y el análisis sismo resistente de una vivienda de dos niveles en concreto reforzado ubicada en la comarca Los Brasiles, con base en una propuesta arquitectónica previamente elaborada, aplicando los criterios establecidos en el Reglamento Nacional de Construcción (RNC-07), la Norma Sismo Resistente NSN-001 y el ACI 318, con el fin de garantizar seguridad estructural, funcionalidad y estabilidad ante las condiciones sísmicas de la ciudad de Managua.

4.2 Objetivos específicos.

- Describir la propuesta arquitectónica existente, previamente elaborada, para una vivienda de dos niveles, con el fin de establecer la geometría, la distribución de espacios y las condiciones base para el análisis y diseño estructural.
- Aplicar los requisitos establecidos en el Reglamento Nacional de Construcción (RNC-07), la Norma Sismo Resistente NSN-001 y el ACI 318 en el análisis y diseño estructural de la vivienda.
- Evaluar el comportamiento estructural de la vivienda mediante herramientas y modelos de análisis estructural, verificando el cumplimiento de los parámetros de seguridad y funcionalidad establecidos por las normativas vigentes.

V. Hipótesis del estudio

La aplicación de un análisis y diseño estructural riguroso, desarrollado a partir de una propuesta arquitectónica funcional ya elaborada y basado en el cumplimiento estricto del Reglamento nacional de la construcción (RNC-07), la Norma sismo resistente NSN-001 y las normas del American concrete institute (ACI 318), permitirá garantizar la seguridad estructural y la estabilidad de una vivienda de dos niveles en la comarca Los Brasiles.diseño arquitectónico funcional con un análisis estructural riguroso, basado en el cumplimiento estricto del Reglamento nacional de la construcción (RNC-07), la Norma sismo resistente NSN-001 y las normas del American concrete institute (ACI 318), permitirá garantizar la seguridad estructural y la estabilidad de una vivienda de dos niveles en la comarca Los Brasiles. Se postula que el uso de concreto reforzado como sistema constructivo principal, diseñado bajo el último método de resistencia, proporcionará una respuesta mecánica eficiente y una adecuada disipación de energía ante las aplicaciones dinámicas, mitigando significativamente el riesgo de colapso frente a la alta peligrosidad sísmica característica de la ciudad de Managua.

Es importante señalar que, dado que la presente investigación corresponde a un estudio de tipo aplicado, descriptivo y de diseño no experimental, con alcance proyectivo, la comprobación de esta hipótesis no se realiza mediante pruebas de significancia estadística, sino a través de la verificación del cumplimiento de los parámetros normativos (RNC-07, NSN-001 y ACI 318) y de los resultados obtenidos en el análisis estructural, presentados y contrastados en el capítulo de Resultados de la presente investigación.

VI. Alcances y delimitaciones

El presente apartado contiene los alcances y las delimitaciones del estudio.

6.1 Alcances del estudio

La presente investigación tiene como alcance el desarrollo del diseño estructural y el análisis sismo resistente de una vivienda de dos niveles en concreto reforzado, ubicada en la comarca Los Brasiles, ciudad de Managua, con base en una propuesta arquitectónica ya elaborada. El estudio se enfoca en la aplicación de criterios estructurales y normativos que permitan garantizar la funcionalidad, estabilidad y seguridad de la edificación frente a las condiciones sísmicas propias de la zona.

La investigación parte de una propuesta arquitectónica ya elaborada, que contempla la distribución de espacios habitacionales, las necesidades funcionales de los usuarios, condiciones de habitabilidad, ventilación, iluminación y organización espacial de la vivienda; dicha propuesta arquitectónica no fue elaborada como parte de este trabajo, sino que se tomó como dato de entrada para el análisis y diseño estructural.

Asimismo, comprende el análisis estructural de los principales elementos resistentes de la edificación, tales como vigas, columnas, losas y fundaciones, mediante la aplicación de criterios de diseño por resistencia última y métodos de análisis sísmico establecidos en el Reglamento Nacional de la Construcción (RNC-07), la Norma Sismo Resistente NSN-001 y el ACI 318.

El estudio incluirá la determinación y evaluación de cargas muertas, cargas vivas y cargas sísmicas que actuarán sobre la estructura, considerando las características geotécnicas y sísmicas del sitio de emplazamiento. También se utilizan herramientas y software especializados para el modelado y análisis estructural de la vivienda, permitiendo verificar desplazamientos, esfuerzos, deformaciones y comportamiento dinámico de la estructura.

La investigación tiene un enfoque cuantitativo y analítico, orientado a demostrar la importancia del diseño sismo resistente en viviendas de baja altura ubicadas en zonas de amenaza sísmica.

6.2 Delimitaciones del estudio

La presente investigación se delimita exclusivamente al diseño y análisis estructural sismo resistente de una vivienda unifamiliar de dos niveles construida en concreto reforzado, ubicada en la comarca Los Brasiles, Managua, a partir de una propuesta arquitectónica previamente elaborada y ajena al presente trabajo.

El estudio se enfoca únicamente en la aplicación de criterios estructurales relacionados con la seguridad sísmica de la edificación, por lo que no incluye el diseño arquitectónico ni el diseño detallado de instalaciones eléctricas, hidrosanitarias, sanitarias especiales, sistemas mecánicos ni sistemas de climatización.

De igual manera, la investigación no contempla la elaboración de presupuestos detallados, análisis financieros, programación completa de obra o estudios administrativos relacionados con costos y ejecución del proyecto constructivo.

Las evaluaciones desarrolladas estan basadas en las condiciones sísmicas, geotécnicas y normativas específicas de la comarca Los Brasiles y de la ciudad de Managua; por tanto, los resultados obtenidos no podrán generalizarse directamente a otras zonas geográficas sin realizar los ajustes correspondientes según las características del suelo, amenaza sísmica y reglamentaciones locales.

Asimismo, el estudio no incluye ensayos experimentales de laboratorio sobre materiales de construcción ni pruebas físicas a escala real de los elementos estructurales diseñados. Los análisis se realizan mediante cálculos teóricos, criterios normativos y modelación computacional.

La investigación tampoco abarcará estudios ambientales, impacto urbano, diseño interior, paisajismo, eficiencia energética avanzada o análisis de sostenibilidad de la vivienda, ya que estos aspectos quedan fuera del objetivo principal del proyecto de investigación.

Finalmente, el alcance temporal de la investigación está limitado al periodo académico comprendido entre marzo y julio de 2026, considerando únicamente la fase de diseño y análisis técnico del proyecto, sin incluir la ejecución o supervisión constructiva de la obra.

Variable: Diseño y análisis estructural sismo resistente

Indicador: Nivel de seguridad y funcionalidad estructural de la vivienda

VII. Marco Teórico

En el presente capitulo se describe: El estado del arte, las perspectivas teóricas asumidas, la revisión de literatura previa, el marco conceptual y las variables e indicadores del estudio.

7.1 Estado del arte

En las últimas décadas, el diseño arquitectónico y estructural sismo resistente ha adquirido gran relevancia en países ubicados en zonas de alta amenaza sísmica, debido a la necesidad de reducir pérdidas humanas y materiales ocasionadas por terremotos.

Diversos estudios han demostrado que la adecuada integración entre el diseño arquitectónico, la selección del sistema estructural y la aplicación de normas sísmicas mejora significativamente el desempeño de las edificaciones ante eventos telúricos.

Según Cerda Ortiz et al. (2018), el diseño estructural basado en marcos dúctiles de concreto reforzado permite aumentar la capacidad de disipación de energía en edificaciones de baja altura, reduciendo el riesgo de colapso estructural.

Por su parte, CISMID-UNI (2018) evaluó la vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos niveles en Perú, concluyendo que muchas edificaciones presentan deficiencias en rigidez, confinamiento estructural y cumplimiento normativo.

En Nicaragua, los estudios desarrollados por INETER e INIFOM han permitido establecer normas específicas de diseño sismo resistente, reconociendo la alta amenaza sísmica del territorio nacional y la necesidad de aplicar criterios técnicos rigurosos en el diseño de viviendas.

Aunque existen investigaciones relacionadas con el comportamiento sísmico de edificaciones, aún se requiere fortalecer estudios aplicados al diseño integral de viviendas unifamiliares que combinen funcionalidad arquitectónica y seguridad estructural bajo normativa nacional vigente.

Localización del terreno



Fotografía del terreno de construcción en la comarca Los Brasiles, Managua.

7.2 Perspectivas teóricas asumidas

La presente investigación se sustenta en diferentes perspectivas teóricas relacionadas con la ingeniería estructural sismo resistente.

Teoría de la elasticidad y plasticidad estructural

Esta teoría establece que los materiales estructurales tienen la capacidad de deformarse ante la acción de cargas externas. En el rango elástico, la estructura recupera su forma original; mientras que en el rango plástico puede deformarse sin colapsar inmediatamente, permitiendo disipar energía durante un sismo.

La teoría de la plasticidad es fundamental para comprender el comportamiento de los materiales cuando se someten a esfuerzos que exceden su límite. Según Chen y Hand (2007), la plasticidad se refiere a la propiedad de un material que le permite sufrir deformaciones permanentes sin fracturarse cuando se somete a cargas.

Teoría de vibraciones estructurales

Explica el comportamiento dinámico de las estructuras cuando son sometidas a cargas variables en el tiempo, como los terremotos. Esta teoría permite estudiar frecuencias naturales, resonancia, desplazamientos y aceleraciones.

Dinámica estructural

Analiza la respuesta de las edificaciones ante fuerzas dinámicas, considerando masa, rigidez y amortiguamiento, aspectos esenciales en el diseño sísmico de viviendas.

Chopra (2020) destaca que la dinámica estructural permite comprender cómo las edificaciones responden ante cargas sísmicas a lo largo del tiempo, considerando propiedades como la masa, la rigidez y el amortiguamiento.

Teoría del diseño sismo resistente

Se basa en el principio de que una estructura debe resistir fuerzas sísmicas sin colapsar, permitiendo deformaciones controladas y protegiendo la vida de los ocupantes.

Diseño arquitectónico residencial

El diseño arquitectónico es el proceso mediante el cual se organiza y configura un espacio construido para satisfacer necesidades funcionales, estéticas, ambientales y técnicas. Según Ching (2015), el diseño arquitectónico no consiste únicamente en la composición formal de espacios, sino en la integración armónica entre función, estructura, contexto y tecnología constructiva.

En el caso de una vivienda unifamiliar, el diseño arquitectónico debe responder a las necesidades específicas de habitabilidad de una familia, considerando:

funcionalidad espacial, confort, circulación, iluminación, ventilación, seguridad, privacidad, integración estructural.

7.3 Revisión de literatura previa

Alvarado y González (2009) desarrollaron un estudio sobre el análisis y diseño estructural de una vivienda de dos plantas en Managua, demostrando la importancia de considerar las cargas sísmicas desde la etapa inicial del diseño.

Torres y Ramírez (2016) evaluaron el comportamiento sísmico de viviendas de albañilería confinada en Arequipa, concluyendo que el cumplimiento normativo mejora significativamente la resistencia estructural.

Cerda Ortiz et al. (2018) diseñaron una estructura sismo resistente basada en marcos dúctiles de concreto reforzado, identificando que la ductilidad estructural es un factor clave en la reducción de daños sísmicos.

Chopra (2020), en su obra sobre dinámica estructural aplicada a la ingeniería sísmica, establece que el análisis dinámico permite predecir desplazamientos, fuerzas internas y comportamiento estructural ante registros sísmicos.

INETER (2001) y el Reglamento Nacional de la Construcción (RNC-07) proporcionan criterios normativos fundamentales para el diseño estructural sismo resistente en Nicaragua.

El Instituto Americano del Concreto (ACI, 2019) establece lo siguiente:

> El diseño del concreto estructural debe basarse en datos de ingeniería aprobados y debe estar de acuerdo con las disposiciones de este Código. Este Código regirá el diseño y la construcción del concreto estructural utilizado en edificaciones y, cuando sea aplicable, en estructuras no edificables. El Código está destinado a cubrir todos los aspectos del diseño y la construcción del concreto estructural, incluyendo resistencia, funcionalidad, durabilidad y resistencia al fuego (ACI, 2019, p. 1).

El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, en su Norma Sismorresistente para Managua (INETER, 2001), establece lo siguiente:

> Toda estructura debe ser diseñada de tal forma que tenga capacidad de resistir, sin colapso, las solicitaciones generadas por sismos severos, aunque se acepten ciertos daños estructurales o no estructurales. El diseño debe asegurar un comportamiento dúctil y controlado, permitiendo la disipación de energía mediante deformaciones inelásticas en zonas estructuralmente previstas (INETER, 2001, p. 18).

El RNC-07 establece reglas básicas que deben seguirse al construir edificios para que puedan resistir terremotos. Estas reglas se aplican tanto a construcciones nuevas como a las ya existentes, teniendo en cuenta el lugar donde se ubican, su función y el tipo de estructura que tienen (MTI e INETER, 2007).

Estas investigaciones sirven como base para el presente estudio, ya que aportan criterios técnicos, normativos y metodológicos aplicables al diseño estructural de viviendas en zonas sísmicas.

7.4 Marco Conceptual.

Diseño arquitectónico

Es el proceso de planificación y organización de espacios habitables considerando funcionalidad, estética, seguridad, confort y necesidades del usuario.

Diseño estructural

Es el proceso de dimensionamiento y análisis de elementos resistentes de una edificación para soportar cargas permanentes, variables y sísmicas sin fallar.

Ductilidad estructural

Es la capacidad de una estructura para deformarse sin colapsar, disipando energía durante un evento sísmico.

Rigidez estructural

Es la resistencia que presenta una estructura frente a deformaciones producidas por cargas externas.

Dinámica estructural

Disciplina que estudia la respuesta de las estructuras ante cargas variables en el tiempo.

Isoaceleración sísmica

Representa zonas o puntos con igual aceleración sísmica, utilizada para estimar fuerzas sísmicas de diseño.

Seguridad estructural

Capacidad de una edificación para soportar acciones externas sin comprometer la estabilidad ni la vida de sus ocupantes.

Funcionalidad de la vivienda

Capacidad de la vivienda para satisfacer necesidades espaciales, habitacionales y de confort del usuario.

Cargas sísmicas.

Las cargas sísmicas son fuerzas dinámicas que actúan sobre una estructura como resultado del movimiento del suelo durante un terremoto.

7.5 Variables e indicadores

Variable Independiente:

Diseño y análisis estructural sismo resistente

Indicadores:

- Geometría y dimensiones estructurales derivadas de la propuesta arquitectónica existente
- Cargas de diseño (muertas, vivas y sísmicas)
- Diseño de elementos estructurales (vigas, columnas y fundaciones)
- Método de análisis sísmico aplicado (estático equivalente o dinámico)
- Cumplimiento normativo (RNC-07, NSN-001 y ACI 318)

Variable Dependiente:

Seguridad estructural y funcionalidad de la vivienda

Indicadores:

- Desplazamientos y derivas de entrepiso
- Capacidad de resistencia de los elementos estructurales
- Nivel de cumplimiento normativo
- Funcionalidad y habitabilidad de los espacios

VIII. Diseño Metodológico.

En la presente sección se describe: el enfoque de la investigación, diseño de investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, procedimientos o etapas de trabajo de campo y técnicas de análisis estadístico.

8.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se centra en el análisis técnico-numérico del comportamiento estructural de la vivienda sismo resistente, a partir de datos medibles como cargas, esfuerzos, deformaciones y parámetros normativos.

La observación directa y el análisis documental permitieron recopilar información sobre las condiciones del terreno y la normativa técnica aplicable, insumos que se incorporaron al análisis técnico-numérico como datos de entrada para el modelado y cálculo estructural.

El análisis se centró en el comportamiento estructural y sísmico de la vivienda, a través del uso de cálculos matemáticos, aplicación de normas técnicas (RNC-07, NSN-001 y ACI 318), modelado estructural, determinación de cargas sísmicas, análisis de desplazamientos, materiales y evaluación del comportamiento dinámico de la estructura.

Este enfoque permitió obtener una visión técnica integral del proyecto, garantizando la seguridad estructural de la vivienda a partir de la propuesta arquitectónica existente.

8.2 Diseño de investigación o tipo de estudio

La investigación corresponde a un **estudio de tipo aplicado, descriptivo y de diseño no experimental**

Es aplicado, porque busca resolver una necesidad concreta mediante el desarrollo de una propuesta estructural sismo resistente para una vivienda de dos plantas, con base en una propuesta arquitectónica previamente elaborada.

Es **descriptivo**, porque analiza y caracteriza variables relacionadas con el diseño arquitectónico, comportamiento estructural, cargas sísmicas y normativas técnicas, describiendo su influencia sobre la seguridad estructural y funcionalidad de la vivienda.

Es **no experimental**, porque no se manipulan deliberadamente las variables de estudio; únicamente se analizan las condiciones existentes del terreno, requerimientos del usuario, normativas sísmicas y comportamiento estructural mediante métodos de cálculo y modelado técnico.

Asimismo, el estudio tiene un alcance proyectivo, ya que culmina con la propuesta de diseño estructural, desarrollada a partir de la propuesta arquitectónica existente, como solución técnica al problema planteado.

8.3 Población y muestra

Población

La población de este estudio corresponde a las viviendas unifamiliares de dos niveles construidas en concreto reforzado, emplazadas en zonas de amenaza sísmica similares a las de la comarca Los Brasiles, ciudad de Managua, que requieren un diseño estructural sismo resistente conforme al Reglamento Nacional de la Construcción (RNC-07), la Norma Sismo Resistente NSN-001 y el ACI 318.

Muestra

Debido a que la presente investigación corresponde a un estudio de tipo aplicado, con diseño no experimental y alcance proyectivo, se trabajó bajo la modalidad de estudio de caso. Por tanto, la muestra es de tipo no probabilística e intencional, constituida por un caso único: la vivienda unifamiliar de dos niveles objeto de este estudio, ubicada en la comarca Los Brasiles, Managua, sobre la cual se desarrolla el diseño y el análisis estructural sismo resistente, con base en la propuesta arquitectónica existente.

La información específica del terreno y la normativa técnica aplicable, utilizada como insumo para el desarrollo de la propuesta, se detalla en el apartado 8.4, como parte de las fuentes empleadas en la recolección de datos.

La selección de la muestra responde a la naturaleza particular del proyecto y a la necesidad de diseñar una solución específica para un caso real.

8.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la obtención de información necesaria en el desarrollo de la investigación se emplearon las siguientes técnicas e instrumentos:

- **Permitió evaluar las condiciones físicas del terreno, accesos, topografía, entorno urbano, servicios básicos disponibles y factores condicionantes que influyen en el diseño estructural.**

- **Análisis documental**

Consistió en la revisión de normas técnicas, bibliografía especializada, estudios previos, reglamentos de construcción y documentos relacionados con el diseño sismo resistente.

Instrumentos

-

- Ficha de observación de campo.
- Lista de verificación técnica.
- Formatos de recopilación de datos estructurales.
- Software de modelado y análisis estructural (según el utilizado en el proyecto).

8.5 Procedimientos o etapas de trabajo de campo

El desarrollo de la investigación se realizó en las siguientes etapas:

Etapa 1: Recopilación de información preliminar

Se realizó la revisión de información básica relacionada con el terreno y la normativa técnica aplicable al proyecto.

Etapa 2: Inspección y observación del sitio

Se efectuó la visita al terreno en abril del presente año para identificar características topográficas, accesibilidad, servicios existentes, condiciones del entorno y posibles restricciones constructivas (ver Anexo #1).

Etapa 3: Revisión documental y normativa

Se analizaron reglamentos y normas técnicas aplicables al diseño estructural sismo resistente, especialmente RNC-07, NSN-001 y ACI 318.

Etapa 4: Revisión de la propuesta arquitectónica existente

Se revisó y analizó la propuesta arquitectónica ya elaborada, previamente definida y ajena al presente trabajo, considerando su funcionalidad, distribución de espacios y criterios técnicos, con el fin de establecer la geometría base para el análisis estructural.

Etapa 5: Análisis estructural y sísmico

Se realizó el cálculo estructural de la vivienda mediante análisis de cargas, modelado estructural, diseño de elementos resistentes y verificación del comportamiento sísmico.

Etapa 6: Evaluación y validación técnica

Se verificó el cumplimiento de parámetros normativos, seguridad estructural, funcionalidad arquitectónica y desempeño sísmico esperado de la propuesta.

8.6 Técnicas de análisis estadístico

Para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos se utilizaron técnicas de **estadística descriptiva y análisis técnico estructural**

Las técnicas estadísticas incluyeron:

- **Tabulación de datos obtenidos mediante observación directa.**
- **Tablas comparativas** para evaluar variables técnicas y normativas.
- **Medidas descriptivas básicas** cuando correspondió (promedios, máximos y mínimos).

En el análisis técnico estructural se aplicaron:

- Cálculo de cargas gravitacionales y sísmicas.
- Análisis estático equivalente.
- Verificación de desplazamientos y derivas.
- Análisis de resistencia y rigidez estructural.
- Evaluación del comportamiento dinámico de la vivienda.
- Comparación de resultados con parámetros establecidos en las normas técnicas vigentes.

Los resultados fueron organizados en tablas, gráficos y memorias de cálculo para facilitar su interpretación

IX. Resultados.

En este apartado se presentan los resultados obtenidos del desarrollo del proyecto, organizados conforme a los objetivos específicos planteados. Se inicia con la descripción general del proyecto y los criterios normativos y técnicos que fundamentan el análisis y diseño estructural, como base para la presentación de la memoria de cálculo correspondiente.

9.1 Criterios generales de diseño y descripción del proyecto

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO Y CRITERIOS ESTRUCTURALES

El presente proyecto consiste en el análisis y diseño estructural de una edificación destinada a uso habitacional, correspondiente a una vivienda unifamiliar de dos niveles. La construcción estará ubicada en la Comarca Los Brasiles, Municipio de Managua, Departamento de Managua, República de Nicaragua, con ubicación:

Coordenadas:

- Latitud: 12.1865° N
- Longitud: 86.3624° O
- Elevación aproximada: 75 m s.n.m.

. La edificación ha sido concebida para satisfacer las necesidades de ocupación residencial, garantizando condiciones adecuadas de seguridad estructural, funcionalidad y durabilidad durante su vida útil.

Condiciones del sitio

Como parte de la visita al terreno realizada durante la etapa de inspección y observación del sitio (ver apartado 8.5), se documentaron mediante observación directa las siguientes condiciones físicas y ambientales del lote, relevantes para la comprensión del contexto del proyecto (ver Anexo #1).

Topografía.

El terreno presenta una pendiente descendente desde la parte posterior del lote hacia la calle de acceso, ubicada en el frente de la propiedad; es decir, el nivel del terreno es más alto en la parte trasera y desciende gradualmente hacia la fachada frontal de la vivienda. Esta condición se registró como referencia general del emplazamiento a partir de la observación de campo, sin sustituir un levantamiento

topográfico formal, el cual no fue posible realizar dentro del alcance del presente estudio.

Cabe señalar que el terreno no se encuentra inscrito en el Registro Público de la Propiedad, por lo que no existe plano de mensura catastral ni levantamiento topográfico formal disponible. Esta situación fue confirmada directamente con el propietario del terreno, y es representativa de la informalidad en la tenencia de la tierra que caracteriza a buena parte de la comarca Los Brasiles. En consecuencia, la información topográfica presentada en este apartado se basa exclusivamente en la observación directa realizada en campo.

Suelo.

De acuerdo con la observación de campo, el suelo del sitio corresponde a una textura franco-arenosa. Esta clasificación es de carácter visual y no reemplaza un estudio geotécnico de laboratorio; tal como se indica en el apartado de Recomendaciones, se sugiere la realización de un estudio de suelos formal antes de iniciar la construcción.

Orientación solar.

Con base en la observación del recorrido solar durante la visita, el sol sale aproximadamente a las 6:00 a.m. por el oriente, alcanza su punto más alto alrededor del mediodía, y se oculta aproximadamente a las 5:00 p.m. por el poniente. Esta información se documentó como referencia general de la exposición solar de las fachadas de la vivienda.

Viento.

Se observó que los vientos predominantes en la zona provienen del suroeste, presentándose en ocasiones con intensidad considerable. Este dato cualitativo complementa, desde la observación de campo, los parámetros de diseño por viento aplicados en el apartado 9.1, basados en la zonificación eólica del RNC-07 (Zona 2, VR = 45 m/s).

Entorno urbano.

El lote colinda al frente con una calle de acceso vehicular, hacia la cual se orienta la fachada frontal de la vivienda. Durante la visita se observó un nivel de contaminación acústica prácticamente nulo en el sitio.

De acuerdo con los planos arquitectónicos suministrados para el desarrollo del proyecto, la edificación contará con un área total de construcción aproximada de 440 m² techados, distribuidos en dos niveles. La configuración arquitectónica contempla espacios

habitacionales, áreas de circulación, servicios sanitarios y demás ambientes requeridos para el funcionamiento adecuado de la vivienda (ver Anexo #2 y Anexo #3).

Desde el punto de vista estructural, el sistema resistente principal estará conformado por una combinación de marcos de concreto reforzado y muros de mampostería confinada. Los marcos estructurales estarán integrados por vigas y columnas de concreto reforzado, diseñadas para resistir las cargas gravitacionales y las acciones laterales generadas por eventos sísmicos y de viento, conforme a los requisitos establecidos en la normativa nacional vigente. Los elementos de concreto reforzado proporcionarán rigidez, estabilidad y capacidad de disipación de energía ante solicitaciones dinámicas.

Las paredes exteriores e interiores estarán constituidas por mampostería confinada de bloques de concreto de 6 pulgadas de espesor. Dichos muros estarán confinados mediante elementos de concreto reforzado, tales como columnas de amarre y vigas corona, con el propósito de mejorar su comportamiento estructural y garantizar una adecuada integración con el sistema resistente principal. Además de cumplir una función arquitectónica de cerramiento y división de espacios, estos elementos contribuirán al desempeño global de la estructura frente a cargas laterales.

El sistema de entrepiso estará conformado por una losa maciza monolítica de concreto reforzado, diseñada para soportar las cargas permanentes y sobrecargas de uso correspondientes a una edificación residencial. La losa actuará como un diafragma rígido horizontal, permitiendo la adecuada distribución de las cargas sísmicas hacia los diferentes elementos resistentes verticales de la estructura. Asimismo, proporcionará continuidad estructural entre los distintos marcos y elementos de soporte.

La cubierta de techo estará constituida por una estructura metálica ligera diseñada para soportar tanto las cargas gravitacionales como las acciones ambientales previstas para la zona de emplazamiento. El sistema estructural de cubierta estará compuesto por vigas metálicas tipo caja fabricadas a partir de perlines estructurales, las cuales conformarán los elementos principales de soporte. Complementariamente, se dispondrán clavadores o correas metálicas elaboradas con perfiles tipo perlin, encargadas de transmitir las cargas de la cubierta hacia las vigas principales.

Como elemento de cobertura se utilizará lámina ondulada galvanizada calibre 26, material ampliamente utilizado en edificaciones residenciales debido a su bajo peso propio, facilidad constructiva y adecuada resistencia a las condiciones ambientales. La combinación de la estructura metálica y la cubierta liviana permite reducir significativamente las cargas transmitidas al sistema resistente principal y a las fundaciones.

Las cargas consideradas para el análisis estructural incluyen el peso propio de todos los elementos constructivos, cargas muertas adicionales asociadas a acabados, instalaciones y elementos permanentes, así como las cargas vivas correspondientes al uso residencial de la edificación. De igual forma, se contemplarán las acciones de viento y sismo de acuerdo con las disposiciones establecidas en el Reglamento Nacional de la Construcción de Nicaragua (RNC), garantizando que la estructura posea la capacidad necesaria para resistir de manera segura las solicitaciones previstas durante su vida útil.

El diseño de cada uno de los elementos estructurales —incluyendo losas, vigas, columnas, muros de mampostería confinada, estructura metálica de cubierta y fundaciones— será realizado mediante procedimientos de análisis estructural reconocidos por la ingeniería moderna, verificando los estados límite de resistencia y servicio. El objetivo principal es asegurar que la estructura cumpla con los criterios de seguridad, estabilidad, funcionalidad y

economía exigidos por las normativas vigentes, proporcionando una edificación segura y confiable para sus ocupantes.

NORMATIVAS Y CÓDIGOS DE DISEÑO APLICABLES

El análisis y diseño estructural de la presente edificación se ha desarrollado de conformidad con los criterios y disposiciones establecidos en la normativa nacional vigente, complementada con estándares internacionales ampliamente reconocidos en la práctica de la ingeniería estructural.

Para el desarrollo del proyecto se han considerado principalmente las disposiciones contenidas en el Reglamento Nacional de la Construcción (RNC) de Nicaragua, específicamente en lo referente a la determinación de cargas gravitacionales, acciones sísmicas, cargas de viento y criterios generales de seguridad estructural.

Asimismo, para el diseño de los elementos de concreto reforzado se han adoptado los procedimientos y requisitos establecidos por el Código ACI 318, utilizando el método de diseño por resistencia última, el cual permite verificar la capacidad resistente de los elementos estructurales frente a las solicitaciones producidas por las combinaciones de carga de diseño.

En el caso de la estructura metálica de cubierta, se han considerado los criterios establecidos por las especificaciones del American Institute of Steel Construction (AISC), verificando la resistencia de los elementos sometidos a flexión, cortante, compresión y combinaciones de esfuerzos.

Para el análisis de las cargas de ocupación se han utilizado los valores mínimos establecidos para edificaciones residenciales, considerando además las cargas permanentes derivadas del peso propio de los elementos estructurales y no estructurales que conforman la edificación.

La aplicación de estas normas garantiza que la estructura proyectada cumpla con los requisitos mínimos de seguridad, estabilidad, resistencia, funcionalidad y durabilidad exigidos para edificaciones de uso habitacional.

CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño estructural de la vivienda ha sido desarrollado considerando que todos los elementos resistentes trabajen de manera integral para transmitir las cargas actuantes desde los niveles superiores hasta las fundaciones de forma segura y eficiente.

El sistema resistente principal está conformado por marcos de concreto reforzado constituidos por vigas y columnas, complementados por muros de mampostería confinada. Esta combinación proporciona una adecuada capacidad para resistir tanto las cargas verticales como las fuerzas horizontales inducidas por eventos sísmicos y acciones de viento.

Las losas de entrepiso han sido consideradas como diafragmas rígidos horizontales capaces de distribuir las fuerzas laterales hacia los elementos verticales resistentes. El comportamiento conjunto de losas, vigas, columnas y muros permite mejorar la rigidez global de la estructura y controlar los desplazamientos laterales.

Para el análisis estructural se han considerado las siguientes acciones:

• Peso propio de todos los elementos estructurales.
• Peso de acabados arquitectónicos y elementos permanentes.
• Cargas vivas correspondientes al uso residencial.
• Cargas de mantenimiento sobre cubierta.
• Acciones de viento según las condiciones de exposición de la zona.
• Acciones sísmicas determinadas conforme a la zonificación sísmica establecida por el Reglamento Nacional de la Construcción.

Las fundaciones serán diseñadas para transmitir adecuadamente las cargas al terreno de soporte, verificando que las presiones generadas sean compatibles con la capacidad portante admisible del suelo y que los asentamientos permanezcan dentro de límites aceptables para el correcto funcionamiento de la estructura.

Durante el proceso de diseño se verificarán los estados límite de resistencia y servicio de cada elemento estructural. Las verificaciones de resistencia tienen como objetivo garantizar que los elementos posean capacidad suficiente para soportar las cargas de diseño, mientras que las verificaciones de servicio buscan controlar deformaciones, deflexiones, vibraciones y agrietamientos que puedan afectar el desempeño de la estructura o la comodidad de los ocupantes.

Finalmente, el diseño estructural se ha orientado a obtener una solución técnicamente segura, económicamente viable y constructivamente eficiente, asegurando el adecuado desempeño de la edificación durante toda su vida útil de servicio.

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

Concreto: se usará concreto cuya resistencia a los 28 días de fabricado sea de f´c=210 kg/cm^2 (3000Psi), con un módulo de elasticidad E=210,124.96 kg/cm^2 (2, 987,835.391 Psi). El peso volumétrico del concreto reforzado será de 2400 kg/m^3 (150 lb/ft^3).

Acero de refuerzo: el acero de refuerzo longitudinal debe ser corrugado del tipo ASTM estándar A-60, con un esfuerzo de fluencia de fy=4200 kg/cm^2 (60,000 Psi) y un módulo de elasticidad E= 2,039,477.763 kg/cm^2 (29x10^6 Psi). En tanto el acero transversal tendrá las mismas características que el longitudinal, pero con la excepción que se usaran varillas lisas para el caso de la No 2. El peso volumétrico del acero de refuerzo es de 7,851.2651 kg/m^3 (490 lb/ft^3).

Acero estructural: se usará acero AISC tipo A-36 para perlines, platinas angulares y otros perfiles laminados doblados en frio, se usará acero con características según la designación ASTM-A245 con una resistencia en el límite de fluencia fy=2531.76 kg/cm^2 (36,000 Psi).

Soldadura: se usará soldadura para aceros de base fy= 36,000 Psi o menores de la clasificación de electrodos según la ASTM A-233 E6011, que tienen un esfuerzo admisible al cortante de 13.6 Ksi. En los perfiles doblados en frio de espesores delgados se aplicará soldadura del tamaño del espesor del material base, la que alcanza una capacidad de 100 kg/cm por cada 1/16” de tamaño.

Suelos: (no se presenta estudio de suelo, y la capacidad de carga de suelo fue asumida con consentimiento de la parte interesada, así como el peso volumétrico del suelo):

Para garantizar la estabilidad de la estructura por capacidad de carga y evitar asentamientos perjudiciales, se deberá cimentar por contacto directo a través de zapatas aisladas, a la profundidad de desplante mínima de 1.0 metros, profundidad referida a la superficie de terraza terminada, empleando para tal efecto una presión admisible de 1.0 Kg/cm^2 (2.047 Ksf), peso volumétrico del suelo 1,765 kg/m^3 (110.1542 lb/ft^3), ángulo de fricción interna del suelo $\Phi=30^0$

Paredes: Las paredes se usarán bloques de calidad comprobada y certificada de 15 x 20 x40, (6”0), las paredes interiores serán de particiones livianas Gypsum

CLASIFICACION DE LA ESTRUCTURA SEGÚN EL REGLAMENTO RNC-07

Grupo a que pertenece la estructura:

Arto. 20. Grupos.

-Estructuras de normal importancia: (**Grupo B**) son aquellas en el que el grado de seguridad requerido es intermedio, y cuya falla parcial o total causaría pérdidas de magnitud intermedia como viviendas, edificios de oficinas, locales comerciales, naves industriales, hoteles, depósitos y demás estructuras urbanas no consideradas esenciales, etc.

Factor de reducción por ductilidad

Arto. 21. Factor por ductilidad.

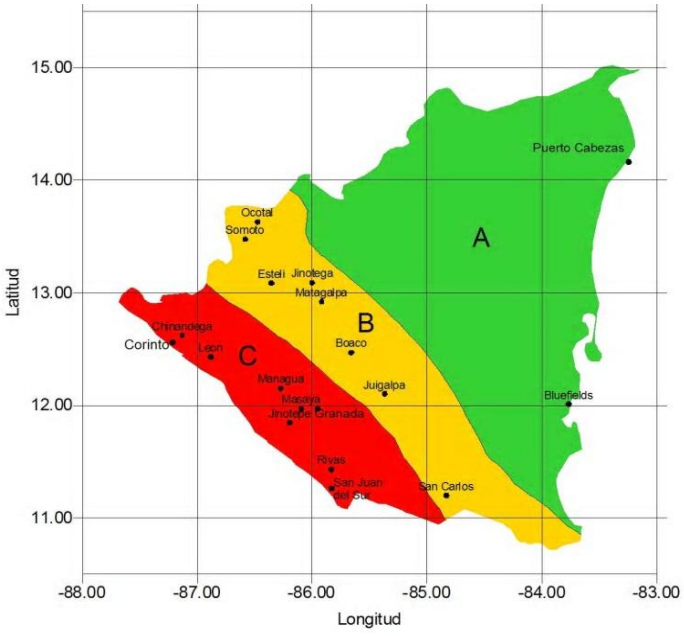
Se usará **Q=3** cuando se satisfacen los requisitos 2, 4 y 5 del Artículo 21 en el inciso a) y en cualquier entrepiso dejan de satisfacerse las condiciones 1 ó 3, pero la resistencia en todos los entrepisos es suministrada por columnas de acero o de concreto reforzado con losas planas, o por marcos rígidos de acero, o por marcos de concreto reforzado, o por muros de concreto o de placa de acero o compuestos de los dos materiales, o por combinaciones de éstos y marcos o por diafragmas de madera. Las estructuras con losas planas y las de madera deberán además satisfacer los requisitos que sobre el particular marcan las Normas correspondientes. Los marcos rígidos de acero satisfacen los requisitos para ductilidad alta o están provistos de arriostramiento concéntrico dúctil según la norma del AISC.

Arto. 22. Factor de reducción por sobre resistencia.

La reducción por sobre resistencia está dada por el factor **Ω=2.**

Para su ubicación geográfica, la Ciudad de Managua está localizada en la zona “C” según el mapa de zonificación sísmica del RNC-07, como se muestra en la gráfica.

El valor de a_0 = 0.31 utilizado corresponde a un valor promedio, obtenido a partir de la interpolación de las aceleraciones de referencia del mapa de isoaceleraciones (Anexo C, RNC-07) correspondientes a las localidades más cercanas al sitio de emplazamiento, considerando así la ubicación específica del proyecto dentro de la zona sísmica C.



El Arto.25. del reglamento señala 4 tipos de suelos a considerar para el cálculo del factor de amplificación del suelo.

Arto.25. Influencia del suelo

Para tomar en cuenta los efectos de amplificación sísmica debidos a las características del terreno, los suelos se dividirán en cuatro tipos, de acuerdo con las siguientes características:

Tipo I: Afloramiento rocoso con Vs>750 m/s,
Tipo II: Suelo firme con 360 < Vs ≤ 750 m/s,
Tipo III: Suelo moderadamente blando, con 180 ≤ Vs ≤ 360 m/s,
Tipo IV: Suelo muy blando, con Vs<180 m/s.

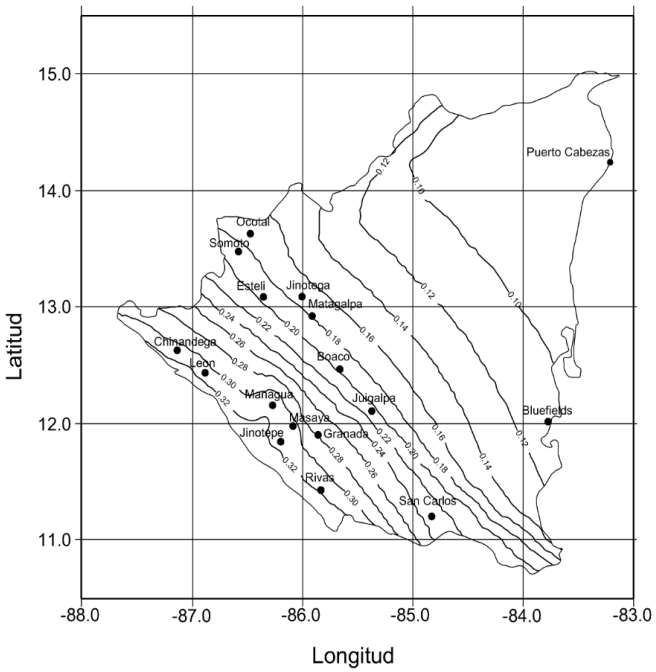
Si el suelo presenta presencia de material arcilloso se recomienda remover 1.2m del suelo existente y mejorarlo construyendo una terraza, debido al tipo de suelo, adoptando la situación más desfavorable aproximada a nuestro estudio tomaremos un tipo de suelo III.

Correspondiendo así de este modo un factor de amplificación de **S= 1**

Tabla 2 Factores de amplificación por tipo de suelo, S.

Zona Sísmica	Tipo de suelo		
	I	II	III
A	1.0	1.8	2.4
B	1.0	1.7	2.2
C	1.0	1.5	2.0

Valor de a_0 para este caso lo obtenemos del mapa de iso-aceleraciones del RNC-07 Anexo C. **a_0= 0.31**



MAPA DE ISOACELERACIONES
COEFICIENTES a_0 PARA DEFINIR LOS ESPECTROS DE DISEÑO EN LA REPÚBLICA DE NICARAGUA, PARA ESTRUCTURAS DEL GRUPO B

Cálculo del coeficiente sísmico: (c)

$$c = \frac{V_0}{W_0} = \frac{S(2.7 * a_0)}{Q'^{*}\Omega} \quad \text{Pero nunca menor que} \quad (S)(a_0)$$

c=0.114, pero nunca menor que **0.31**

Clasificación por Viento.

Arto. 45. Clasificación de la estructura.

De acuerdo con la naturaleza de los principales efectos que el viento puede ocasionar en ellas, las estructuras se clasifican en cuatro tipos:

Tipo 1. Comprende las estructuras poco sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos de viento. Incluye las construcciones cerradas techadas con sistemas de cubierta rígidos, es decir, que sean capaces de resistir las cargas debidas a viento sin que varíe esencialmente su geometría. Se excluyen las construcciones en que la relación entre altura y dimensión menor en la planta es mayor que 5 o cuyo periodo natural de vibración excede de 2 segundos. Se excluyen también las cubiertas flexibles, como las de tipo colgante, a menos que por la adopción de una geometría adecuada, la aplicación de pre esfuerzo y otra medida, se logre limitar la respuesta estructural dinámica.

Para determinar la velocidad de diseño se tiene que determinar los siguientes factores:

$$V_D = F_{TR} F_\alpha V_R \qquad (28)$$

donde

F_{TR}: factor adimensional correctivo que toma en cuenta las condiciones locales relativas a la topografía y a la

rugosidad del terreno en los alrededores del sitio de desplante;

F_α: factor adimensional que toma en cuenta la variación de la velocidad con la altura; y

V_R: velocidad regional según la zona que le corresponde al sitio en donde se construirá la estructura.

La velocidad de referencia, V_R, se define en el artículo 50 y los factores $F_á$ y F se definen en el artículo 51 y 52, respectivamente.

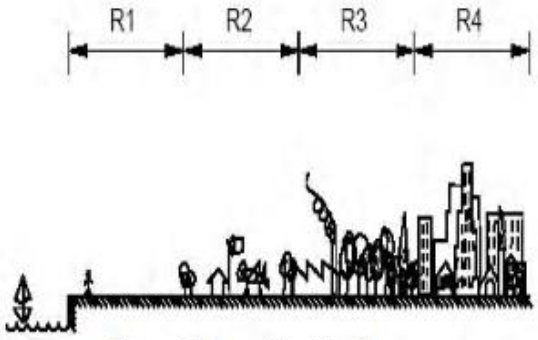


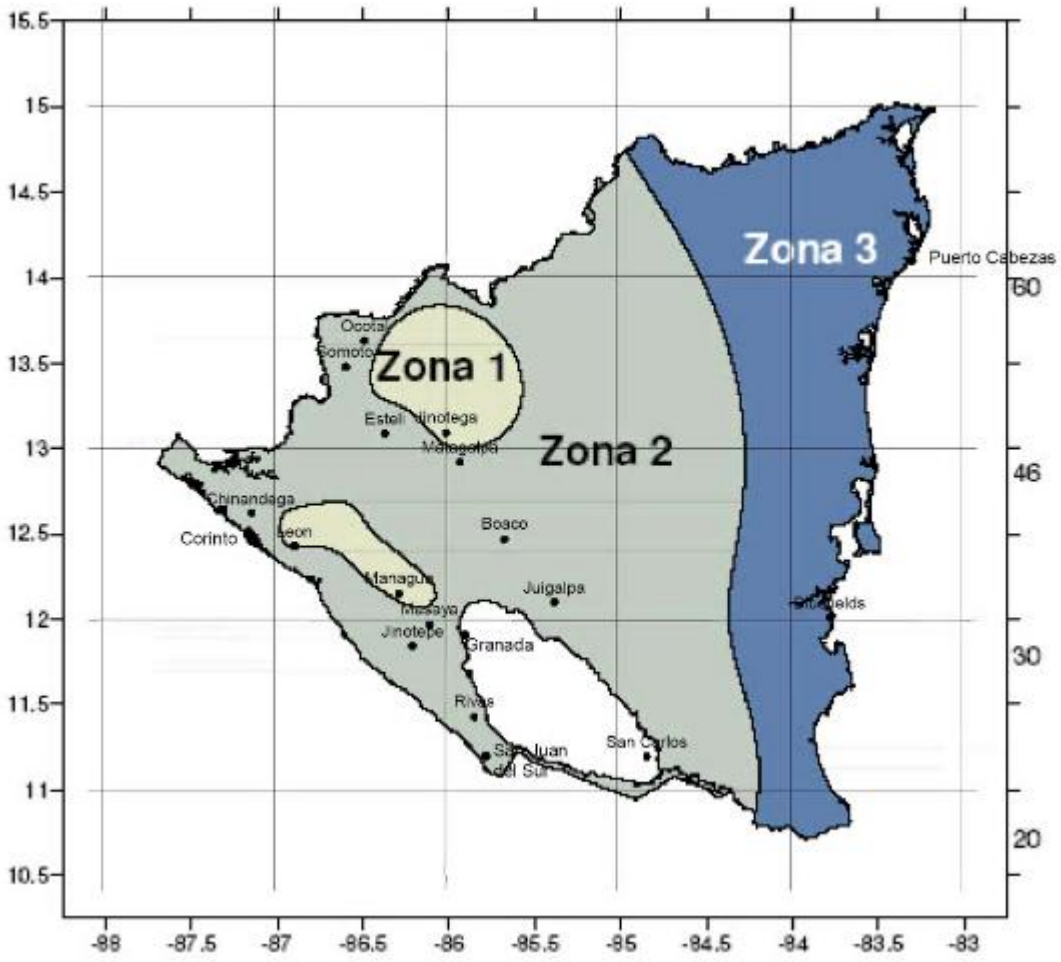
Figura 6 Rugosidad del Terreno

Considerando un periodo de retorno de 50 años, y por su ubicación en la zona 2 según el mapa de zonificación eólica de Nicaragua le corresponde una velocidad regional de V_R=45m/s.

Tabla 5. Velocidades regionales, V_R, según la importancia de la construcción y la zonificación eólica, m/s.

	Importancia de la construcción	
	Periodo de retorno	
Zona	50	200
1	30	36
2	45	60
3	56	70

Figura 7. Zonificación eólica de Nicaragua para Análisis por viento.



Arto. 51. Factor de variación con la altura, F_α

Este factor establece la variación de la velocidad del viento con la altura z. Se obtiene con las expresiones siguientes:

$$F_\alpha = 1.0 \qquad si\ z \le 10\ \text{m}$$

$$F_\alpha = \left(\frac{z}{10}\right)^\alpha \qquad si\ 10\ m < z < \delta$$

$$F_\alpha = \left(\frac{\delta}{10}\right)^\alpha \qquad si\ z \ge \delta \qquad \textbf{(29)}$$

donde

δ: altura gradiente, medida a partir del nivel del terreno de desplante, por encima de la cual la variación de la velocidad del viento no es importante y se puede suponer constante; δ y z están dadas en metros; y

α: exponente que determina la forma de la variación de la velocidad del viento con la altura.

El Arto. 52 establece como se debe calcular el factor de corrección por topografía, F_{TR}, el cual considera la rugosidad del terreno y el tipo de topografía, a lo cual le corresponde un valor de F_{TR}= 0.88

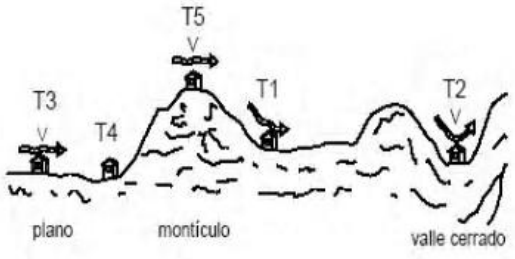


Figura 8. Formas topográficas locales.

Tabla 7. Factor F_{TR} (Factor de topografía y rugosidad del terreno)

	Rugosidad de terrenos en alrededores		
Tipos de Topografía (Figura)	Terreno tipo R2	Terreno tipo R3	Terreno tipo R4
T3 Terreno prácticamente plano, campo abierto, ausencia de cambios topográficos importantes, con pendientes menores de 5 % (normal)	1	0.88	0.82

De los parámetros analizados podemos calcular que la velocidad de diseño para este proyecto es de V_D= (0.88) x (1) x (45) = 36.6 m/seg

Arto.53 Determinación de la Presión de diseño.

$$\left(p_z = 0.0479 C_p V_D^2 kg/m^2\right)$$

donde
$C_{p.}$: coeficiente local de presión, que depende de la forma de la estructura; y

$V_{D:}$ velocidad de diseño a la altura z.

Tabla 8. Coeficientes C_p para construcciones cerradas.

	C_p
Pared de barlovento	0.8
Pared de sotavento*	-0.4
Paredes laterales	-0.8
Techos planos	-0.8
Techos inclinados, lado de sotavento	-0.7
Techos inclinados, lado de barlovento**	-0.8<0.04Θ-1.6<1.8
Techos curvos	véase Tabla

Presión en la zona de Barlovento:

Pzb = (0.0479) (0.80) $(36.6)^2$ = **51.3319 kg/m^2**

Presión en la zona de Sotavento:

Pzs = (0.0479) (-0.40) $(36.6)^2$ = **25.6660 kg/m^2**

CARGAS DE DISEÑO

Cargas muertas para techo:

- Cubierta de techo zinc aluminizado 5.4 kg/m^2
- Lámparas y accesorios 2.0 kg/m^2
- Cielo Raso Gypsum (estructura de aluminio) 11.0 kg/m^2

CM total= 18.4 kg/m^2

Cargas vivas para techo:

- Cv= 100 kg (al centro del claro en elementos secundarios)
- Cv= 10 kg/m^2

Cargas de entrepiso

Cargas Vivas residenciales y Apartamentos

- Carga viva máxima = 200 kg/m^2
- Carga viva reducida= 80 kg/m^2

Cargas Muertas:

- Piso 30 kg/m^2
- Mortero 7.5 kg/m^2
- Losa de conceto reforzado 336.00 kg/m^2
- Cielo raso Gypsum 11 kg/m^2
- Paredes 150 kg/m^2
- Accesorios 2 kg/m^2

CM total= 536.50 kg/m^2

Arto.15. METODOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

Combinaciones de carga a usar:

Resistencia Ultima

C=1.2cm

C=1.2cm + 1.6(cv + sismo)

C=1.2cm +1.6viento + sismo

C=1.2cm + sismo + cv

C=0.90cm + sismo +1.6suelo

C=0.9cm + sismo +1.6suelo

Esfuerzos Permisibles:

C=cm + cv +suelo

C=cm + suelo +0.7sismo

C=0.6cm + viento + sismo

C=0.6cm + 0.7sismo + suelo

Arto.16. Esfuerzos Admisibles RNC-07

Para el cálculo con el método elástico los esfuerzos admisibles podrán aumentarse a una tercera parte cuando se consideran cargas de viento o sismo ya sea cuando independientemente o en combinación con la carga permanente o accidental.

9.2 Memoria de cálculo estructural

En el presente apartado se desarrolla la memoria de cálculo estructural de la vivienda, en la cual se aplican los criterios normativos y las cargas de diseño descritas en el apartado 9.1, evaluando el comportamiento y dimensionando cada uno de los elementos estructurales que conforman el sistema resistente: cubierta de techo, columnas, vigas, fundaciones, gradas y losa de entrepiso.

9.2.1 Diseño de la cubierta de techo (perlines y viga metálica)

A continuación se presenta la memoria de cálculo correspondiente al diseño de los elementos de la cubierta de techo, incluyendo la revisión del perlín de techo P-1 y el diseño de la viga caja metálica VM-1, conforme a los criterios y cargas establecidos en el apartado 9.1 (ver Figuras 1 a 7).

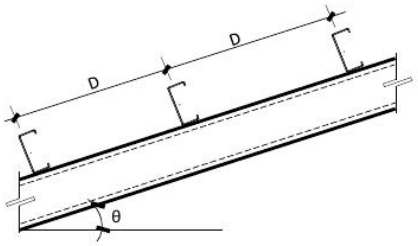
REVISION PERLIN DE TECHO (P-1)

1-SECCION PROPUESTA:

Perlin *2"x 4"x 1/16"*

2-GEOMETRIA DEL TECHO

m=	20%
θ=	11.31 °
Radianes=	0.197
sinθ=	0.1961
cosθ=	0.9806



Ancho Tributario D= *0.80 m*
Luz Libre L= *3.00 m*

Soporte lateral= *usar sag-rod al centro del claro*

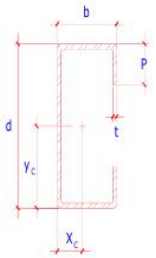
Claro entre soportes = *1.50 m*

3-PROPIEDADES DEL ACERO A-36:

fy=	*36*	*ksi*
=	*2531.765499*	*kg/cm²*
E=	*29000*	*ksi*
	2039477.763	*kg/cm²*

4-PROPIEDADES GEOMETRICAS DE LA SECCION:

A=	*0.54688*	*in²*
Sx=	*0.71727*	*in³*
Sy=	*0.45176*	*in³*
Ix=	*1.43455*	*in⁴*
w=	*2.7701*	*kg/m*



5-CARGAS APLICADAS AL PERLIN:
Carga Viva

Definicion de la Carga	*q(kg/m²)*	*w(kg/m)*	*P(kg)*
Uniformemente distribuida RNC-07 arto.11	10	8	
Concentrada en el centro d claro RNC-07 arto.11			100

TOTAL:	w=	8	kg/m
	P=	100	kg

Carga Muerta

Definicion de la Carga	q(kg/m²)	w(kg/m)	
Cubierta de techo Zinc cal.26	5.4	4.32	
Cielo Raso Gypsum con esqueleteaado aluminio	11	8.8	
Accesorios	2.4	1.92	
Peso propio del perfil		2.77	
	TOTAL:	17.81	kg/m

Carga muerta mas Carga viva totales:

carga distribuida:

$w = cm + cv$ w= 25.81 kg/m

Puntual al centro del claro: P= 100 kg/m

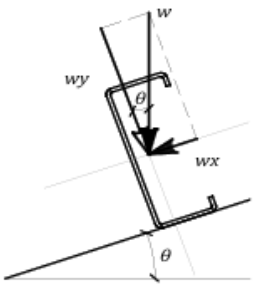
6-CARGAS SOBRE EL PERLIN

$w_x = w\ sen\ \theta$ 3.49 kg/m

$w_y = w\ cos\ \theta$ 17.46 kg/m

$P_x = P\ sen\ \theta$ 19.61 kg

$P_y = P\ cos\ \theta$ 98.06 kg



7-MOMENTO MAXIMO

Momento en el eje "x"

Por carga Distribuida

$$M_w = \frac{w_y {L_x}^2}{8} =$$

$M_w =$ 19.65 kg-m

Por carga Puntual

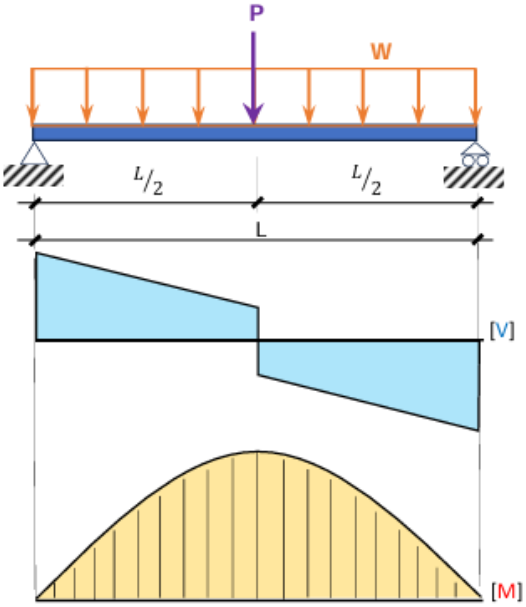
$$M_p = \frac{P_y L_x}{4} =$$

$M_p =$ 73.54 kg-m

Momento total en "x"

$$M_x = \frac{w_y {L_x}^2}{8} + \frac{P_y L_x}{4} =$$

$M_x =$ 93.19 kg-m



8086.31 lb-in

Momento en el eje "y"

Por carga Distribuida

$M_w = \frac{w_x L_y^{\,2}}{8} = M_w =$ 0.98 kg-m

Por carga puntual

$M_p = \frac{P_x L_y}{4} = M_p =$ 7.35 kg-m

$M_y = \frac{w_x L_y^{\,2}}{8} + \frac{P_x L_y}{4} =$

$M_y =$ 8.34 kg-m

725.23 lb-in

8-CHEQUEANDO LA ECUACION DE INTERACCION DE ESFUERZOS.

Fb= 21.6 ksi

$$fb = \frac{M_x}{S_x} + \frac{M_y}{S_y} \leq Fb = 0.6fy$$

fb= 12879.06247 psi

12.88 ksi GOOD!

9-CHEQUEO POR DEFLEXION

Deflexion maxima permisible:

$$\Delta_{perm} = \frac{L}{240} \qquad \Delta_{perm} = 1.25 \text{ cm}$$

Deflexion Real

por carga distribuida

$$\Delta = \frac{5 w_y L^4}{384 E I_x} \qquad \Delta = 0.15 \text{ cm}$$

por carga puntual

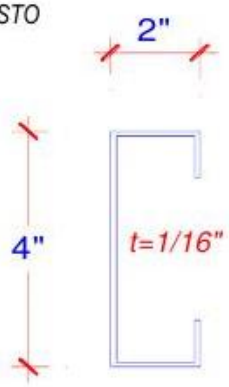
$$\Delta = \frac{P_y L^3}{48 E I_x} \qquad \Delta = 0.45 \text{ cm}$$

Deflexion Total

$$\Delta_T = \frac{5 w_y L^4}{384 E I_x} + \frac{P_y L^3}{48 E I_x} \qquad \Delta_T = 0.60 \text{ cm}$$

$\Delta_T < \Delta_{perm}$ GOOD!!

USAR PERLIN PROPUESTO
´@ 0.8 m



Por lo tanto usar perlin de 2"x 4"x 1/16" @ 0.80m, con claro maximo de 3m

DISEÑO DE VIGA CAJA METALICA VM-1

Longitud de la viga:

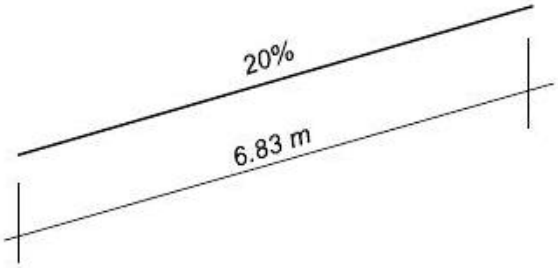
L =	6.83	m
	22.41	ft

Pendiente de Techo:

S =	20	%
S =	0.2	

Ancho Tributario

D=	3	m
	9.84	ft



1) MOMENTO POR CARGA VIVA

P =	100	kg	w =	10 kg/m^2
P =	220.4	lb	w =	2.0476 lb/ft^2
			w =	20.1534 lb/ft

MOMENTO POR CARGA VIVA

Por Carga Puntual

$$Mcv1 = \frac{P\ x\ L}{4}$$

Mcv1= 1234.688 lb-ft
14816.260 lb-in

Por Carga Distribuida

$$Mcv2 = \frac{W\ x\ L^2}{8}$$

Mcv2= 1264.938 lb-ft
15179.259 lb-in

MOMENTO POR CARGA VIVA TOTAL **MCVT= 29995.51901 lb-in**

2) MOMENTO POR CARGA MUERTA

1- Cubierta de techo: Lamina Estructural calibre 26

1.106 lb/ft^2 x 9.84 ft — 10.883 lb/ft

2- Accesorios

0.492 lb/ft^2 x 9.84 ft — 4.843 lb/ft

2-Cielo Raso Gypsum con Estructura

1.639 lb/ft^2 x 9.84ft — 16.132 lb/ft

3-Peso Propio Seccion Propuesta

4"x 5"x 3/16" — 12.122 lb/ft

43.980 lb/ft

Propiedades de la Seccion

A = 3.5625 in^2

w = 12.1224 lb/ft

Sx = 5.2899 in^3

Ix = 13.2247 in^4

$$Mcm = \frac{W\ x\ L^{\ 2}}{8}$$

Mcm= 2760.404 lb-ft

33124.849 lb-in

MOMENTO CARGA MUERTA MAS CARGA VIVA

MT= 63120.368 lb-in

63.12 kip-in

DISEÑO DEL PERLIN A FLEXION CAJA

$$fb = \frac{Mx}{Sx}$$

fb = 11.93 ksi

si fb = 11.93 Ksi < Fb = 21.78 Ksi **Good**

Seccion O.K

USAR CAJA DE PERLIN DE 4"x 5"x 3/16"

CHEQUEO POR DEFLEXION

Deflexion Permisible

$$\Delta perm = \frac{L}{240}$$

Δ_{perm} = 1.120 in

Deflexion Real

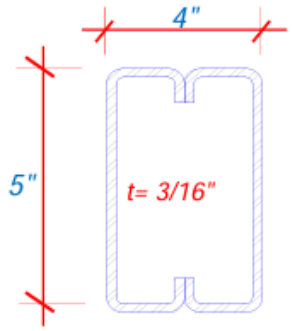
Por C. Distribuida: $\Delta real = \frac{5WL^4}{384EI}$ Δ_W = 0.949 in

Por C. Puntual: $\Delta real = \frac{PL^3}{48EI}$ Δ_P = 1.3E-04 in

$\Delta_{REAL} = \Delta_W + \Delta_P$ = 0.95 in < Δ_{REAL} = 1.12 Good

Deflexion es Permisible OK

Por lo tanto usar V-M 4"x 5"x 3/16" con modulacion maxima de L= 3m

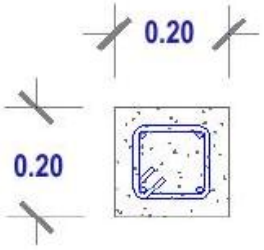


9.2.2 Diseño de columnas de concreto reforzado

Seguidamente se desarrolla el diseño de las columnas de concreto reforzado correspondientes al primer y segundo nivel de la vivienda, verificado mediante cálculo manual y complementado con el software RAM Elements bajo el código ACI 318-2019 (ver Figuras 8 a 12).

COLUMNAS DE CONCRETO SEGUNDO NIVEL

Pu=	*12.98 kip*		***seccion***	
Mu=	*78.45 kip-in*	*b=*	*8 in*	
fy=	*40 ksi*	*h=*	*8 in*	
f'c=	*3 ksi*	*d'=*	*1 in*	
		d=	*7 in*	



Profundidad al eje Neutro

$$Cb = d\left(\frac{87}{87 + fy}\right)$$ *Cb= 4.7953 in*

$$Ab = 0.85.Cb$$ *Ab= 4.0760 in*

Verificando si FS fluye

$$FS = 87\left(\frac{Cb - d'}{Cb}\right)$$ *FS= 68.9 ksi*

Usar fy=40 ksi

Fuerza a Compresion Calculada

$$Pc = 0.85.f'c.ab.b$$ *Pc= 83.1501 kip*

Revisar si Pc > Pu Columna es OK

Pc= 83.1501 kip > Pu= 12.98 kip OK

*Acero minimo= Asmin= 1%*Ag Asmin= 0.64 in² 4.13 cm²*

Revisando el Momento

$$Mnb = Pc\left(\frac{h}{2} - \frac{Ab}{2}\right) + As.fy\left(\frac{h}{2} - d'\right) + A's.Fs\left(d - \frac{h}{2}\right)$$

Mnb= 342.04 kip-in

No 4= 0.19 sq.in

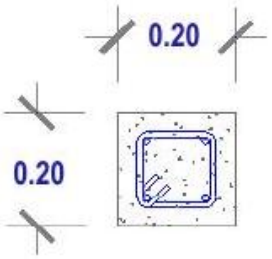
As=A's= 0.7454 sq.in 4.809 cm²

Mnb = 342.037 kip-in > Mu= 78.45 kip-in OK

******Por lo tanto Usar columna de concreto de 0.20m x 0.20m, con 4 var # 4, con estribos #2 separados a cada 0.10m centro a centro, en uniones los primeros 5 @ 0.05m******

COLUMNAS DE CONCRETO PRIMER NIVEL

Pu=	52.1516	kip	**seccion**		
Mu=	122.45	kip-in	b=	8	in
fy=	40	ksi	h=	8	in
f'c=	3	ksi	d'=	1	in
			d=	7	in



Profundidad al eje Neutro

$$Cb = d\left(\frac{87}{87 + fy}\right)$$

Cb= 4.80 in

$$Ab = 0.85.Cb$$

Ab= 4.08 in

Verificando si FS fluye

$$FS = 87\left(\frac{Cb - d'}{Cb}\right)$$

FS= 68.9 ksi

Usar fy=40 ksi

Fuerza a Compresion Calculada

$$Pc = 0.85.f'c.ab.b$$

Pc= 83.1501 kip

Revisar si Pc > Pu Columna es OK

Pc=	83.1501	kip	> Pu=	52.1516	kip	OK
Acero minimo= Asmin= 1%*Ag			Asmin=	0.64	in²	
				4.13	cm²	

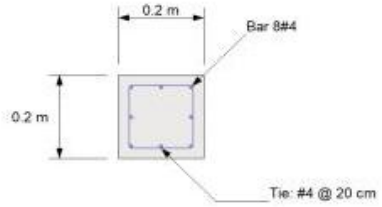
Revisando el Momento

$$Mnb = Pc\left(\frac{h}{2} - \frac{Ab}{2}\right) + As.fy\left(\frac{h}{2} - d'\right) + A's.Fs\left(d - \frac{h}{2}\right)$$

Mnb= 520.93 kip-in

No 4=	0.19	sq.in			
As=A's=	1.4908	sq.in	9.618	cm²	
Mnb =	520.933	kip-in > Mu=	122.45	kip-in	OK

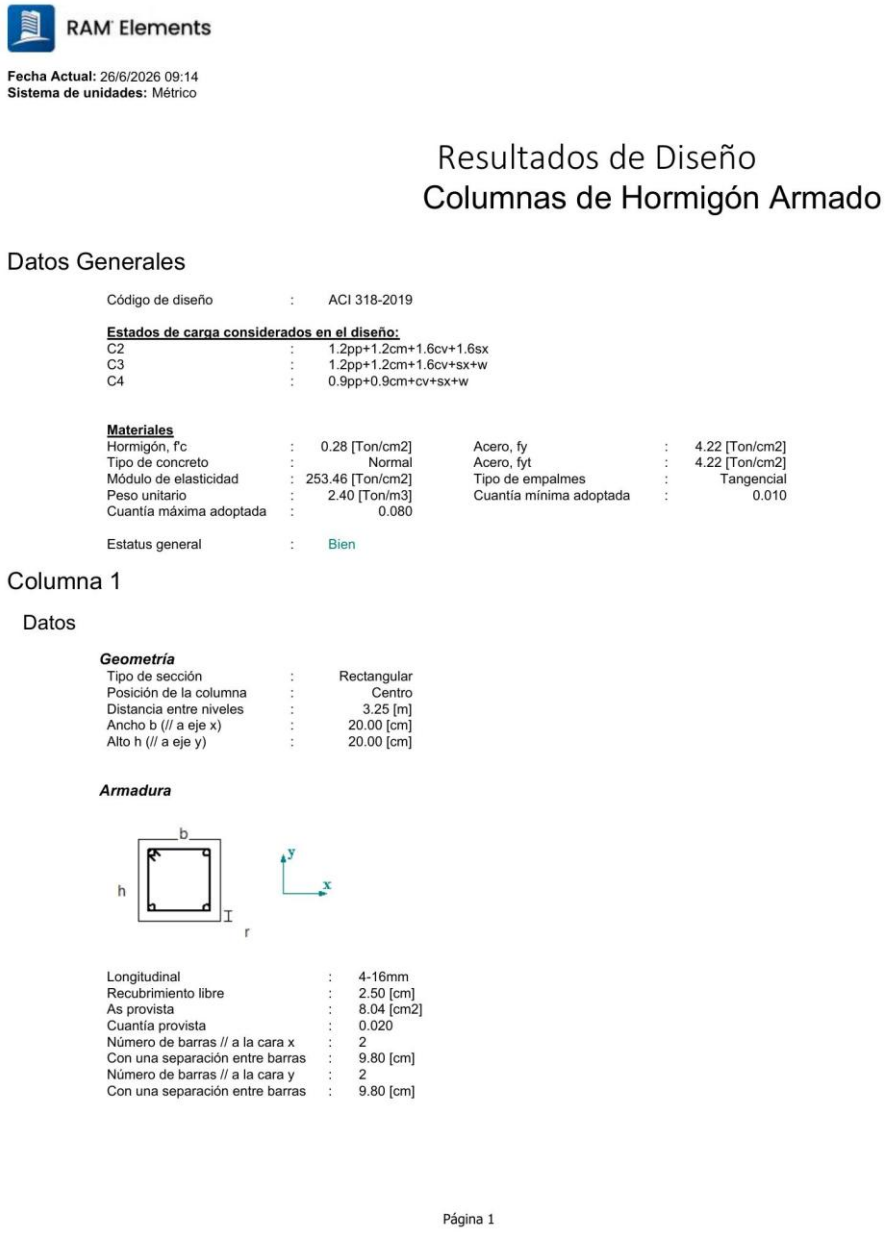
******Por lo tanto Usar columna de concreto de 0.20m x 0.20m, con 8 var # 4, con estribos #2 separados a cada 0.10m centro a centro, en uniones los primeros 5 @ 0.05m******



Sección de la columnas de concreto, primer nivel.

Verificación de columnas de hormigón armado mediante software RAM Elements

Como control adicional al cálculo manual, las columnas se verificaron con el software RAM Elements bajo el Código ACI 318-2019, obteniéndose un estatus general de "Bien" en ambos niveles.



RAM Elements

Fecha Actual: 26/6/2026 09:14
Sistema de unidades: Métrico

Resultados de Diseño
Columnas de Hormigón Armado

Datos Generales

Código de diseño	:	ACI 318-2019

Estados de carga considerados en el diseño:

C2	:	1.2pp+1.2cm+1.6cv+1.6sx
C3	:	1.2pp+1.2cm+1.6cv+sx+w
C4	:	0.9pp+0.9cm+cv+sx+w

Materiales

Hormigón, f'c	:	0.28 [Ton/cm2]	Acero, fy	:	4.22 [Ton/cm2]
Tipo de concreto	:	Normal	Acero, fyt	:	4.22 [Ton/cm2]
Módulo de elasticidad	:	253.46 [Ton/cm2]	Tipo de empalmes	:	Tangencial
Peso unitario	:	2.40 [Ton/m3]	Cuantía mínima adoptada	:	0.010
Cuantía máxima adoptada	:	0.080			

Estatus general : Bien

Columna 1

Datos

Geometría

Tipo de sección	:	Rectangular
Posición de la columna	:	Centro
Distancia entre niveles	:	3.25 [m]
Ancho b (// a eje x)	:	20.00 [cm]
Alto h (// a eje y)	:	20.00 [cm]

Armadura

Longitudinal	:	4-16mm
Recubrimiento libre	:	2.50 [cm]
As provista	:	8.04 [cm2]
Cuantía provista	:	0.020
Número de barras // a la cara x	:	2
Con una separación entre barras	:	9.80 [cm]
Número de barras // a la cara y	:	2
Con una separación entre barras	:	9.80 [cm]

Página 1

Verificación de columnas de hormigón armado — RAM Elements (hoja 1 de 3).

Transversal	:	14 6mm c/ 20.00cm
Número de ramas // a eje x	:	2
Número de ramas // a eje y	:	2
Separación inicial (Sini)	:	0.00 [cm]

Parámetros de diseño

Esbeltez	Eje yy	Eje xx
Lu[cm]	325.00	325.00
K	1.00	1.00
Pc[Kg]	78942.84	78942.84
Sway	Si	Si

Solicitaciones

Estado	Posición	Pu [Kg]	Muxx [Ton*m]	Muyy [Ton*m]	Vx [Kg]	Vy [Kg]	Carga transversal xx	Carga transversal yy
C2	Sup.	-21709.17	1.84	0.00	0.00	862.73	No	No
	Inferior	-22208.34	-0.97	0.00	0.00	862.73	No	No
C3	Sup.	-20310.79	1.72	0.00	0.00	799.24	No	No
	Inferior	-20622.77	-0.87	0.00	0.00	799.24	No	No
C4	Sup.	-15070.64	1.28	0.00	0.00	597.31	No	No
	Inferior	-15382.62	-0.67	0.00	0.00	597.31	No	No

Diseño

Estatus de la columna : Bien

Compresión biaxial

Estado gobernante	:	C2
Esfuerzos en barras	:	fs>0.5fy
Longitud de empalme	:	79.00 [cm]
Separación libre en empalme	:	8.20 [cm]

Estado	Pos.	Pu [Kg]	Mcxx [Ton*m]	Mcyy [Ton*m]	δnsxx	δnsyy	Cmxx	Cmyy
C2	Sup.	-21709.17	1.84	0.00	1.00	1.00	0.389	1.000
	Inf.	-22208.34	-0.97	0.00	1.00	1.00	0.389	1.000
C3	Sup.	-20310.79	1.72	0.00	1.00	1.00	0.397	1.000
	Inf.	-20622.77	-0.87	0.00	1.00	1.00	0.397	1.000
C4	Sup.	-15070.64	1.28	0.00	1.00	1.00	0.391	1.000
	Inf.	-15382.62	-0.67	0.00	1.00	1.00	0.391	1.000

Estado	Pos.	ϕ*Mnxx [Ton*m]	ϕ*Mnyy [Ton*m]	Mc/(ϕ*Mn)	Pu/(ϕ*Pn)	Asreq/Asprov	Relación de resistencia
C2	Sup.	2.59	0.00	0.71	0.33	0.71	0.71
	Inf.	-2.58	0.00	0.37	0.33	0.71	0.37
C3	Sup.	2.64	0.00	0.65	0.31	0.71	0.65
	Inf.	-2.63	0.00	0.33	0.31	0.71	0.33
C4	Sup.	2.75	0.00	0.46	0.23	0.71	0.46
	Inf.	-2.74	0.00	0.24	0.23	0.71	0.24

Cortantes

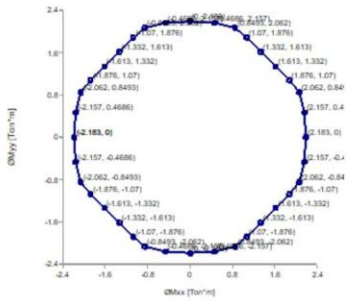
S adoptado	:	20.00 [cm]	S calculado	:	20.00 [cm]
Sini adoptado	:	0.00 [cm]	Sini calculado	:	10.00 [cm]

Verificación de columnas de hormigón armado — RAM Elements (hoja 2 de 3).

Dir	Estado Gob.	Pos.	Vu [Kg]	Vc [Kg]	Vs [Kg]	ϕ*Vn [Kg]	Vu/(ϕ*Vn)
2	C2	Sup.	862.73	5632.74	1874.28	5630.26	0.15
		Inf.	862.73	5698.04	1874.28	5679.24	0.15
3	C2	Sup.	0.00	5632.74	1874.28	5630.26	0.00
		Inf.	0.00	5698.04	1874.28	5679.24	0.00

Diagramas

ØP = 0.00 [Ton] (M/ØMn= 0.656 (C2 - Arriba))



Notas aclaratorias:

* No se considera la torsión en el diseño.

* Sólo se toman en cuenta columnas de sección rectangular o circular.

* Cada columna se verifica sólo considerando los esfuerzos en sus extremos.

* El refuerzo transversal se encuentra ordenado de abajo hacia arriba de cada columna.

* Lu = Longitud no arriostrada.

* K = Factor de longitud efectiva.

* Cm = Factor que relaciona el diagrama de momentos real con un diagrama de momentos uniforme equivalente.

* Sway = "Si" si se considera a la columna intraslacional en su eje local.

* Mc = Momento mayorado de cálculo utilizado para el diseño. Este considera el efecto de la esbeltez del soporte. Mc = Mu* δns.

* δns = Factor de ampliación de momentos para considerar el efecto de la curvatura del miembro entre extremos (Efecto P- δ).

* Mn = Momento resistente nominal

* Mc/(ϕ*Mn) = Relación de resistencia. Adicionalmente se muestra un gráfico de barras que permite observar las relaciones Mc/(ϕ*Mn) relativas entre los diferentes estados de carga. Si alguna barra se encuentra en rojo, la relación será mayor a la unidad.

Verificación de columnas de hormigón armado — RAM Elements (hoja 3 de 3).

9.2.3 Diseño de vigas de concreto reforzado

Se presenta el diseño de las vigas de concreto reforzado que conforman el sistema de entrepiso, la viga corona y la viga asísmica V-A, elementos encargados de transmitir las cargas hacia el sistema de columnas (ver Figuras 13 a 16).

ACERO PROPORCIONADO A VIGAS DE ENTREPISO

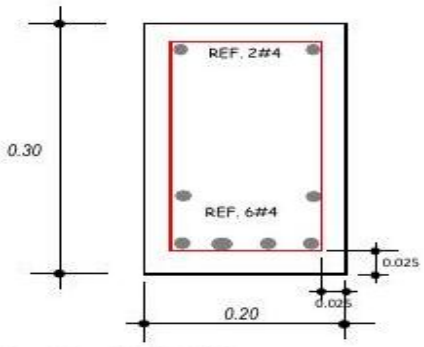
VIGA DE ENTREPISO DE CONCRETO REFORZADO 15X30

$$Ru = \frac{Mu}{\phi b d^2} \qquad \rho = \frac{0.85 f`c}{fy}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Ru}{0.85 f`c}}\right) \qquad As = \rho b d$$

Mu=	*456.98*	*kip-in*	*b=*	*5.9055*	*in*
	526646.642	*kg*cm*		*15.000*	*cm*
f´c=	*3*	*ksi*	*h=*	*15.748*	*in*
	211.0	*kg/cm²*		*40.000*	*cm*
fy=	*40*	*ksi*	d´=	*2.5*	*cm*
	2813	*kg/cm²*	*d=*	*37.500*	*cm*

Ru=	*27.74*	*kg/cm²*	
ρ =	*0.0108*		
As=	*6.059*	*cm²*	*Acero de refuerzo minimo*
*As= (6*1.27) + (2*1.27) = As=*		*10.160cm² > 6.37cm²*	

VIGA DE ENTREPISO



V-E concreto reforzado 20 x 30

$$Ru = \frac{Mu}{\phi b d^2} \qquad \rho = \frac{0.85 f`c}{fy}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Ru}{0.85 f`c}}\right) \qquad As = \rho b d$$

Mu=	*1779.5*	*kip-in*	*b=*	*11.811*	*in*
	2050784.936	*kg*cm*		*30.000*	*cm*
f´c=	*3*	*ksi*	*h=*	*15.748*	*in*
	211.0	*kg/cm²*		*40.000*	*in*
fy=	*40*	*ksi*	d´=	*2.5*	*cm*
	2813	*kg/cm²*	*d=*	*37.500*	*cm*

Ru=	*54.01*	*kg/cm²*	
ρ =	*0.0236*		
As=	*26.494*	*cm²*	*Acero de refuerzo minimo*
As= (10 x 2.8502)		*28.502cm² > 26.494cm²*	

Detalle de armado de la viga de entrepiso (20x30 cm): 6#4 inferior, 2#4 superior.

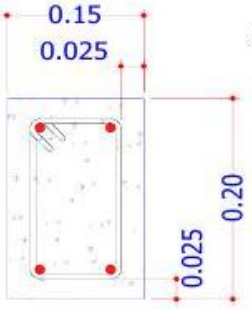
VIGA CORONA DE CONCRETO REFORZADO 15X20

$$Ru = \frac{Mu}{\phi b d^2} \qquad \rho = \frac{0.85 f`c}{fy}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Ru}{0.85 f`c}}\right) \qquad As = \rho b d$$

Mu=	28.44	kip-in	b=	5.9055	in
	32775.68058	kg*cm		15.000	cm
f´c=	3	ksi	h=	7.8740	in
	211.0	kg/cm²		20.000	in
fy=	40	ksi	d´=	2.5	cm
	2813	kg/cm²	d=	17.500	cm

Ru=	7.93	kg/cm²
ρ =	0.0029	
As=	0.757	cm²

Acero de refuerzo minimo

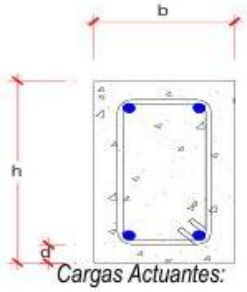


As= (4*1.2667cm²) = As= 5.067cm² > 0.757cm²

Usar viga corona V-C 0.15 x 0.20 con 4#4 estribos #2 @ 0.10 en uniones los primeros 5@ 0.05m.

Usar viga intermedia, dintel 0.15 x 0.15 con 4#3 estribos #2 @ 0.10 en uniones los primeros 5@ 0.05m.

REVISION DE VIGA ASISMICA V-A



L=	4.5	m
Hmedia=	3.45	m
D=	2.52	m
b=	20	cm
d'=	2.5	cm
h=	30	cm
d=	27.5	cm

Cargas Actuantes:

carga transmitida superior=	75.22	kg/m²
carga de pared=	200	kg/m²

Area de la seccion transversal de la viga asismica V-A

$A = b * h$ A= 600 cm²

Carga de diseño para la V-A

Detalle de armado de la viga corona (15x20 cm) y del dintel (15x15 cm).

Carga de pared=	*55.6416*	*kg*
carga puntual de V-A=	*1632.96*	*kg*
carga transmitida=	*852.9948*	*kg*
P total=	***2541.5964***	***kg***
Cortante transmitido=	*385.554*	*kg*
fuerza horizontal eje 2=	*25.150*	*kg*
V total=	***410.704***	***kg***

Momento de volcamiento (Mv).

$$Mv = 385.554 * 3.45 + \frac{25.150 * 3.45}{2}$$

Mv=	*1373.543847*	*kg-m*
Mv=	***137354.3847***	***kg-cm***

Revisando si la presion actuante (q) cumple

capacidad soporte del suelo (qs) a nivel de desplante

qs= 1 kg/cm²

asumido, ya que no hay estudios de suelo

$$q = \frac{Pt}{L.B} \pm \frac{6M}{B.L^2}$$

qmax= 0.486 kg/cm²

qmin= 0.079 kg/cm²

qmax= 0.486 kg/cm² < qs= 1 kg/cm² ok!!!

****por lo tanto la seccion es satisfactoria****

DISEÑO DEL REFUERZO

Resistencia a la compresion del concreto

f´c= 210 kg/cm²

Fluencia del acero grado 60

fy= 4200 kg/cm²

Momento para el calculo del Acero Mu

M=	*1675.98*	*kg-m*
M=	***167598***	***kg-cm***
As=	*1.791*	*cm²*
	0.28	*in²*
Cuantia (ρ)		
ρ=	*0.0033*	

Cuantia minima (ρmin)

$$\rho min = \frac{14}{fy}$$ ρmin= 0.00333

ρmin= 0.00333 < ρ= 0.0033 ok!!!

Chequeo del momento

$$Mu = \phi.\rho.b.d^2.fy\left(1 - 0.59\rho.\left(\frac{fy}{f'c}\right)\right).$$ Mu= 179062.7289 kg--cm

1790.627289 kg-m

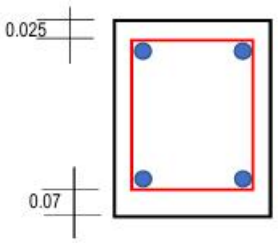
Mu= 1790.627289 kg-m > M= 1675.98 kg-m ok!!

Usar varilla de diametro= 1/2 in 0.5 in

A¼= 0.20 in²

4 varillas de 1/2 = As= 0.79 in² ok!

usar V-A de 20 x 30cm refuerzo longitudinal 4#4
y estribos #2 @10cm en uniones los primeros 5@5cm.



VIGA ASISMICA 0.20 x 0.30 CON
REFUERZO PRINCIPAL 4 #4
No 2 LOS PRIMEROS 5 @0.05 EL RESTO
@ 0.10m.
f'c = 3000 Psi

Nota: la cuantía calculada (ρ = 0.003257) resulta ligeramente menor que la cuantía mínima exigida (ρmín = 0.003333); en tal caso, el criterio normativo indica que debe adoptarse la cuantía mínima. El refuerzo finalmente adoptado (4 varillas de 1/2", As = 5.07 cm²) es considerablemente mayor tanto al área calculada como al área mínima requerida, por lo que la sección resulta satisfactoria.

9.2.4 Diseño de fundaciones (zapatas aisladas)

El diseño de las fundaciones se desarrolla mediante el cálculo de la zapata aislada tipo Z-1, verificando la capacidad portante del suelo, el peralte por cortante y el refuerzo requerido; los resultados se complementan con la verificación obtenida en el software RAM Elements (ver Figuras 17 a 25).

DISEÑO DE FUNDACIONES
DISEÑO DE ZAPATA AISLADA

Z-1

DATOS:

1) Carga Muerta (CM)
CM= 6.25 Ton

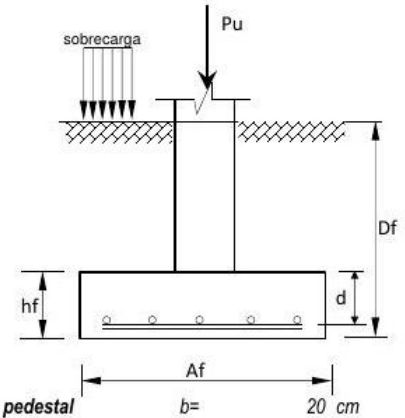
2) Carga Viva (CV)
CV= 4.654 Ton

3) Sobrecarga (Sc)
Sc= 100 kg/m^2

4) Densidad del Suelo (δ)
δ= 1675 kg/m^3

5) Capacidad soporte del Suelo (q)
q= 1 kg/cm^2

6) Niven de Desplante (Df)
Df= 1.1 m
d= 25 cm



pedestal *b= 20 cm*
h= 20 cm
Losa zapata= *hf= 30 cm*
d'= 5 cm

CALCULO Y ANALISIS

1) Peso total de sobrecarga:
*(1675*1.1)+100* = *1942.5 kg/m^2*
1.9425 Ton/m^2

2) Capacidad de Carga Neta del Terreno (qN)
(1-(1942.5/100^2) = *0.80575 kg/cm^2*
8.0575 Ton/m^2

3) Area de la Base de la zapata (Af)

$$Af = \frac{CM + CV}{qN}$$ *Af= 1.35 m^2*

Usar una zapata tentativa de Af= A x B *1.20 x 1.20*

$Af = A \; x \; B$ *Af= 1.44 m^2 > 1.35*

4) Cargas Factorizadas y reaccion del terreno debido a estas (Pu)

$Pu = 1.2CM + 1.6CV$ *Pu= 14.9464 Ton*

$qs = \frac{Pu}{Af}$ *qs= 10.379 Ton/m^2*

Esquema de cargas y geometría de la zapata aislada Z-1.

Revision por cortante

DISEÑO DEL PERALTE DE LA ZAPATA

DATOS:

1) Resistencia a compresion del concreto (f'c)

f'c= 210 kg/cm^2

2) Resistecia a la fluencia del Acero (fy)

fy= 2800 kg/cm^2

3) Peralte losa de zapata (d)

d= 25 *cm*

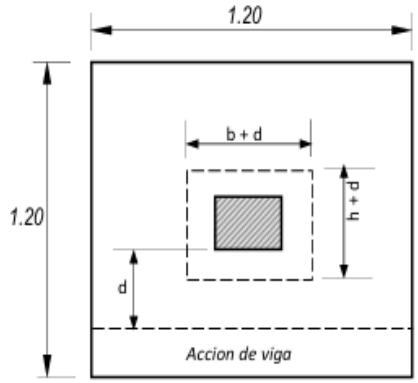
4) Columna 0.25 *m*

b= 20 *cm*

0.2 *m*

h= 20 *cm*

0.20 *m*



ACCION DE VIGA:

$Vu \leq \Phi Vn$

$Vu = qs\ x\ Accion\ de\ viga$

Vu= 3.11 *Ton*

$\Phi Vn = \Phi(0.53\sqrt{f'c}.bw.d)$

$\Phi Vn =$ 19585.10 *kg*

19.59 *Ton*

Vu= ***3.11 Ton*** < $\Phi Vn =$ ***19.59 Ton*** **GOOD**

ACCION EN DOS DIRECCIONES:

$Vu \leq \Phi Vn$

$Vu = qs\ x\ Accion\ dos\ direcciones$

Vu= 12.84 *Ton*

$\Phi Vn = \Phi(0.27)\left(2 + \frac{4}{\beta c}\right)\sqrt{f'c}.bo.d$

$bo = (b + d)2 + (h + d)2$ *bo=* 180 *cm*

$\beta c = \frac{b}{h}$ *βc=* 1

$\Phi Vn = 0.85(0.27)\left(2 + \frac{4}{1}\right)\sqrt{210}\ x\ 200\ x\ 25$ $\Phi Vn =$ 89795.816 *kg*

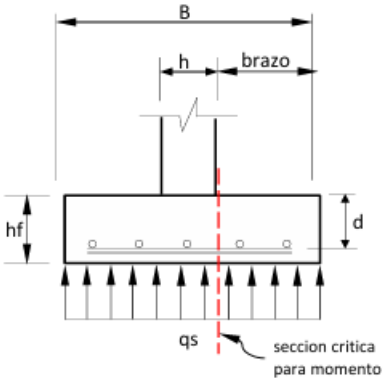
89.80 *Ton*

Vu= ***12.845 Ton*** < $\Phi Vn =$ ***89.796 Ton*** **GOOD**

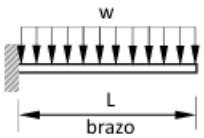
Por lo tanto el peralte de losa de zapata efectivo d= ***25*** ***cm***
es suficiente para resistir el cortante.

DISEÑO DEL REFUERZO DE LA ZAPATA

A=	1.20	m
B=	1.20	m
hf=	30	cm
	0.30	m
brazo=	0.45	m



$$M = \frac{w.L^2}{2}$$



Carga distribuida en la direccion de analisis: (w)

$$w = qs.A$$

w= 12.46 Ton/m

Momento ultimo : (Mu)

$$Mu = \frac{(12.46) * 0.45^2}{2}$$

Mu= 1.261 Ton-m

Calculo del area de acero requerida: (As)

Resistencia Requerida (Ru)

$$Ru = \frac{Mu}{\Phi bd^2}$$

Ru= 1.87 kg/cm^2

Cuantia: (ρ)

$$\rho = \frac{0.85f'c}{fy}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Ru}{0.85f'c}}\right)$$

ρ = 0.00067

revisar espesor minimo requerido para losas (ρ min)

ρ min= 0.0018

ρ min= 0.0018 < ρ= 0.00067 **NO GOOD**

usar ρ = 0.0018

Area de acero requerida (Asreq)

$$Asreq = \rho bd$$

As_{req} = 5.4 cm^2

0.837 sq.in

Probando con Varilla # 4

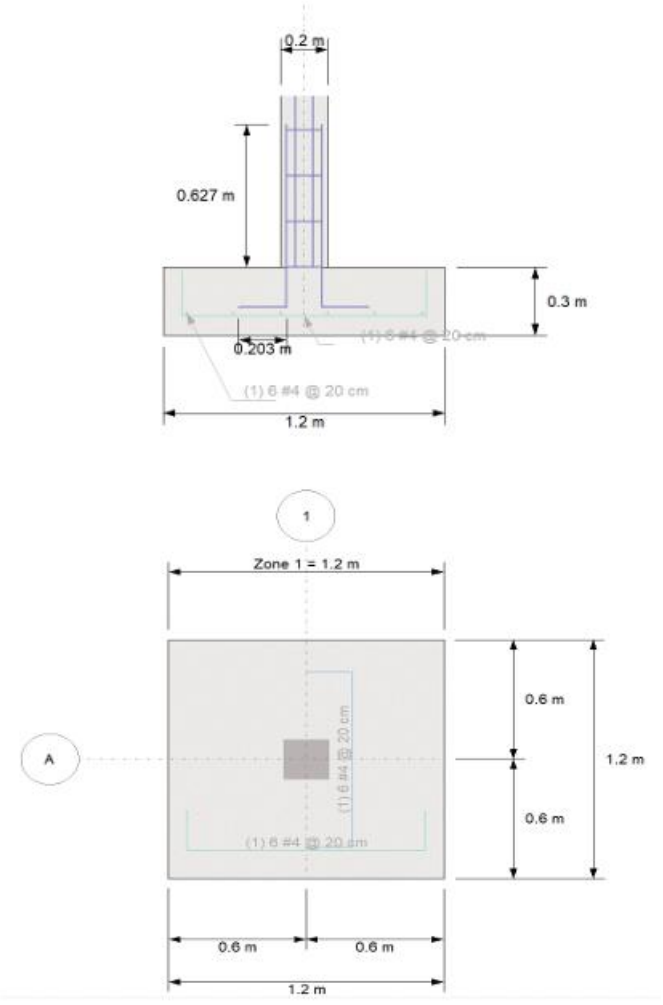
As= 0.20 sq.in

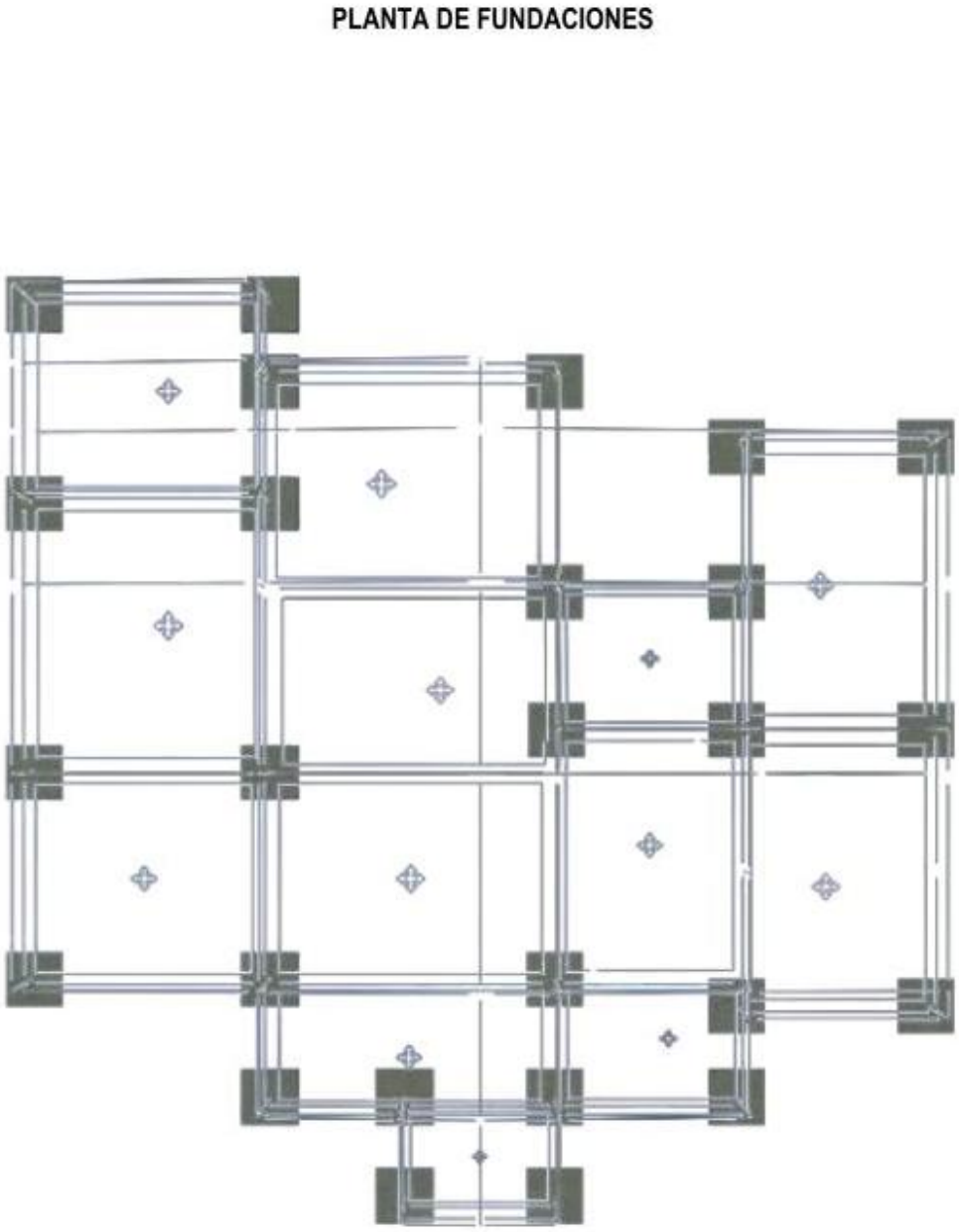
1.267 sq.cm

Area de acero minimo por temperatura

$As = 0.002\ x\ 120 \times 30$ As_{min} = 7.20 cm^2

Usar 6 varillas # 4 @ 20cm, en ambas direcciones

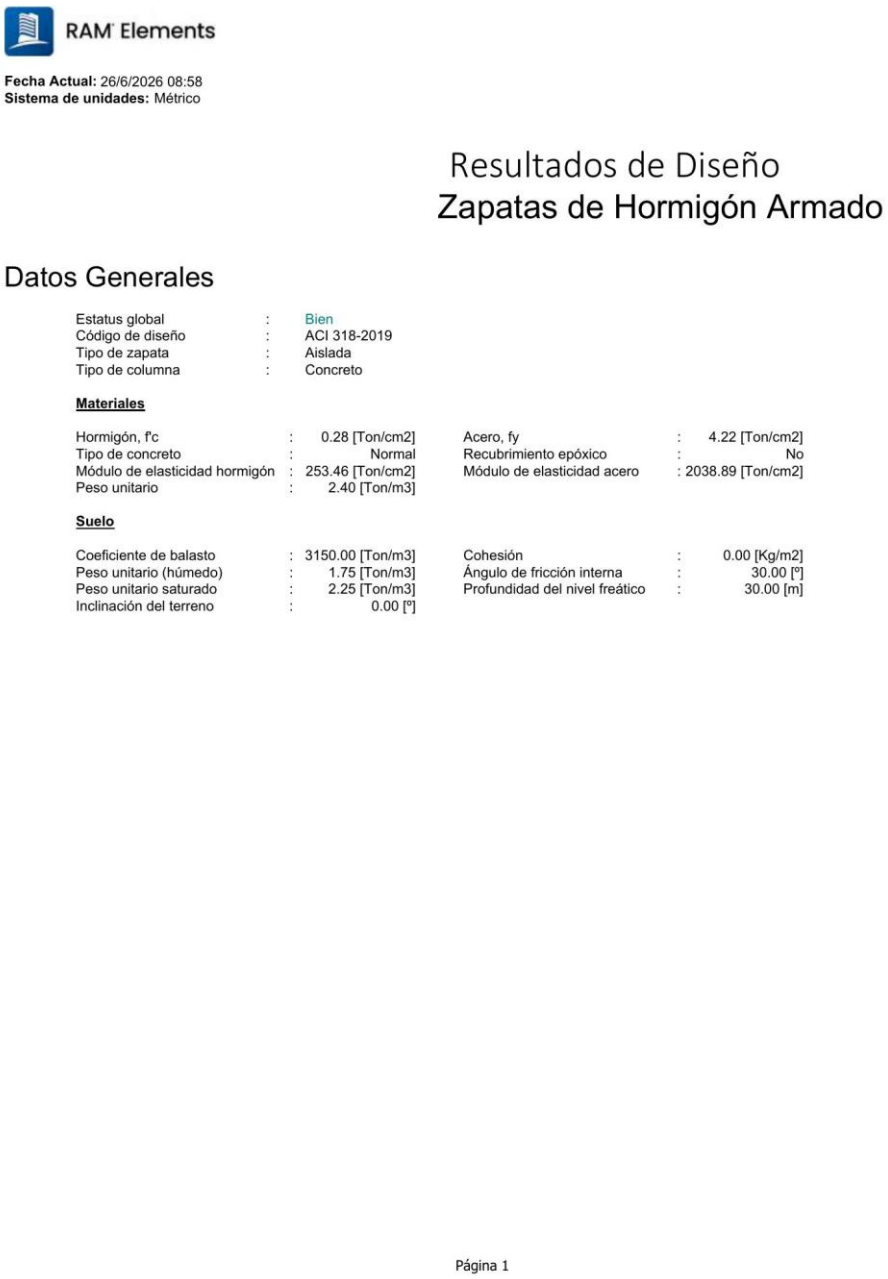




Planta de fundaciones de la vivienda.

Verificación de zapatas de hormigón armado mediante software RAM Elements

De forma complementaria al cálculo manual, la zapata Z-1 se verificó con el software RAM Elements bajo el Código ACI 318-2019, obteniéndose un estatus general de "Bien".



RAM Elements

Fecha Actual: 26/6/2026 08:58
Sistema de unidades: Métrico

Resultados de Diseño
Zapatas de Hormigón Armado

Datos Generales

Estatus global	:	Bien
Código de diseño	:	ACI 318-2019
Tipo de zapata	:	Aislada
Tipo de columna	:	Concreto

Materiales

Hormigón, f'c	:	0.28 [Ton/cm2]	Acero, fy	:	4.22 [Ton/cm2]
Tipo de concreto	:	Normal	Recubrimiento epóxico	:	No
Módulo de elasticidad hormigón	:	253.46 [Ton/cm2]	Módulo de elasticidad acero	:	2038.89 [Ton/cm2]
Peso unitario	:	2.40 [Ton/m3]			

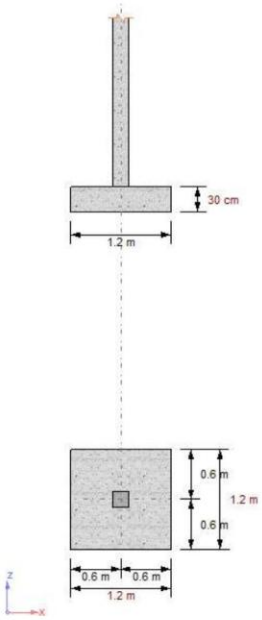
Suelo

Coeficiente de balasto	:	3150.00 [Ton/m3]	Cohesión	:	0.00 [Kg/m2]
Peso unitario (húmedo)	:	1.75 [Ton/m3]	Ángulo de fricción interna	:	30.00 [°]
Peso unitario saturado	:	2.25 [Ton/m3]	Profundidad del nivel freático	:	30.00 [m]
Inclinación del terreno	:	0.00 [°]			

Página 1

Verificación de zapatas de hormigón armado — RAM Elements (hoja 1 de 4).

Geometría



Longitud	:	1.20 [m]
Ancho	:	1.20 [m]
Espesor	:	0.30 [m]
Profundidad de la base	:	1.10 [m]
Área de la base	:	1.44 [m2]
Volumen de la zapata	:	0.43 [m3]
Longitud de la columna	:	20.00 [cm]
Ancho de la columna	:	20.00 [cm]
Posición de la columna respecto al c.g. de la zapata	:	Centrada

Reinforcement

Armadura longitudinal

Recubrimiento libre	:	8.00 [cm]
Relación máxima permitida entre Rho/Rho balanceo	:	0.75
Armadura // a L (xx) inferior	:	4-#5 @ 34.00cm
Armadura // a B (zz) inferior	:	4-#5 @ 34.00cm (Zona 1)

Armadura de espera

Verificación de zapatas de hormigón armado — RAM Elements (hoja 2 de 4).

Armadura 1	:	8-#4
Recubrimiento libre	:	2.50 [cm]
Longitud de anclaje calcular	:	a tracción
Número de barras // al eje x	:	3
Número de barras // al eje z	:	3
Estribos	:	#4 @ 20.00cm
Número de ramas // al eje x	:	2
Número de ramas // al eje z	:	2

Condiciones de carga

Servicio:
C1 : pp+cm

Límite ultimo:
C2 : 1.2pp+1.2cm+1.6cv+1.6sx
C3 : 1.2pp+1.2cm+1.6cv+sx+w
C4 : 0.9pp+0.9cm+cv+sx+w

Cargas

Estado	Zapata	Nudo	Axial [Kg]	Mxx [Ton*m]	Mzz [Ton*m]	Vx [Kg]	Vz [Kg]
pp	1	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
cm	1	5	10016.05	0.00	-0.40	-387.36	0.00
cv	1	5	3725.56	0.00	-0.15	-142.86	0.00
sx	1	5	2642.61	0.00	-0.16	-105.82	0.00
w	1	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Diseño

Estatus : Bien

Interacción suelo - fundación

Esfuerzo debido al peso del relleno y de la zapata	:	2.52E03 [Kg/m2]
Factor de seguridad min. para capacidad portante	:	2.50
Factor de seguridad min. para deslizamiento	:	1.25
Factor de seguridad min. a vuelco	:	1.25
Esfuerzo efectivo previo (qef)	:	1.93E03 [Kg/m2]
Estado gobernante	:	C1 - 1

Estado Zapata	qu [Kg/m2]	qnmax [Kg/m2]	qnav [Kg/m2]	FS C. Port.	Δmax [cm]	Área comp(%)	Volteo FSx	Volteo FSz	FS desliz.
C1 - 1	6.47E04	8.95E03	7.15E03	7.01	0.345	100	1000.00	15.17	18.88

Flexión

Factor ϕ : 0.90
Cuantía mínima : 0.00180

Longitud de desarrollo

Eje	Pos.	ld [cm]	lhd [cm]	Dist1 [cm]	Dist2 [cm]
z	Inf.	48.80	17.08	42.00	42.00
x	Inf.	48.80	17.08	42.00	42.00

Verificación de zapatas de hormigón armado — RAM Elements (hoja 3 de 4).

Eje	Pos.	Estado Zapata	Mu [Ton*m]	ϕ*Mn [Ton*m]	Asreq [cm2]	Asprov [cm2]	Asreq/Asprov	Mu/(ϕ*Mn)
zz	Sup.	C2 - 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
zz	Inf.	C2 - 1	2.77	6.26	6.48	8.00	0.810	0.443
xx	Sup.	C2 - 1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
xx	Inf.	C2 - 1	2.31	5.78	6.48	8.00	0.810	0.400

Cortantes

Factor ϕ : 0.75
Área de corte plano zz : 0.25 [m2]
Área de corte plano xx : 0.24 [m2]

Plano	Estado Zapata	Vu [Kg]	Vc [Kg]	Vu/(ϕ*Vn)
xy	C2 - 1	5622.64	12590.63	0.595
yz	C2 - 1	6447.64	13260.99	0.648

Corte por punzonamiento

Factor ϕ : 0.75
Perímetro de corte (bo 1) : 1.62 [m]
Área de punzonamiento : 0.33 [m2]

Columna	Estado Zapata	Vu [Kg]	Vc [Kg]	Vu/(ϕ*Vn)
columna 1	C2 - 1	19689.59	58689.17	0.447

Notas aclaratorias:

* El suelo bajo la zapata se considera elástico y homogéneo. Se asume una variación lineal de presión en el suelo.
* La armadura requerida a flexión considera por lo menos la cuantía mínima.
* En relación al diseño a flexión, el máximo momento de diseño se calcula en secciones críticas ubicadas en los paramentos del soporte
* Sólo se toman en cuenta zapatas de sección constante con columnas rectangulares.
* La resistencia lineal a corte se verifica en secciones críticas ubicadas a una distancia d (d = altura útil) a partir del paramento del soporte
* La resistencia a punzonamiento se verifica en una sección perimetral ubicada a una distancia d/2 alrededor de las caras del soporte
* No se considera armadura transversal en las zapatas.
* Los valores en rojo no cumplen con alguna provisión de la norma.

*qef = esfuerzo efectivo en el nivel de fundación previo a la instalación y carga de la zapata.
*qu = capacidad soporte última obtenida por el método de Meyerhof, Hansen o Vesic.
*qnmax = Máxima presión neta bajo la base de la zapata sobre el terreno. qnmax=qmax-qef
FS (c.p) = Factor de seguridad a capacidad portante, FS= (qu-qef)/qnmax
FS (desliz.) = Factor de seguridad a deslizamiento.

*Δmax = asentamiento total máximo (considerando el suelo como material elástico por medio del coeficiente de balasto).
* Mn = Momento resistente nominal

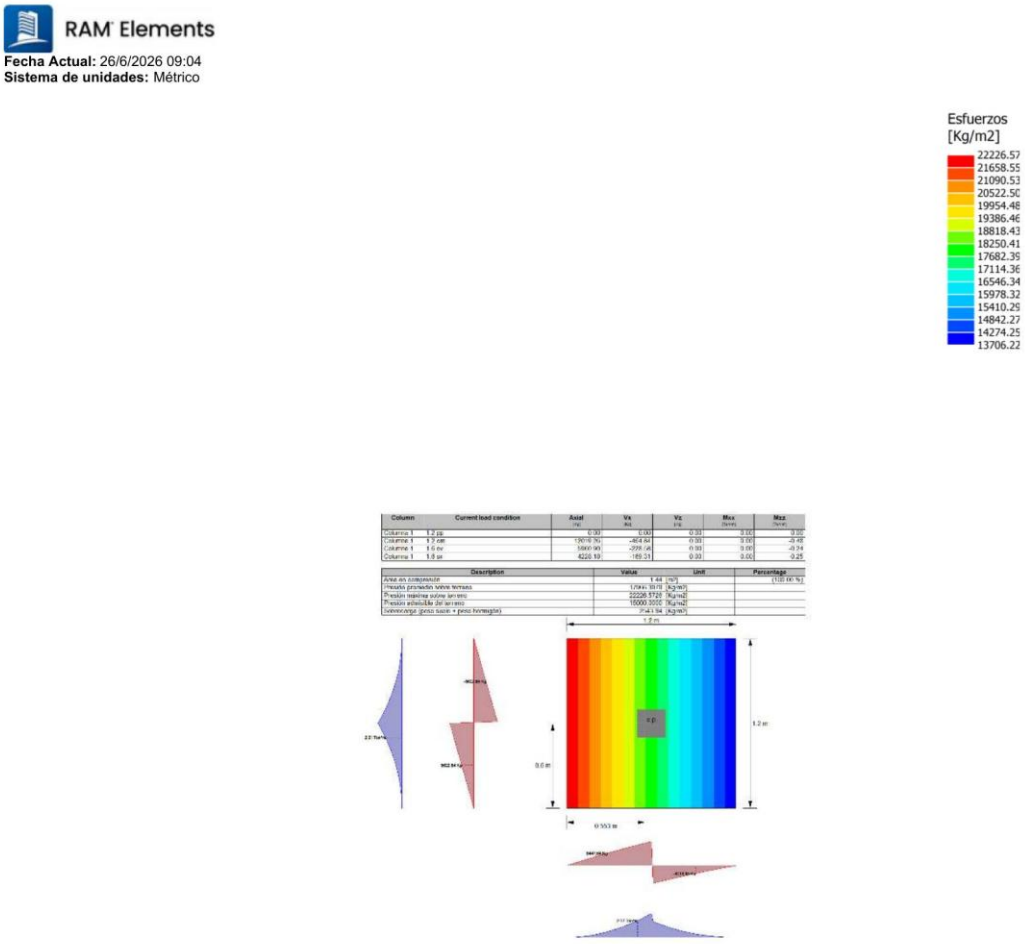
* Mu/(ϕ*Mn) = Relación de resistencia.
* Vn = Fuerza nominal de corte o punzonamiento (para zapatas Vn=Vc).

* Vu/(ϕ*Vn) = Relación de resistencia a corte o punzonamiento.

Verificación de zapatas de hormigón armado — RAM Elements (hoja 4 de 4).

Reacción del terreno bajo la zapata

El software permite además visualizar la distribución de esfuerzos transmitidos al terreno bajo la zapata, así como los diagramas de reacción en ambas direcciones de análisis.



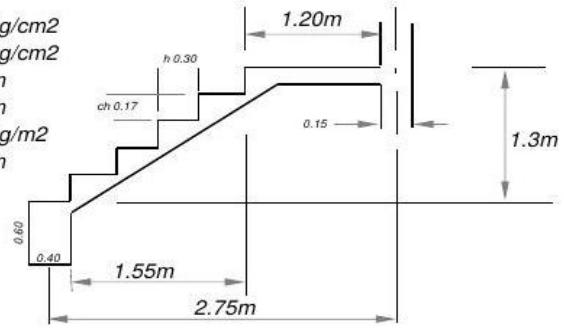
Distribución de esfuerzos y reacción del terreno bajo la zapata Z-1 — RAM Elements

9.2.5 Diseño de gradas

A continuación se presenta el diseño estructural de las gradas de acceso al segundo nivel, incluyendo el predimensionamiento, el metrado de cargas y el cálculo del refuerzo correspondiente (ver Figuras 26 a 28).

DISEÑO DE GRADAS

(f'c) :	210	kg/cm2
(fy) :	2800	kg/cm2
h :	0.30	m
ch :	0.18	m
Sc :	500	kg/m2
D:	1.2	m



Predimensionamiento espesor de losa (t)

$t = \frac{L}{20}$ t= 0.138 m

tprom= 0.124 m

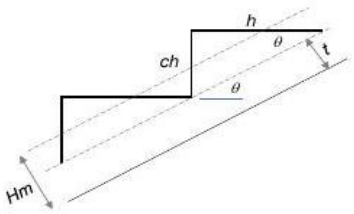
$t = \frac{L}{25}$ t= 0.110 m

Usar espersor de losa t= 0.15 m

$Hm = \frac{t}{cos\theta} + \frac{ch}{2}$ $cos\theta = \frac{h}{\sqrt{h^2+ch^2}}$

cos θ = 0.8575

Hm= 0.265 m

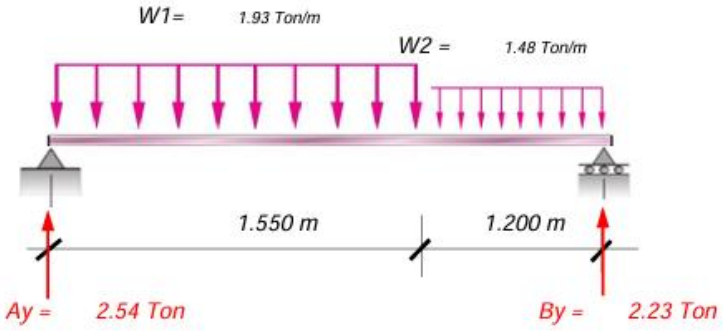


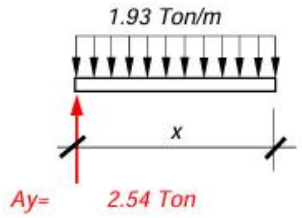
Metrado de Cargas

	Gradas		
1-	*Peso propio:*		*0.763 Ton/m*
2-	*Piso terminado: 38 kg/m2*		*0.0456 Ton/m*
		cm=	***0.809 Ton/m***
	carga viva	***cv=***	***0.6 Ton/m***
	w1=1.2cm + 1.6cv	***w1=***	***1.931 Ton/m***
	Descanso		
1-	*Peso propio:*		*0.432 Ton/m*
2-	*Piso terminado: 38 kg/m2*		*0.038 Ton/m*
		cm=	***0.47 Ton/m***
		cv=	***0.6 Ton/m***
		w2=	***1.4784 Ton/m***

Idealizacion de las gradas con cargas de diseño

Idealización de las gradas con las cargas de diseño.





Cortante (V)

$$V = 3.43 - 1.61x$$

si V=0 x= 1.32 m

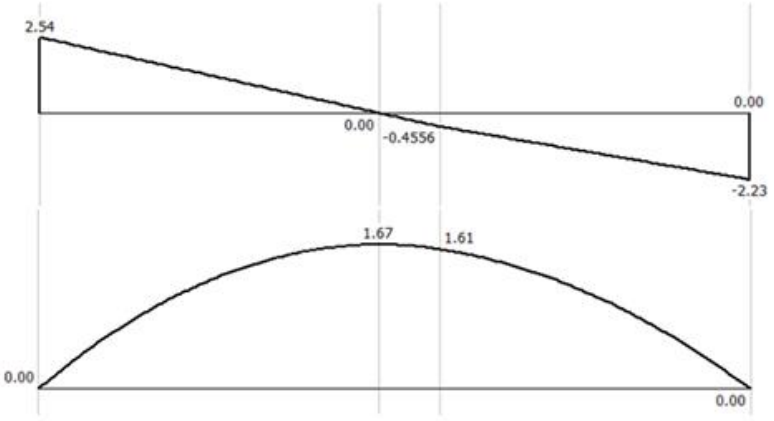
Momento (M)

$$M = 3.43x - 0.805x^2$$

si x = 1.32 m el M es maximo

Mmax= 1.671 Ton*m

Mmax= 167091.41 kg*cm



Verificacion por cortante

Vmax= 2.54 Ton

$Vn < Vc$

d = 13 cm

Vud= Vmax - wu*d

Vud= 2.289 Ton

Vud'= Vud*cos θ

Vud'= 1.963 Ton

$$Vn = \frac{Vud'}{\Phi} \qquad Vn = \quad 2.181 \ Ton$$

$$Vc = 0.53\sqrt{f'c} * b * d \qquad Vc = 0.53\sqrt{210} * 100 * 12$$

$$Vc = \quad 9984.559 \ kg$$
$$Vc = \quad 9.985 \ Ton$$

$$Vc = \quad 9.985 \ Ton \ > \ Vn = \quad 2.181 \ Ton \qquad \textbf{Good}$$

Calculo del Acero

As + acero positivo

$$As = \frac{Mu}{\Phi * fy * \left(d - \frac{a}{2}\right)} \qquad As = \frac{365688.86}{\Phi * 2800 * 0.9 * 12}$$

$$As = \quad 5.67 \ cm^2$$

$$a = \frac{As * fy}{0.85 f'c * b} \qquad a = \frac{12.40 * 2800}{0.85 * 210 * 100}$$

$$a = \quad 0.89 \ cm$$

$$\textbf{As} = \quad \textbf{4.56} \ \textbf{cm}^2$$

Probando varilla No 4

Usar 5 barras #4

Separacion

$$S = \frac{100 - 2 * 12 - 1.27}{5 - 1} \qquad S = \quad 18.18 \ cm$$

Por lo tanto usar No 4 @ 0.20m

As - acero negativo

As=50%As+ **As=** **2.28 cm²**

Probando varilla No 4 usar 5 barras #4

Separacion

$$S = \frac{100 - 2 * 12 - 0.9525}{5 - 1} \qquad S = \quad 18.26 \ cm$$

Por lo tanto usar No 4 @ 0.20m

Acero por Contraccion y Temperatura

As= 100 * 12 * 0.0018 $\qquad As = \quad 2.34 \ cm^2$

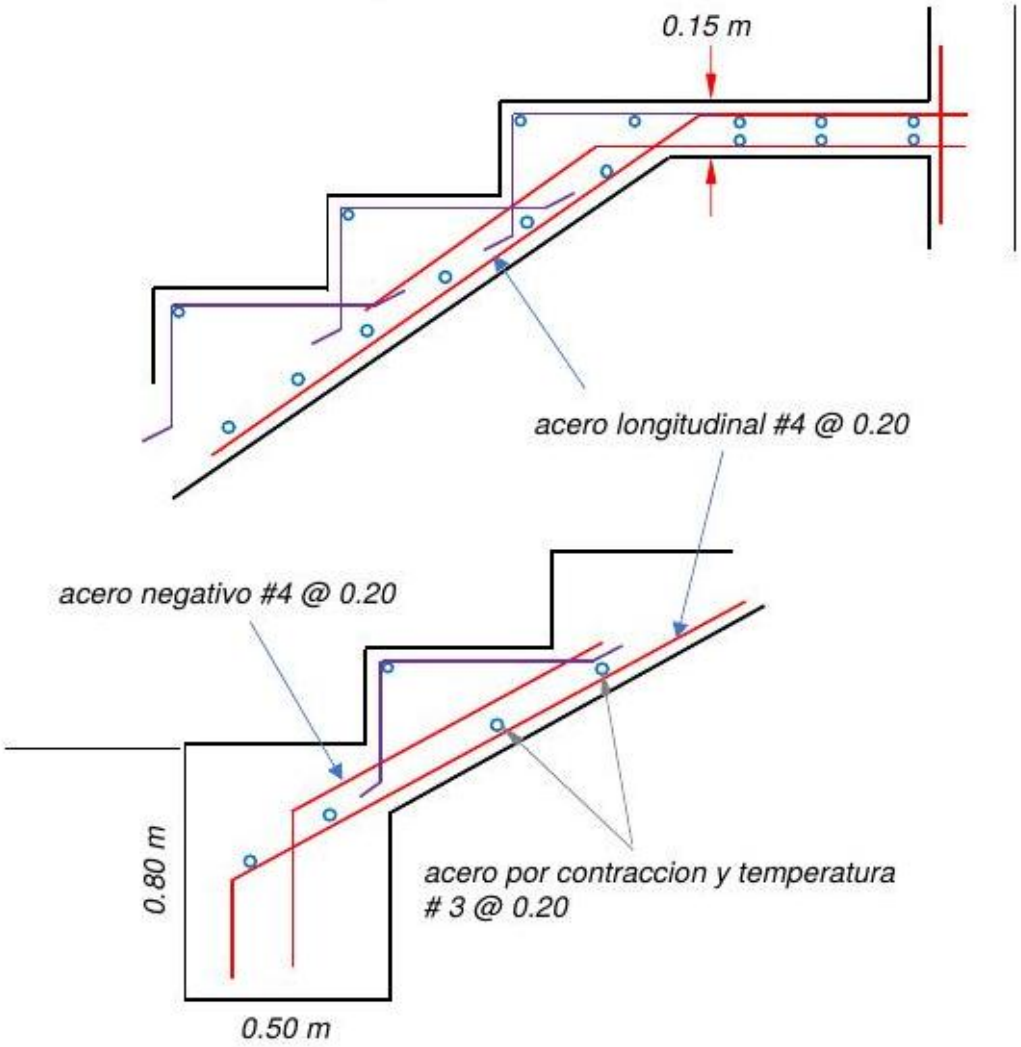
Probando No 3

Usar 4 barras No 3

$$S = \frac{100 - 2 * 12 - 0.9525}{4 - 1}$$

S= *23.02 cm*

******Por lo tanto usar No3 @ 0.20m******



Detalle del armado de las gradas: acero positivo, negativo y por temperatura.

9.2.6 Diseño de losa de entrepiso

DISEÑO DE LOSA DE ENTREPISO

(f'c) :	210	kg/cm2
(fy) :	4200	kg/cm2
Claro L =	4.5	m
Carga Viva cv	**200**	**kg/m2**

Carga Muerta CM

1) Carga muerta Piso ceramica:		30	kg/m2
2) Mortero: (1600 kg/m3 x 0.005m)		8	kg/m2
3) Losa : 238.5cm /20 = 11.925cm			
usar hf = 15cm (2400 kg/m3 x 0.14m)		360	kg/m2
4) Cielo raso Gypsum		11	kg/m2
5) Paredes		200	kg/m2
6) Accesorios		2	kg/m2
	CM =	**611**	**kg/m2**

Carga ultima Wu = 1.2cm + 1.6cv Wu = 1053.20 kg/m2

Momento Ultimo

$$Mu = \frac{WL^2}{8}$$

Mu= 2665.913 kg-m
266591.25 kg-cm

Calculo del refuerzo

$$As = \frac{Mu}{\Phi * fy * \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

As= 6.81 cm2

$$a = \frac{As * fy}{0.85 * f'c * b} \qquad a = \frac{6.81 * 4200}{0.85 * 210 * 100}$$

a = 1.603 cm

a = 6.592 cm2

Usar varilla No 3 @ 0.12m c/c

Refuerzo por Contraccion y Temperatura

cuantia minima ρ = 0.0018

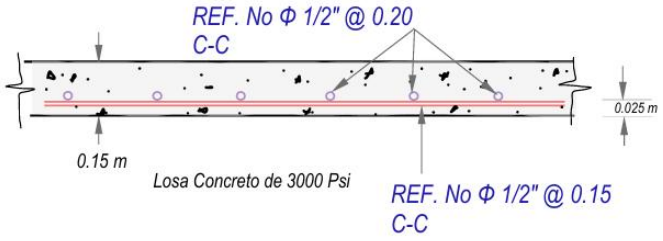
$$As = \rho * b * h \qquad As = 0.0018 * 100 * 15$$

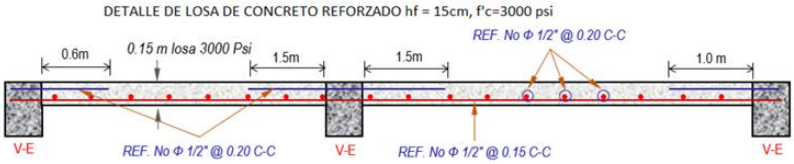
As = 2.52 cm2

Separacion Maxima Smax = 3h Smax = 42 cm

Detalle de armado de la losa de entrepiso (hf = 15 cm, f'c = 3,000 psi).

Usar varilla No 3 @ 0.20m c/c





X. Discusión

Los resultados obtenidos muestran que la integración de la propuesta arquitectónica existente con el diseño y análisis estructural sismo resistente, desarrollado conforme al Reglamento Nacional de la Construcción (RNC-07), la Norma Sismo Resistente NSN-001 y el Código ACI 318, permite garantizar la seguridad estructural y la estabilidad de la vivienda de dos niveles proyectada en la comarca Los Brasiles. La propuesta arquitectónica, materializada en una edificación de aproximadamente 440 m² distribuidos en dos niveles, resultó compatible con un sistema estructural mixto de marcos de concreto reforzado, muros de mampostería confinada y cubierta metálica liviana, cuyo comportamiento fue verificado mediante la memoria de cálculo presentada en el apartado 9.2. En dicha memoria, la totalidad de los elementos estructurales evaluados —perlines y viga caja de la cubierta, columnas de primer y segundo nivel, vigas de entrepiso, viga corona, viga asísmica V-A, zapata aislada Z-1, losa de entrepiso y gradas— cumplieron con los estados límite de resistencia y de servicio exigidos, tanto en la verificación manual como en la validación complementaria realizada con el software RAM Elements bajo el Código ACI 318-2019.

Estos resultados respaldan la hipótesis planteada al inicio de la investigación y coinciden con lo señalado por Cerda Ortiz et al. (2018), quienes concluyeron que el diseño estructural basado en marcos dúctiles de concreto reforzado incrementa la capacidad de disipación de energía y reduce el riesgo de colapso en edificaciones de baja altura: en el presente estudio, el factor de reducción por ductilidad Q=3 adoptado —sustentado en la combinación de marcos de concreto reforzado y muros de mampostería confinada— resultó coherente con el comportamiento dúctil esperado para estructuras del Grupo B según el Artículo 20 del RNC-07. La holgura observada entre las capacidades resistentes y las demandas actuantes —por ejemplo, en las columnas de primer nivel, donde la fuerza de compresión calculada (Pc=83.15 kip) superó ampliamente la carga axial última (Pu=52.15 kip), o en las relaciones de resistencia obtenidas mediante RAM Elements, que en ningún caso superaron el valor de 0.71— confirma lo planteado por Torres y colaboradores (2016) respecto a que el cumplimiento riguroso de la normativa mejora significativamente la resistencia estructural de las viviendas. Cabe señalar, sin embargo, que estos amplios márgenes de seguridad también podrían interpretarse como un indicio de secciones sobredimensionadas, por lo que un análisis de optimización posterior podría explorar secciones más esbeltas sin comprometer la seguridad estructural. Asimismo, las verificaciones por deflexión, tanto en los elementos de cubierta como en la losa de entrepiso, se mantuvieron por debajo de los límites permisibles, lo que indica que el diseño satisface no solo los requerimientos de resistencia, sino también los criterios de servicio y confort para los ocupantes.

Estos hallazgos coinciden con lo planteado por Alvarado y González (2009) en su estudio sobre el análisis y diseño estructural de una vivienda de dos plantas en Managua, en el que se demostró la importancia de considerar las cargas sísmicas desde la etapa inicial del diseño arquitectónico; la presente investigación confirma esta premisa al tomar en cuenta la propuesta arquitectónica existente desde el inicio del análisis estructural. De igual forma, se contrastan los resultados con lo señalado por CISMID-UNI (2018), quienes identificaron que buena parte de las viviendas de dos niveles evaluadas en Perú presentaban deficiencias de rigidez y confinamiento estructural por incumplimiento normativo: a diferencia de ese

panorama, la vivienda proyectada en Los Brasiles cumplió cabalmente con los criterios de RNC-07, NSN-001 y ACI 318, lo que evidencia que es técnica y económicamente viable incorporar un diseño estructural formal incluso en proyectos de vivienda unifamiliar de pequeña escala. Desde el punto de vista práctico, este hallazgo aporta un caso aplicado que podría orientar la toma de decisiones de diseñadores y constructores que trabajan en comarcas periurbanas de Managua, donde habitualmente prevalece la autoconstrucción sin respaldo de ingeniería estructural, y contribuye a reducir la vulnerabilidad sísmica de comarcas como Los Brasiles ante la alta peligrosidad sísmica que caracteriza a la ciudad.

No obstante, es necesario reconocer las limitaciones inherentes al alcance de la presente investigación. En primer lugar, al no contarse con un estudio de suelos para el sitio específico de emplazamiento, la capacidad portante y el peso volumétrico del suelo fueron asumidos con el consentimiento de la parte interesada, lo cual introduce un grado de incertidumbre en el diseño de las fundaciones que debería verificarse posteriormente mediante un estudio geotécnico formal. En segundo lugar, tratándose de una investigación de tipo aplicado, descriptivo y de diseño no experimental, con alcance proyectivo, la comprobación de la hipótesis se realizó exclusivamente mediante la verificación del cumplimiento normativo, y no a través de ensayos de laboratorio ni de pruebas físicas a escala real sobre los elementos diseñados. Finalmente, los resultados obtenidos son específicos a las condiciones sísmicas, geotécnicas y normativas de la comarca Los Brasiles y de la ciudad de Managua, por lo que no son generalizables directamente a otras zonas geográficas sin realizar los ajustes correspondientes según las características del suelo, la amenaza sísmica y las reglamentaciones locales.

A partir de estas limitaciones se abren distintas líneas de investigación futura. Sería conveniente complementar este estudio con un análisis geotécnico del sitio que permita verificar o ajustar los parámetros de suelo asumidos, así como desarrollar un análisis dinámico no lineal o de historia en el tiempo que permita evaluar con mayor detalle el comportamiento de la estructura ante eventos sísmicos reales. Asimismo, podría resultar de interés replicar esta metodología de diseño integrado en otras viviendas de la comarca Los Brasiles o de comarcas similares del municipio de Managua, con el fin de generar un modelo de referencia replicable para la vivienda sismo resistente de bajo costo en zonas de amenaza sísmica alta.

En síntesis, el proceso de diseño y análisis estructural desarrollado, con base en la propuesta arquitectónica existente, demuestra que la vivienda de dos niveles proyectada en la comarca Los Brasiles cumple con los criterios de seguridad, estabilidad y funcionalidad exigidos por la normativa nicaragüense y por los estándares internacionales considerados, constituyendo una respuesta técnica adecuada frente a la alta peligrosidad sísmica que caracteriza a la ciudad de Managua, y aportando evidencia aplicada sobre la viabilidad de incorporar el diseño sismo resistente formal en la vivienda unifamiliar de baja altura.

XI. Conclusiones

El desarrollo de la presente investigación permitió cumplir el objetivo general planteado, consistente en desarrollar el diseño estructural y el análisis sismo resistente de una vivienda de dos niveles en concreto reforzado ubicada en la comarca Los Brasiles, con base en una propuesta arquitectónica previamente elaborada, aplicando los criterios establecidos en el Reglamento Nacional de la Construcción (RNC-07), la Norma Sismo Resistente NSN-001 y el Código ACI 318. En correspondencia con los tres objetivos específicos que orientaron el trabajo, se logró describir la propuesta arquitectónica existente, estableciendo la geometría y las condiciones base para el análisis estructural; se aplicaron rigurosamente los requisitos normativos vigentes en el análisis y diseño de los elementos estructurales; y se evaluó el comportamiento estructural de la vivienda mediante cálculo manual y herramientas de modelación (RAM Elements), verificando el cumplimiento de los parámetros de seguridad y funcionalidad exigidos.

Los resultados obtenidos y discutidos a lo largo de la investigación permiten, asimismo, confirmar la hipótesis planteada: la aplicación de un análisis y diseño estructural riguroso, desarrollado a partir de una propuesta arquitectónica funcional ya elaborada y sustentado en el cumplimiento estricto del RNC-07, la NSN-001 y el ACI 318, garantiza la seguridad estructural y la estabilidad de la vivienda de dos niveles proyectada en la comarca Los Brasiles. De igual forma, se verificó que el concreto reforzado, empleado como sistema constructivo principal y diseñado bajo el método de resistencia última, proporciona una respuesta mecánica eficiente y una disipación de energía adecuada, mitigando el riesgo de colapso ante la alta peligrosidad sísmica que caracteriza a la ciudad de Managua. A continuación, se detallan los hallazgos específicos derivados del análisis y diseño estructural desarrollado.

Con base en el análisis y diseño estructural desarrollado para la vivienda unifamiliar de dos niveles ubicada en la Comarca Los Brasiles, Municipio de Managua, Departamento de Managua, se concluye que la solución estructural propuesta cumple satisfactoriamente con los objetivos establecidos para el proyecto, garantizando condiciones adecuadas de seguridad, estabilidad, funcionalidad y durabilidad para la vida útil prevista de la edificación.

Durante el proceso de diseño se evaluaron las diferentes acciones que actuarán sobre la estructura, incluyendo las cargas permanentes correspondientes al peso propio de los elementos estructurales y no estructurales, las sobrecargas de uso propias de una edificación residencial, así como las acciones ambientales derivadas de los efectos del viento y de la actividad sísmica característica de la región. Estas solicitaciones fueron consideradas mediante las combinaciones de carga establecidas por la normativa vigente, permitiendo determinar de forma confiable las demandas estructurales a las que estará sometida la edificación durante su funcionamiento.

Los resultados obtenidos evidencian que el sistema estructural adoptado, conformado por marcos de concreto reforzado, muros de mampostería confinada, losa maciza de entrepiso y estructura metálica de cubierta, presenta un comportamiento adecuado frente a

las condiciones de carga consideradas. Los elementos estructurales diseñados poseen la capacidad resistente requerida para soportar los esfuerzos generados por las diferentes combinaciones de carga, manteniendo niveles aceptables de deformación y garantizando un desempeño satisfactorio tanto en los estados límite de resistencia como en los estados límite de servicio.

Asimismo, el análisis realizado permitió verificar que la interacción entre los distintos componentes estructurales proporciona una adecuada rigidez global a la edificación, favoreciendo la transmisión eficiente de las cargas desde la superestructura hacia las fundaciones. La incorporación de muros de mampostería confinada y el comportamiento de la losa como diafragma rígido contribuyen significativamente a la estabilidad lateral de la estructura, mejorando su capacidad de respuesta ante eventos sísmicos y reduciendo la probabilidad de daños asociados a desplazamientos excesivos.

En relación con la estructura de cubierta, la utilización de un sistema metálico liviano conformado por vigas principales y correas de acero estructural representa una solución eficiente desde el punto de vista estructural y constructivo, ya que permite disminuir las cargas gravitacionales transmitidas a los elementos resistentes principales y, consecuentemente, reducir las fuerzas sísmicas inducidas por la masa de la edificación. De igual manera, la selección de lámina galvanizada como elemento de cobertura contribuye a optimizar el comportamiento general de la estructura manteniendo adecuados niveles de durabilidad y resistencia frente a las condiciones ambientales de la zona.

Las fundaciones proyectadas fueron dimensionadas para garantizar una adecuada transferencia de cargas hacia el terreno de soporte, verificándose que las presiones transmitidas se mantienen dentro de los límites admisibles considerados para el diseño. Esto permite prever un comportamiento satisfactorio del sistema de cimentación, minimizando el riesgo de asentamientos diferenciales que puedan afectar la estabilidad o funcionalidad de la estructura a lo largo de su vida útil.

La aplicación de los criterios establecidos en el Reglamento Nacional de la Construcción de Nicaragua, complementados con las disposiciones contenidas en los códigos internacionales de diseño estructural utilizados para concreto reforzado y estructuras metálicas, proporciona un marco técnico confiable para el desarrollo del proyecto. Como resultado, la edificación diseñada cumple con los requisitos mínimos exigidos en materia de seguridad estructural, capacidad resistente, estabilidad global y desempeño en servicio.

En términos generales, el estudio realizado demuestra que la propuesta estructural es técnica y económicamente viable, permitiendo satisfacer las necesidades funcionales del proyecto arquitectónico sin comprometer los criterios de seguridad y desempeño establecidos por la normativa aplicable. Por lo tanto, se considera que la estructura diseñada es apta para su construcción, siempre que los trabajos sean ejecutados de conformidad con los planos, especificaciones técnicas y procedimientos constructivos contemplados en la presente memoria de cálculo, manteniendo los estándares de calidad requeridos para garantizar el adecuado comportamiento de la edificación durante toda su vida útil.

En conjunto, estos hallazgos constituyen un aporte aplicado al diseño sismo resistente de la vivienda unifamiliar en zonas periurbanas de alta amenaza sísmica como Los Brasiles, evidenciando que es posible desarrollar de manera formal el diseño y análisis estructural, a partir de una propuesta arquitectónica existente, incluso en proyectos de vivienda de pequeña escala. Queda abierta, para futuras investigaciones, la posibilidad de profundizar en el comportamiento dinámico de la estructura y en la verificación geotécnica del sitio, aspectos ya señalados en el apartado de Discusión.

XII. Recomendaciones

A partir de las conclusiones expuestas en el apartado anterior, se presentan a continuación las recomendaciones derivadas del proceso de diseño y análisis estructural desarrollado, dirigidas a los distintos grupos de interés vinculados con la ejecución del proyecto y con la vivienda sismo resistente en la comarca Los Brasiles

12.1 A nivel constructivo y profesional

- Ejecutar la construcción de la vivienda estrictamente conforme a los planos, especificaciones técnicas y detalles de armado contenidos en la presente memoria de cálculo, evitando modificaciones no autorizadas por el diseñador estructural durante el proceso constructivo.
- Contratar la supervisión técnica de un ingeniero civil durante todas las etapas de la obra, en particular durante el armado y colado de columnas, vigas, zapata y losa de entrepiso, con el fin de garantizar que la calidad de ejecución corresponda con lo asumido en el diseño (resistencias del concreto, tipo y disposición del acero de refuerzo).
- Realizar un estudio de suelos formal en el sitio de emplazamiento antes de iniciar la excavación de las fundaciones, con el propósito de verificar o ajustar la capacidad soporte y el peso volumétrico del suelo que fueron asumidos en el presente diseño.
- Utilizar exclusivamente los materiales especificados en la memoria de cálculo (concreto de f'c=210 kg/cm², acero de refuerzo grado 40 y 60, perfiles de acero A-36, entre otros), evitando sustituciones que puedan alterar la capacidad resistente de los elementos diseñados.

12.2 A nivel institucional

- Recomendar a la Alcaldía de Managua y a las instancias municipales encargadas de otorgar permisos de construcción, exigir la presentación de planos estructurales firmados por un ingeniero civil para las viviendas que se construyan en comarcas de alta amenaza sísmica, como Los Brasiles, previo al otorgamiento del permiso correspondiente.
- Promover, a través de instituciones como el INIFOM, el MTI o el Colegio de Ingenieros de Nicaragua, programas de asistencia técnica gratuita o de bajo costo dirigidos a familias que autoconstruyen su vivienda en zonas periurbanas, con el fin de reducir la vulnerabilidad sísmica asociada a la ausencia de diseño estructural formal.
- Difundir, entre los actores locales de la construcción de la comarca Los Brasiles, los criterios básicos del RNC-07 y la NSN-001, de manera que las prácticas constructivas informales incorporen progresivamente principios mínimos de diseño sismo resistente.

12.3 Para futuras investigaciones

- Complementar la presente investigación con un estudio geotécnico del sitio, que permita contrastar los parámetros de suelo asumidos con las condiciones reales del terreno.
- Desarrollar un análisis dinámico no lineal o de historia en el tiempo de la estructura diseñada, que permita evaluar con mayor detalle su comportamiento ante registros sísmicos reales representativos de la ciudad de Managua.
- Replicar la metodología de diseño integrado empleada en este trabajo en otras viviendas de la comarca Los Brasiles o de comarcas similares del municipio

de Managua, con el fin de generar un modelo de referencia replicable para la vivienda sismo resistente de bajo costo.

- Realizar un estudio comparativo de costos entre el sistema estructural propuesto (marcos de concreto reforzado y mampostería confinada) y otros sistemas constructivos alternativos, que permita orientar la toma de decisiones de futuros propietarios y constructores.

Estas recomendaciones buscan orientar tanto la correcta ejecución del proyecto específico como la ampliación del conocimiento técnico sobre el diseño sismo resistente de la vivienda unifamiliar en la comarca Los Brasiles y en contextos similares de la ciudad de Managua.

XIII. Referencias

BIBLIOGRAPHYAlvarado, J., & González, M. (2009). *Análisis y diseño estructural de una vivienda de dos plantas.* Managua.

Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID-UNI). (2018). *Vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos en Lima.* Lima, Perú.

Cerda Ortiz, L. J., Medrano Álvarez, N. E., & Membreño Pérez, R. C. (2018). *Diseño estructural sismo resistente a base de marcos dúctiles de concreto reforzado aplicado en edificio de baja altura ubicado en la ciudad de Managua.* Universidad Nacional de Ingeniería.

Chen, W. F., & Hand, D. J. (2007). *Plasticidad para ingenieros estructurales.* J. Ross.

Chopra, A. K. (2020). *Dinámica de estructuras: teoría y aplicaciones a la ingeniería sísmica* (5a ed.).

Gonzales, A., & Baldizón, M. (2012). *Diseño de estructuras de concreto: Farmacia Villavicencio* [Tesina de grado]. Universidad Nacional de Ingeniería.

Instituto Americano del Concreto (ACI). (2019). *Código de requisitos para el concreto estructural.*

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). (2001). *Norma sismorresistente para Managua NSN-001.* Managua, Nicaragua.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). (2012). *Evaluación del comportamiento sísmico de vivienda de dos plantas en Managua.*

Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal (INIFOM). (2007). *Reglamento Nacional de la Construcción RNC-07: Normas de diseño y construcción sismo-resistente.*

Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). (2021). *Geotecnia.* Managua, Nicaragua.

Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI). (s.f.). *Actualización del Reglamento Nacional de la Construcción (RNC).* Managua, Nicaragua.

Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), & Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). (2007). *Reglamento Nacional de la Construcción.* Managua, Nicaragua.

Torres, J., & Ramírez, P. (2016). *Evaluación sísmica de viviendas de albañilería confinada en Arequipa.* Arequipa.

Wikipedia. (s.f.). *Reconstrucción de Managua después del terremoto de 1972.* Managua.

Wikipedia. (s.f.). *Terremoto de Managua de 1931.* Managua.

XIV. Anexos

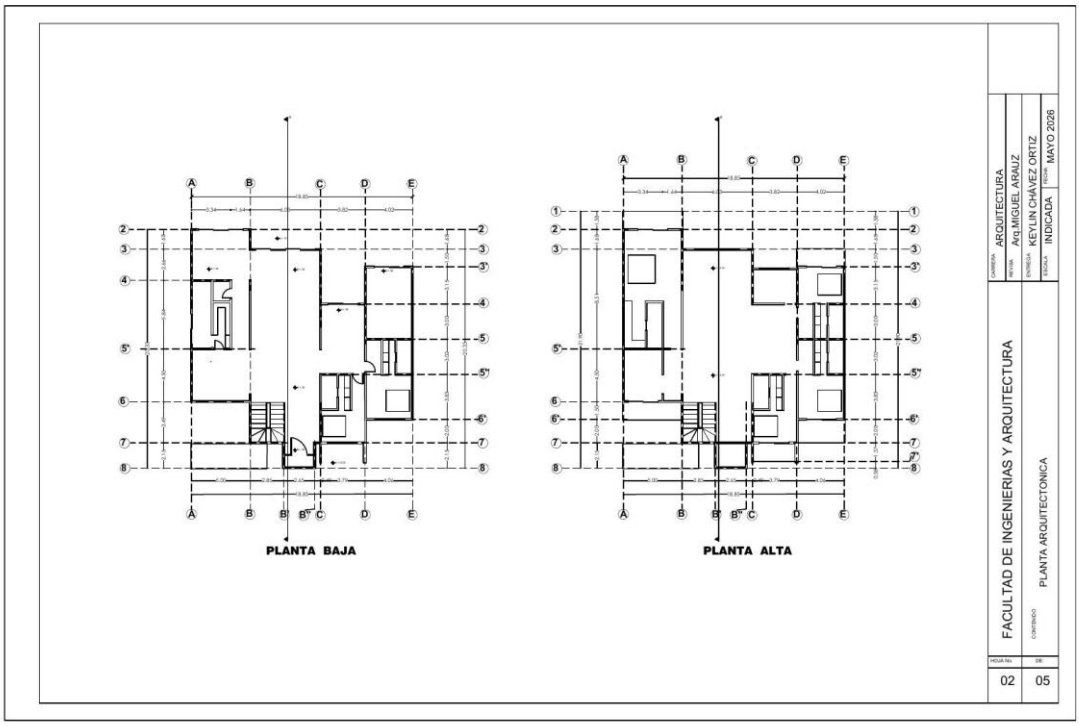
Anexo #1

Imagen #1 Terreno de construcción



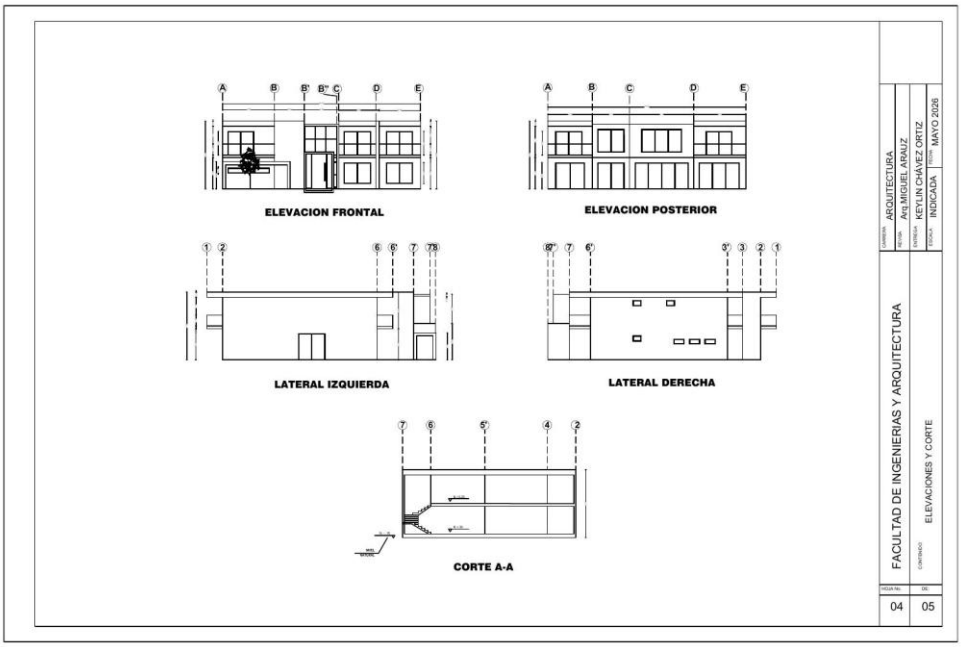
Anexo #2

Imagen #2 Planta Arquitectónica (Planta Baja y Planta Alta)



Anexo #3

Imagen #3 Elevaciones y Corte A-A



Anexo #4

Tabla #1 Perfiles de perlines tipo canal (C)

PERFILES DE PERLINES

PERFIL	b (in)	h (in)	t (in)	B (in)	A (in^2)	yc (in)	xc (in)	Ix (in^4)	Iy (in^4)	sx (in^3)	sy (in^3)	w (kg/m)	w (lb/ft)
1.5"x3"x1/16"	1.5	3	0.06250	0.5	0.42188	1.5	0.53704	0.61041	0.13718	0.40694	0.25543	2.13693	1.4355
2"x4"x1/16"	2	4	0.06250	0.5	0.54688	2	0.66786	1.43455	0.30171	0.71727	0.45176	2.77010	1.8609
2"x4"x3/32"	2	4	0.09375	0.625	0.83203	2	0.70467	2.13417	0.46795	1.06709	0.66408	4.21451	2.8312
2"x4"x1/8"	2	4	0.12500	0.625	1.09375	2	0.70536	2.75960	0.59434	1.37980	0.84260	5.54020	3.7218
2"x4"x5/32"	2	4	0.15625	0.625	1.34766	2	0.70607	3.34475	0.70752	1.67237	1.00206	6.82631	4.5858
2"x5"x1/16"	2	5	0.06250	0.625	0.62500	2.5	0.63672	2.45595	0.35290	0.98238	0.55425	3.16583	2.1267
2"x5"x3/32"	2	5	0.09375	0.625	0.92578	2.5	0.63805	3.58651	0.50448	1.43460	0.79065	4.68938	3.1502
2"x5"x1/8"	2	5	0.12500	0.625	1.21875	2.5	0.63942	4.65479	0.64086	1.86191	1.00225	6.17336	4.1471
2"x5"x5/32"	2	5	0.15625	0.625	1.50391	2.5	0.64083	5.66276	0.76305	2.26510	1.19073	7.61777	5.1175
2"x6"x1/16"	2	6	0.06250	0.625	0.68750	3	0.58168	3.75755	0.37375	1.25252	0.64254	3.48241	2.3394
2"x6"x1/8"	2	6	0.12500	0.625	1.34375	3	0.58576	7.15934	0.67876	2.38645	1.15877	6.80653	4.5725
2"x8"x3/32"	2	8	0.09375	0.625	1.20703	4	0.50030	10.90834	0.58007	2.72709	1.15944	6.11400	4.1073
2"x8"x1/8"	2	8	0.12500	0.625	1.59375	4	0.50368	14.24658	0.73679	3.56165	1.46283	8.07286	5.4232

Anexo #5

Tabla #2 Cajas de perlines (perfiles tipo caja)

CAJAS DE PERLINES															
PERFIL	b (in)	h (in)	t (in)	B (in)	A (in^2)	yc (in)	xc (in)	Ix (in^4)	Iy (in^4)	sx (in^3)	sy (in^3)	rx (in)	ry (in)	w (lb/ft)	w (kg/m)
3"x3"x1/6"	3	3	0.062500	0.5	0.84375	1.5	1.5	1.2208	1.0568	0.8139	0.7045	1.2029	1.1191	2.8711	4.2739
4"x4"x1/16"	4	4	0.062500	0.5	1.09375	2	2	2.8691	2.5444	1.4345	1.2722	1.6196	1.5252	3.7218	5.5402
4"x4"x3/32"	4	4	0.093750	0.625	1.66406	2	2	4.2683	3.7280	2.1342	1.8640	1.6016	1.4968	5.6624	8.4290
4"x4"x1/8"	4	4	0.125000	0.625	2.18750	2	2	5.5192	4.8551	2.7596	2.4276	1.5884	1.4898	7.4436	11.0804
4"x4"x5/32"	4	4	0.156250	0.625	2.69531	2	2	6.6895	5.9277	3.3447	2.9638	1.5754	1.4830	9.1715	13.6526
4"x4"x3/16"	4	4	0.187500	0.625	3.18750	2	2	7.7823	6.9475	3.8912	3.4738	1.5625	1.4764	10.8464	16.1457
4"x4"x1/4"	4	4	0.250000	0.625	4.12500	2	2	9.7480	8.8359	4.8740	4.4180	1.5373	1.4636	14.0365	20.8945
4"x4"x5/16"	4	4	0.312500	0.625	5.00000	2	2	11.4402	10.5339	5.7201	5.2669	1.5126	1.4515	17.0139	25.3266
4"x4"x3/8"	4	4	0.375000	0.625	5.81250	2	2	12.8818	12.0537	6.4409	6.0269	1.4887	1.4401	19.7786	29.4422
4"x5"x1/16"	4	5	0.062500	0.625	1.25000	2.5	2	4.9119	3.0290	1.9648	1.5145	1.9823	1.5567	4.2535	6.3317
4"x5"x3/32"	4	5	0.093750	0.625	1.85156	2.5	2	7.1730	4.4434	2.8692	2.2217	1.9683	1.5491	6.3005	9.3788
4"x5"x1/8"	4	5	0.125000	0.625	2.43750	2.5	2	9.3096	5.7939	3.7238	2.8970	1.9543	1.5418	8.2943	12.3467
4"x5"x5/32"	4	5	0.156250	0.625	3.00781	2.5	2	11.3255	7.0826	4.5302	3.5413	1.9405	1.5345	10.2349	15.2355
4"x5"x3/16"	4	5	0.187500	0.625	3.56250	2.5	2	13.2247	8.3113	5.2899	4.1556	1.9267	1.5274	12.1224	18.0452
4"x5"x1/4"	4	5	0.250000	0.625	4.62500	2.5	2	16.6882	10.5964	6.6753	5.2982	1.8995	1.5136	15.7378	23.4271
4"x5"x5/16"	4	5	0.312500	0.625	5.62500	2.5	2	19.7296	12.6636	7.8918	6.3318	1.8728	1.5004	19.1406	28.4924
4"x5"x3/8"	4	5	0.375000	0.625	6.56250	2.5	2	22.3779	14.5264	8.9512	7.2632	1.8466	1.4878	22.3307	33.2412
4"x6"x1/16"	4	6	0.062500	0.625	1.37500	3	2	7.5151	3.5135	2.5050	1.7568	2.3378	1.5985	4.6788	6.9648
4"x6"x3/32"	4	6	0.093750	0.625	2.03906	3	2	11.0035	5.1588	3.6678	2.5794	2.3230	1.5906	6.9385	10.3285
4"x6"x1/8"	4	6	0.125000	0.625	2.68750	3	2	14.3187	6.7327	4.7729	3.3664	2.3082	1.5828	9.1450	13.6131
4"x6"x5/32"	4	6	0.156250	0.625	3.32031	3	2	17.4655	8.2375	5.8218	4.1187	2.2935	1.5751	11.2983	16.8185
4"x6"x3/16"	4	6	0.187500	0.625	3.93750	3	2	20.4484	9.6750	6.8161	4.8375	2.2789	1.5675	13.3984	19.9447
4"x6"x1/4"	4	6	0.250000	0.625	5.12500	3	2	25.9408	12.3568	8.6469	6.1784	2.2498	1.5528	17.4392	25.9598
4"x6"x5/16"	4	6	0.312500	0.625	6.25000	3	2	30.8315	14.7933	10.2772	7.3966	2.2210	1.5385	21.2674	31.6583
4"x6"x3/8"	4	6	0.375000	0.625	7.31250	3	2	35.1553	16.9990	11.7184	8.4995	2.1926	1.5247	24.8828	37.0402
4"x7"x3/32"	4	7	0.093750	0.625	2.22656	3.5	2	15.8534	5.8742	4.5296	2.9371	2.6684	1.6243	7.5765	11.2783
4"x7"x1/8"	4	7	0.125000	0.625	2.93750	3.5	2	20.6715	7.6715	5.9062	3.8358	2.6528	1.6160	9.9957	14.8794
4"x7"x5/32"	4	7	0.156250	0.625	3.63281	3.5	2	25.2655	9.3924	7.2187	4.6962	2.6372	1.6079	12.3617	18.4014