



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA
ALDEA MINAS ARRIBA Y EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA EL CASERÍO EL COCO, SAN JUAN ERMITA,
CHIQUMULA**

Josué David Peinado Medina

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, marzo de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA EDIFICACIÓN ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA
ALDEA MINAS ARRIBA Y EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE PARA EL CASERÍO EL COCO, SAN JUAN ERMITA,
CHIQUMULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSUÉ DAVID PEINADO MEDINA
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADORA	Inga. Christa Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por darme la fortaleza y capacidad de alcanzar este triunfo. Porque todo lo que tiene su constructor, pero el constructor de todo lo que soy.

Mis padres

Marcelo Peinado y Silvia Medina, por todo el apoyo, amor, confianza y sacrificio realizado para que pudiera alcanzar este triunfo académico. Porque son mi inspiración y ejemplo a seguir en mi vida.

Mis hermanos

Marcelo Alberto y Silvia Vanessa Peinado Medina, porque siempre me han demostrado su apoyo y confiaron en que lograría alcanzar mi sueño.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme la oportunidad de estudiar en tan prestigiosa universidad.
Facultad de Ingeniería	Porque en ella pude ampliar mis conocimientos y de esa manera formarme académicamente.
Ingeniero Juan Merck Cos	Por brindarme su apoyo incondicional y asesorarme de la mejor manera para realizar este informe.
Mis amigos	Quienes siempre me ayudaron y me apoyaron de cualquier manera para alcanzar este triunfo.
Municipalidad de San Juan Ermita	Por permitirme realizar el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) en tan prestigiosa municipalidad.
Dirección Municipal de Planificación (DMP)	Porque desde el primer día me brindaron su amistad y apoyo.
El municipio de San Juan Ermita	Por el aprecio que me brindaron durante el tiempo de mi estadía.
Constructora Guerra	Por darme la oportunidad de realizar mis prácticas finales y la confianza brindada.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía de la aldea Minas Arriba y del caserío El Coco	1
1.1.1. Origen de la comunidad.....	1
1.1.2. Descripción morfológica de la comunidad	2
1.1.3. Tipo de vivienda y actividad económica	2
1.1.4. Población y actividad económica.....	3
1.1.5. Servicios públicos	3
1.1.5.1. Educación.....	4
1.1.5.2. Salud	4
1.1.5.3. Agua potable.....	5
1.1.5.4. Drenajes	5
1.1.5.5. Energía eléctrica.....	5
1.2. Diagnóstico sobre las principales necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Minas Arriba y del caserío El Coco	6
1.2.1. Descripción de las necesidades	6
1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades.....	6

2.	SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1.	Diseño de la edificación escolar de dos niveles para la aldea Minas Arriba	9
2.1.1.	Descripción general del proyecto	9
2.1.2.	Descripción del área disponible.....	9
2.1.3.	Estudio de suelos	10
2.1.3.1.	Determinación del valor soporte del suelo.....	10
2.1.4.	Normas para el diseño de edificios	11
2.1.4.1.	Criterios generales	12
2.1.4.2.	Criterios de conjunto	12
2.1.4.3.	Criterios de iluminación	13
2.1.4.4.	Otros criterios	13
2.1.5.	Diseño arquitectónico	14
2.1.5.1.	Ubicación del edificio en el terreno.....	15
2.1.5.2.	Distribución de ambientes	15
2.1.5.3.	Alturas del edificio	15
2.1.6.	Selección del sistema estructural a usar	15
2.1.6.1.	Predimensionamiento de elementos estructurales.....	16
2.1.6.1.1.	Columnas.....	17
2.1.6.1.2.	Vigas	18
2.1.6.1.3.	Losas	18
2.1.6.2.	Cargas de diseño	20
2.1.6.2.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles con nudos rígidos.....	20

	2.1.6.2.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles con nudos rígidos	24
	2.1.6.3.	Fuerzas sísmicas.....	24
	2.1.6.4.	Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudo rígidos	29
	2.1.6.5.	Análisis de marcos dúctiles por medio de software y comprobación por medio de un método de análisis estructural.....	37
	2.1.6.6.	Envolvente de momento	45
	2.1.6.7.	Diagrama de corte y momento.....	47
	2.1.6.8.	Diseño de losas	52
	2.1.6.9.	Diseño de vigas	67
	2.1.6.10.	Diseño de columnas	72
	2.1.6.11.	Diseño de gradas.....	82
	2.1.6.12.	Diseño de cimientos	85
	2.1.7.	Diseño de instalaciones	110
	2.1.7.1.	Drenajes	110
	2.1.7.2.	Electricidad	112
	2.1.8.	Elaboración de planos	113
	2.1.9.	Elaboración de presupuesto	113
	2.1.10.	Evaluación de Impacto Ambiental.....	114
2.2.		Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Coco	116
	2.2.1.	Descripción general del proyecto.....	116
	2.2.2.	Aforos, dotación y tipo de servicio	116
	2.2.3.	Tasa de crecimiento poblacional	117
	2.2.4.	Período de diseño, población futura	117

2.2.5.	Factores de consumo y caudales.....	118
2.2.5.1.	Caudal medio diario	119
2.2.5.2.	Caudal máximo diario.....	120
2.2.5.3.	Caudal máximo horario	121
2.2.6.	Calidad del agua y sus normas	121
2.2.6.1.	Análisis bacteriológico.....	122
2.2.6.2.	Análisis físico químico	122
2.2.7.	Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tuberías.	123
2.2.8.	Presiones y velocidades.....	124
2.2.9.	Levantamiento topográfico	126
2.2.9.1.	Planimetría	127
2.2.9.2.	Altimetría	127
2.2.10.	Diseño hidráulico del sistema.....	127
2.2.10.1.	Captación	127
2.2.10.2.	Línea de conducción	128
2.2.10.3.	Tanque de almacenamiento.....	130
	2.2.10.3.1. Volumen de almacenamiento.....	131
	2.2.10.3.2. Diseño estructural del tanque	132
2.2.10.4.	Red de distribución.....	140
2.2.10.5.	Sistema de desinfección.....	141
2.2.10.6.	Obras de arte	143
	2.2.10.6.1. Caja rompedpresión.....	144
2.2.10.7.	Válvulas.....	144
	2.2.10.7.1. Válvulas de limpieza ...	144
	2.2.10.7.2. Válvulas de aire.....	145
2.2.10.8.	Conexiones domiciliarias.....	145
2.2.11.	Programa de operación y mantenimiento.....	145

2.2.12.	Propuesta de tarifa	147
2.2.13.	Elaboración de planos	149
2.2.14.	Elaboración de presupuesto	150
2.2.15.	Evaluación socioeconómica.....	150
	2.2.15.1. Valor Presente Neto	151
	2.2.15.2. Tasa Interna de Retorno.....	151
2.2.16.	Evaluación de Impacto Ambiental.....	152
CONCLUSIONES		155
RECOMENDACIONES		157
BIBLIOGRAFÍA		159
APÉNDICES		161
ANEXOS		165

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Áreas tributarias	16
2.	Marco típico en sentido X.....	19
3.	Marco típico en sentido Y.....	19
4.	Simetría de marcos en el edificio	30
5.	Localización del centro de masa y centro de rigidez	34
6.	Marco típico sentido Y, cargas verticales y horizontales.....	38
7.	Marco típico sentido X, cargas verticales y horizontales.....	38
8.	Diagrama de momentos, carga muerta en vigas del eje X.....	39
9.	Diagrama de momentos, carga muerta en columnas el eje X.....	39
10.	Diagrama de momentos, carga muerta en vigas del eje Y.....	40
11.	Diagrama de momentos, carga muerta en columnas del eje Y.....	40
12.	Diagrama de momentos, carga viva en vigas del eje X.....	41
13.	Diagrama de momentos, carga viva en columnas el eje X.....	41
14.	Diagrama de momentos, carga viva en vigas del eje Y.....	42
15.	Diagrama de momentos, carga viva en columnas del eje Y.....	42
16.	Diagrama de momentos, carga sísmica en vigas del eje X.....	43
17.	Diagrama de momento, carga sísmica en columnas del eje X.....	43
18.	Diagrama de momentos, carga sísmica en vigas del eje Y.....	44
19.	Diagrama de momento, carga sísmica en columnas del eje Y.....	44
20.	Diagrama de momentos últimos en vigas del eje X	48
21.	Diagrama de momentos últimos en columnas del eje X.....	48
22.	Diagrama de cortes últimos en vigas del eje X	49
23.	Diagrama de cortes últimos en columnas del eje X	49

24.	Diagrama de momentos últimos en vigas del eje Y	50
25.	Diagrama de momentos últimos en columnas del eje Y	50
26.	Diagrama de cortes últimos en vigas del eje Y	51
27.	Diagrama de cortes últimos en columnas del eje Y	51
28.	Distribución de losas 1er y 2do nivel.....	53
29.	Planta de distribución de momentos en losa 1er nivel (kg-m).....	58
30.	Planta de distribución de momentos en losa 2do nivel (kg-m)	62
31.	Balance de momentos de losa.....	63
32.	Ejemplo de balance de losa.....	64
33.	Planta de momentos balanceados en losa 1er nivel (kg-m)	64
34.	Planta de momentos balanceados en losa 2do nivel (kg-m).....	65
35.	Diagrama de momentos y cortes últimos de la viga analizada	68
36.	Áreas de acero requeridas en viga analizada en (cm ²)	69
37.	Elevación de columna.....	81
38.	Planta módulo de gradas	83
39.	Sección de zapata	86
40.	Chequeo por corte simple.....	90
41.	Chequeo por punzonamiento.....	92
42.	Diagrama de esfuerzo flexionante en zapata.....	93
43.	Elevación típica de zapata combinada.....	95
44.	Predimensionamiento de zapata combinada	96
45.	Cargas equivalentes en el centro geométrico	98
46.	Presiones sobre el suelo.....	99
47.	Presiones sobre el cimiento	100
48.	Presión última bajo el cimiento	101
49.	Presiones última por metro lineal en cimiento	102
50.	Vigas transversales en zapatas combinadas.....	106
51.	Diagrama de esfuerzo cortante.....	107
52.	Diagrama de esfuerzo por flexionante	108

53.	Elevación de zapata combinada	109
54.	Planta de zapata combinada.....	109
55.	Geometría y diagrama de presiones del muro	136

TABLAS

I.	Cálculo del centro de rigidez en el segundo nivel	33
II.	Fuerza por marco por torsión del segundo nivel	34
III.	Cálculo del centro de rigidez en el primer nivel.....	35
IV.	Fuerza por marco por torsión del primer nivel.....	36
V.	Diseño de instalación eléctrica.....	113
VI.	Presupuesto de edificio escolar	114
VII.	Evaluación de Impacto Ambiental del edificio escolar.....	115
VIII.	Bases generales de diseño	126
IX.	Área de acero y espaciamiento	135
X.	Momento estabilizante en el muro	137
XI.	Presupuesto final de sistema de agua potable.....	150

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
As	Área de acero
Asmáx	Área de acero máxima
Asmin	Área de acero mínima
Ag	Área gruesa de columna
W	Carga
P	Carga horizontal
Cm	Carga muerta
CMu	Carga muerta última
CU	Carga última
Cv	Carga viva
CVu	Carga viva última
Q	Caudal
Qd	Caudal de distribución
Qmd	Caudal máximo diario
Qmh	Caudal máximo horario
Qm	Caudal medio
cm	Centímetros
cm²	Centímetros cuadrados
cm³	Centímetros cúbicos
PVC	Cloruro de polivinilo
Cb	Coeficiente ACI, lado mayor
Ca	Coeficiente ACI, lado menor
C.P.	Cota piezométrica

Dh	Distancia horizontal
fy	Esfuerzo de fluencia del acero
Fs	Factor de seguridad
ACI	Instituto Americano del Concreto
kg	Kilogramo
kg-m	Kilogramo metro
kg/m²	Kilogramo sobre metro cuadrado
kg/m³	Kilogramo sobre metro cúbico
lbs	Libras
lbs/in	Libras por pulgada
psi	Libras sobre pulgada cuadrada
l/hab/día	Litros por habitante día
l/s	Litros por segundo
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m	Metro lineal
m.c.a.	Metros columna de agua
m³/s	Metros cúbicos por segundo
m/s	Metros sobre segundo
Mb	Momento lado mayor
Ma	Momento lado menor
Mmáx	Momento máximo
Mr	Momento resultante
d	Peralte efectivo
t	Peralte total de un elemento
hf	Pérdida de carga en tubería
P.E.	Presión estática
P.D.	Presión dinámica
plg	Pulgada

Z ð W	Resistencia del concreto a los 28 días
S	Segundos
@	Separación entre varillas
ton	Tonelada
Vs	Valor soporte del suelo

GLOSARIO

Agua potable	Agua sanitariamente segura, agradable a los sentidos y libre de microorganismo patógenos.
Aldea	Pueblo pequeño de escaso vecindario, que por lo general no tiene autoridad para gobernar y juzgar.
Análisis estructural	Proceso para determinar la respuesta de la estructura ante las acciones exteriores que puedan afectarla.
Bacteria	Organismo microscópico sin clorofila, de varias especies y algunas patógenas.
Captación	Estructura que permite recolectar las aguas de la fuente abastecedora.
Caudal	Cantidad de agua que corre por una tubería en cada unidad de tiempo.
Comunidad	Conjunto de personas que viven bajo ciertas reglas y que tienen algo en común.
Concreto	Mezcla adecuadamente proporcionada de cemento, agregado fino (arena) agregado grueso (piedrín o grava) y agua.

Dimensionamiento	Medidas utilizadas en los elementos que componen una estructura.
Diseño	Trazo o delineación de la distribución u orden de los elementos estructurales que componen un edificio.
Dotación	Volumen de agua consumido por una persona en un día.
Examen bacteriológico	Examen que permite determinar y medir el grado de contaminación del agua.
Hidrografía	Arte de la geografía física, que trata de la descripción del globo terrestre o conjunto de las aguas de un país o región.
Predimensionar	Es dar medidas preliminares a los elementos que componen una estructura y que serán utilizados para soportar las cargas aplicadas.
Topografía	Arte de describir y delinear detalladamente la superficie de un terreno o también es el conjunto de particularidades que presenta un terreno en la configuración superficial.

RESUMEN

Actualmente la aldea Minas Arriba y el caserío El Coco, municipio de San Juan Ermita, departamento de Chiquimula carecen de un edificio escolar y de un sistema de abastecimiento de agua potable, respectivamente.

La aldea Minas Arriba posee un edificio escolar del nivel primario, pero este no ofrece el espacio necesario para la demanda estudiantil, debido al crecimiento poblacional, además no posee un ambiente agradable y seguro tanto para los alumnos como para los maestros. Orientado hacia el planteamiento de brindar una solución al problema de infraestructura que aqueja a la comunidad mencionada y contribuyendo al desarrollo, se priorizó el diseño de un edificio escolar de dos niveles.

Por otra parte, la población del caserío El Coco carece de un sistema de abastecimiento de agua potable, lo que redundaría en la utilización de agua contaminada para las actividades domésticas, como lavar los alimentos, lo cual produce serios daños a la salud de las personas, por lo cual un sistema de abastecimiento de agua potable sería la solución a este problema que por años ha afectado a la población.

Con el diseño de estos dos proyectos se pretende presentar una solución factible, tanto económica como técnica, con el propósito de mejorar la calidad de vida en general en el municipio.

OBJETIVOS

General

Diseñar la edificación escolar de dos niveles para la aldea Minas Arriba y el sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Coco, San Juan Ermita, departamento de Chiquimula.

Específicos

1. Realizar una investigación monográfica y un diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Minas Arriba y caserío El Coco, San Juan Ermita, Chiquimula.
2. Capacitar a los miembros del COCODE del caserío El Coco, sobre aspectos de operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable.

INTRODUCCIÓN

Son muchos los problemas que dificultan el desarrollo del municipio como también la superación de los habitantes, entre los más importantes se pueden mencionar, el buen manejo y aprovechamiento de las fuentes de agua, así también la falta de edificios educativos.

Con el propósito de solucionar estos problemas en el municipio de San Juan Ermita, se plantea el diseño de un edificio escolar de dos niveles para la aldea Minas Arriba y un sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Coco.

El diseño del edificio escolar es de gran importancia, debido a que la escuela actual no cuenta con el espacio necesario para la demanda estudiantil del nivel primario, por tal motivo los maestros se ven en la necesidad de impartir clases de diferentes grados en un mismo salón, lo cual no favorece la enseñanza-aprendizaje de los alumnos, porque se distraen y los hace sentir incómodos.

Por otra parte, la carencia de agua potable se debe tanto a la falta de inversiones en sistemas de agua como al mantenimiento inadecuado, gran parte de las personas sufren de enfermedades causadas directa o indirectamente, por el consumo de agua o alimentos contaminados o por organismos portadores de enfermedades que se reproducen en el agua. Con el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable se pretende reducir enfermedades y evitar recorrer distancias largas para conseguir el líquido vital.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la aldea Minas Arriba y del caserío El Coco

El municipio de San Juan Ermita fue fundado por colonizadores españoles en el tiempo de la conquista existiendo hoy en día numerosas familias con apellidos provenientes de dicho país.

El nombre San Juan fue asignado en honor al patrón San Juan Bautista, y el nombre Ermita se deriva de la pequeña capilla que existía en el pueblo antes de construir la iglesia.

El principal monumento del municipio es la iglesia católica tipo colonial que data de 1729 la cual se encuentra en el centro de la cabecera municipal.

1.1.1. Origen de la comunidad

El nombre de Minas surge porque en esa parte alta del municipio de San Juan Ermita hubo minas que explotaron ciertos minerales propios de la región, pero debido a la intervención de los comunitarios esta actividad se detuvo. Y el nombre de Arriba es porque dos kilómetros antes de llegar a la ubicación en la parte baja se encuentra la comunidad de Minas Abajo.

El nombre de El Coco viene de que en épocas anteriores existieron muchos árboles de esta especie, por lo cual los comunitarios decidieron denominarla con este nombre.

1.1.2. Descripción morfológica de la comunidad

La aldea Minas Arriba colinda al poniente con el departamento de Chiquimula, al lado oriente con la comunidad Caulotes, al lado sur con las comunidades Minas Abajo y Buena Vista, finalmente al lado norte colinda con el municipio de Chiquimula. La aldea Minas Arriba se encuentra ubicada a 6 kms de la cabecera municipal de San Juan Ermita, el acceso a la misma es a través de una carretera que en la mayoría es de terracería aunque presenta algunas partes que han sido empedradas, la misma es transitable de buena manera en tiempo de verano, pero en tiempo de invierno el camino se torna un poco inaccesible en las partes de terracería, debido a que las lluvias la deterioran en gran parte.

El caserío El Coco colinda al poniente con la cabecera municipal de San Juan Ermita, al lado oriente con el municipio de Jocotán, al lado sur con la comunidad El Carrizal, finalmente al lado norte con la comunidad La Ceibita. El caserío El Coco se encuentra ubicada a 5 kms de la cabecera municipal de San Juan Ermita, el acceso a la misma es a través de la carretera principal que comunica a los municipios de San Juan Ermita con el municipio de Jocotán, luego se toma un desvío al oriente, teniendo que atravesar el río Karkaj y luego empieza una carretera de terracería que lleva hasta las escuelas de dicha comunidad.

1.1.3. Tipo de vivienda y actividad económica

En la aldea Minas Arriba existen 140 viviendas y en el caserío El Coco 72 viviendas. Están construidas, en la mayoría, con paredes de adobe y algunas con block, techo de lámina o paja y piso de tierra; las que están construidas de block tienen por lo regular piso de cemento. Algunas viviendas cuentan con

un solo ambiente donde al mismo tiempo lo utilizan para dormir y como comedor, el fuego se hace en la parte del patio y utilizando leña. La leña la consiguen en los cerros de la comunidad. Todas las viviendas son propiedad de las mismas personas o familias y no existen familias que alquilen.

1.1.4. Población y actividad económica

De acuerdo a datos proporcionados por los dirigentes comunales, tanto de la aldea Minas Arriba y caserío El Coco, la población actual es de 900 y 343 habitantes, respectivamente.

El cien por ciento de la población es ladina y todas las personas hablan el castellano como idioma materno.

La tenencia de la tierra es un tema muy complicado, puesto que la mayoría de los habitantes tienen terrenos propios, pero principalmente donde están las viviendas, pero para labores agrícolas no todos tienen esa posibilidad, por lo que muchas veces trabajan en el sistema denominado mediante y algunos trabajan en ejidos municipales o tierras en calidad de usufructos.

La mayoría de las familias se dedican a la agricultura como principal actividad económica. Los principales cultivos son el maíz, frijol y los cultivos secundarios son el café, cebolla y algunas hortalizas.

1.1.5. Servicios públicos

Ambas comunidades cuentan con servicios públicos como: educación, salud, agua potable y energía eléctrica.

1.1.5.1. Educación

La aldea Minas Arriba cuenta con dos edificios donde se proporciona educación del nivel preprimario y primario, estando ubicadas cerca la una de la otra. Una es denominada Escuela Oficial Rural Mixta Minas Arriba y presta servicio a toda la comunidad educativa de la comunidad. Así mismo se cuenta con un Instituto de Educación Básica de Telesecundaria Minas Arriba, pero el mismo no cuenta con edificio propio, por lo cual, hasta la fecha, funciona en lo que es el salón comunal o de usos múltiples de la comunidad. El salón comunal presenta un solo ambiente, por lo que al recibir las clases, se divide en 3 grupos respectivos, según sea el grado.

En el caserío El Coco existen 3 escuelas, en la cual se atienden el nivel preprimario y primario, todas están concentradas en un mismo terreno donde se han venido construyendo las mismas. Todas se encuentran ubicadas en el centro de la comunidad. Las tres escuelas cuentan con dos salones, los cuales se dividen para atender a los grados respectivos de cada nivel.

1.1.5.2. Salud

Tanto la aldea Minas Arriba como el caserío El Coco, cuentan con el servicio de vigilantes de salud, los que son capacitados por medio del Ministerio de Salud, a través de un facilitador comunitario, para brindar un servicio de calidad en la misma. Asimismo se cuenta con comadronas para que atiendan los partos que no puedan ser atendidos o llevados al centro de salud del municipio.

El centro de salud del municipio de San Juan Ermita es un centro de clase B, es decir, el servicio lo presta las 24 horas del día.

1.1.5.3. Agua potable

En la aldea Minas Arriba la mayoría de viviendas cuentan con servicio de agua potable.

Respecto al caserío El Coco la mayoría de viviendas no cuentan con servicio de agua potable. Se ven en la necesidad de acarrear el líquido vital desde algunos nacimientos de agua que están en el interior de la comunidad.

1.1.5.4. Drenajes

La aldea Minas Arriba y el caserío El Coco no cuentan con un sistema de drenajes debido a que las casas se encuentran dispersas y un sistema de esta naturaleza sería bastante costoso, aunque los comunitarios no descartan la importancia. Las aguas negras referidas al lavado de ropa y de utensilios de cocina, se deja correr entre la milpa o en el terrero de cada familia o vivienda y allí mismo se consume o desaparece. En algunos casos corre hasta la quebrada o algún terreno cultivado.

En cuanto a la disposición de excretas, solo algunas casas cuentan con letrinas, las cuales fueron donadas por instituciones para mejorar el aspecto salud de la comunidad.

1.1.5.5. Energía eléctrica

Ambas comunidades cuentan con fluido eléctrico en todos los sectores, lo cual es de suma importancia en el desarrollo de una comunidad.

1.2. Diagnóstico sobre las principales necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Minas Arriba y del caserío El Coco

A través de una encuesta y entrevistas realizadas a las autoridades y líderes del área rural del municipio se determinaron las necesidades que a continuación se puntualizan:

1.2.1. Descripción de las necesidades

- ◁ Sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Coco: actualmente no cuenta con un sistema capaz de satisfacer las necesidades a la comunidad.
- ◁ Edificio escolar de educación primaria para la aldea Minas Arriba: debido a que ya no cuentan con el espacio suficiente para albergar a los estudiantes.
- ◁ Salón comunal para la aldea Minas Arriba: la población se ve afectada por la falta de un lugar apropiado, para el montaje de actividades socioculturales y eventos importantes en la comunidad.

1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades

La juventud, que es el futuro de la sociedad, no cuenta en este municipio con suficientes instalaciones educativas, que les permita recibir las clases de manera segura y los existentes resultan demasiado pequeños e inseguros para todos los niños, así como también para los maestros.

Esta es una de las principales causas por la cual los alumnos no terminan la educación básica y por lo cual la población alfabetizada del municipio es un porcentaje muy bajo, siendo éste del 54 %.

Así también, cabe mencionar que el municipio de San Juan Ermita carece de establecimientos idóneos para formación técnica profesional y universitaria, lo cual hace que los jóvenes para continuar los estudios, tengan que trasladarse a la cabecera departamental de Chiquimula.

Mejorar el sistema de agua potable para el caserío El coco, dado el crecimiento poblacional y territorial del municipio es la razón de este proyecto, volviéndose de urgencia la construcción de un sistema que pueda abastecer a 343 habitantes de dicho caserío. Con la construcción de este proyecto se estará ayudando a la salud, pues se disminuirá la probabilidad de posibles enfermedades gastrointestinales que puedan afectar a los habitantes de dicho municipio.

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de la edificación escolar de dos niveles para la aldea Minas Arriba

El proyecto consiste en el diseño de una edificación de dos niveles, la estructura será con base en marcos dúctiles con nudos rígidos de concreto reforzado.

2.1.1. Descripción general del proyecto

Cada uno de los niveles se dividirá en 2 aulas. Ambos niveles tendrán ventanales y corredor, el segundo nivel con barandal, la cubierta y entepiso será de losas de concreto armado. La edificación en totalidad estará conformada por cuatro aulas, cada una de 7,50 m de ancho y 6,30 m. Así también se construirá un módulo de gradas exteriores para acceder al segundo nivel.

Se espera que este edificio pueda albergar una población estudiantil de 110 alumnos, comprendidos entre las edades de 7 a 12 años.

2.1.2. Descripción del área disponible

El terreno disponible tiene un área de 244 m² de forma irregular, de la cual se pudo optimizar un área de construcción de 120 m², considerando el resto como área de jardín.

2.1.3. Estudio de suelos

Para el análisis se obtuvieron muestras del suelo inalterado. Los datos obtenidos del ensayo son:

- < Descripción del suelo: arcilla limosa con presencia de grava color café
- < $\phi = 20,426^\circ$
- < Cohesión $C_u = 2,21 \text{ Ton/m}^2$
- < Densidad seca = $1,82 \text{ Ton/m}^3$
- < Densidad húmeda = $2,11 \text{ Ton/m}^3$
- < Desplante (Z) = 1,50 m

2.1.3.1. Determinación del valor soporte del suelo

Para efectos de cálculo se aplicó la ecuación del Dr. Karl Terzaghi a los valores obtenidos del análisis.

Factores

N_q factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

$$N_q = \frac{1}{2} \gamma B (1 + \frac{2z}{B}) \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2}) e^{2\phi \cot \phi} = \frac{1}{2} (1,82) (1,5) \tan^2(45^\circ + \frac{20,426}{2}) e^{2(20,426) \cot 20,426} = 11,53$$

N_c factor de capacidad de carga debido a la cohesión

$$N_c = \cot \phi * (N_q + \frac{c}{\tan \phi}) = \cot 20,426 * (11,53 + \frac{2,21}{\tan 20,426}) = 23,54$$

N factor de capacidad de carga debido al peso del suelo

$$N = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \phi = 2 \cdot (2,11 \text{ T/m}^3 + 1) \cdot \tan 14,01^\circ = 11,01 \text{ T/m}^2$$

q_o capacidad portante última

$$q_o = \gamma \cdot B \cdot N_\gamma + 1,3 \cdot C_u \cdot N_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q$$

$$q_o = 0,4 \cdot 2,11 \text{ T/m}^3 \cdot 1,8\text{m} \cdot 11,21 + 1,3 \cdot 2,21 \text{ T/m}^2 \cdot 23,54 + 2,11 \text{ T/m}^3 \cdot 1,45\text{m} \cdot 11,53$$

$$q_o = 119,94 \text{ T/m}^2$$

q_{on} capacidad portante neta última

$$q_{on} = q_o - \gamma \cdot D_f = 119,94 \text{ T/m}^2 - 2,11 \text{ T/m}^3 \cdot 1,45\text{m} \quad q_{on} = 116,88 \text{ T/m}^2$$

V_s valor soporte

$$V_s = \frac{q_{on}}{F.S} \text{ donde } F.S = \text{factor de seguridad} = 4$$

$$V_s = \frac{116,88 \text{ T/m}^2}{4} = 29,22 \text{ T/m}^2; \text{ siendo este valor el utilizado en el diseño.}$$

2.1.4. Normas para el diseño de edificios

De acuerdo al reglamento que norma la construcción de edificios para educación del Ministerio de Educación se aplicó todo lo concerniente a los requisitos que debe cumplir la edificación.

2.1.4.1. Criterios generales

Son todos los aspectos importantes que se toman para el diseño se puede mencionar: ubicación del edificio, altura de ventanas, iluminación, entre otros.

2.1.4.2. Criterios de conjunto

Conjunto arquitectónico: se toman como base los requisitos que debe cumplir el centro educativo para atender a los alumnos que se espera recibir y se debe diseñar con respecto a la funcionalidad incluyendo todas las áreas a utilizar.

- ◁ Emplazamiento: un correcto emplazamiento del conjunto arquitectónico en el terreno se logra cuando el área construída en la planta baja no exceda el 40 % del área total del terreno. En este caso se excedió, debido a que el área a construir es de 120 m², lo que equivale a 49 % del área de terreno.
- ◁ Orientación del edificio: la correcta orientación proporciona una óptima iluminación, ventilación y asolamiento de todos los ambientes del edificio. La orientación ideal propuesta para las ventanas es de norte a sur, de preferencia abriéndolas hacia el norte. Por lo cual, el lado largo del edificio quedará orientado hacia esos puntos.
- ◁ Superficie y altura del edificio: la superficie varía en función de las necesidades que se tengan que satisfacer, tanto en capacidad como en tipo de enseñanza; y la altura no debe exceder de tres niveles, tratando de ubicar los talleres y laboratorios en el primer nivel. En este caso solo serán salones de clases en ambos niveles con 3 m de altura cada uno.

2.1.4.3. Criterios de iluminación

La iluminación, sea esta natural o artificial, debe ser abundante y uniformemente distribuida, debiendo evitarse la proyección de sombras y contrastes muy marcados, estudiando la relación entre las fuentes de iluminación y las posiciones de los alumnos, sobre todo en razón de que estas pueden variar por el carácter flexible de las actividades.

Para el establecimiento del nivel de iluminación óptimo de los diferentes locales de un edificio escolar se debe considerar la iluminación sobre áreas de trabajo, esta se da en luces y varía de acuerdo a la naturaleza de la actividad y a la edad de los alumnos.

La iluminación que penetra a un salón no sólo depende de la cantidad de luz exterior, sino del número, tamaño y la altura de las ventanas, así por ejemplo, para una misma área de ventanas, el promedio de iluminación será mayor y la distribución de la luz será mejor, cuantas más altas se encuentren localizadas las mismas. En este caso, se proponen 4 ventanas por salón, 2 con medidas de 1,16 m x 2,85 m y las otras 2 restantes con 1,16 m x 1,50 m.

2.1.4.4. Otros criterios

- ◁ Criterios de color: el color es uno de los elementos que evitan la reverberación y sobre todo ayudan a la optimización de la iluminación natural. Se recomienda el uso de colores cálidos en ambientes donde la luz solar es poca. Los colores deben dar un efecto tranquilizante.

- ◁ Ventilación: la ventilación debe ser alta, constante, cruzada y sin corrientes de aire. La cantidad disponible de aire en el ambiente, tiene gran importancia en el desarrollo de la educación.

- ◁ Confort acústico: es muy importante en un centro de esta categoría, los ambientes deben ser tranquilos para que influyan favorablemente en el estado anímico de los estudiantes. Para que exista un confort acústico, es necesario que no existan interferencias sonoras entre los distintos ambientes. Los ruidos en un aula pueden provenir del exterior, del centro de ambientes vecinos o del interior; para prevenirlos y así lograr las condiciones acústicas óptimas, se pueden tomar las precauciones siguientes:
 - Para que no interfiera el ruido proveniente del exterior ubicar los establecimientos en zonas tranquilas, pero de no ser posible esto, se debe orientar el edificio de manera que el viento se lleve los ruidos.

 - Para disminuir el ruido interno del ambiente construir con materiales porosos, ya que estos absorben el ruido, también las patas del mobiliario y equipo deben tener aislantes acústicos, para disminuir el ruido al moverlos.

2.1.5. Diseño arquitectónico

Las aulas se diseñaron con capacidad para 30 alumnos, con un área interna de salón de 47,00 m², de forma rectangular de 7,50 * 6,30 m. El diseño arquitectónico se refiere a darle la forma adecuada y distribuir en conjunto los diferentes ambientes que componen el edificio. Esto se hace para

tener un lugar cómodo y funcional para el uso. Para lograrlo, se deben tomar en cuenta los diferentes criterios, tales como: número aproximado de personas que utilizarán la edificación, crecimiento poblacional, dimensiones del terreno y financiamiento para la construcción.

2.1.5.1. Ubicación del edificio en el terreno

Para la ubicación de las aulas se tomó en cuenta la disposición del área total de 244 m², de la cual se pudo optimizar un área de construcción de 120 m², considerando los 124 m² restantes como área de jardín; los cuales circulan el perímetro de la construcción.

2.1.5.2. Distribución de ambientes

La forma de los ambientes y distribución entre el edificio se hacen del modo tradicional para edificios educativos, es decir, salones con varias ventanas para una buena iluminación y ventilación, para ambos niveles; y colocación de barandas en el segundo nivel para evitar accidentes.

2.1.5.3. Alturas del edificio

Cada nivel posee una altura de 3,00 metros, por lo que la altura total del edificio es de 6,00 metros.

2.1.6. Selección del sistema estructural a usar

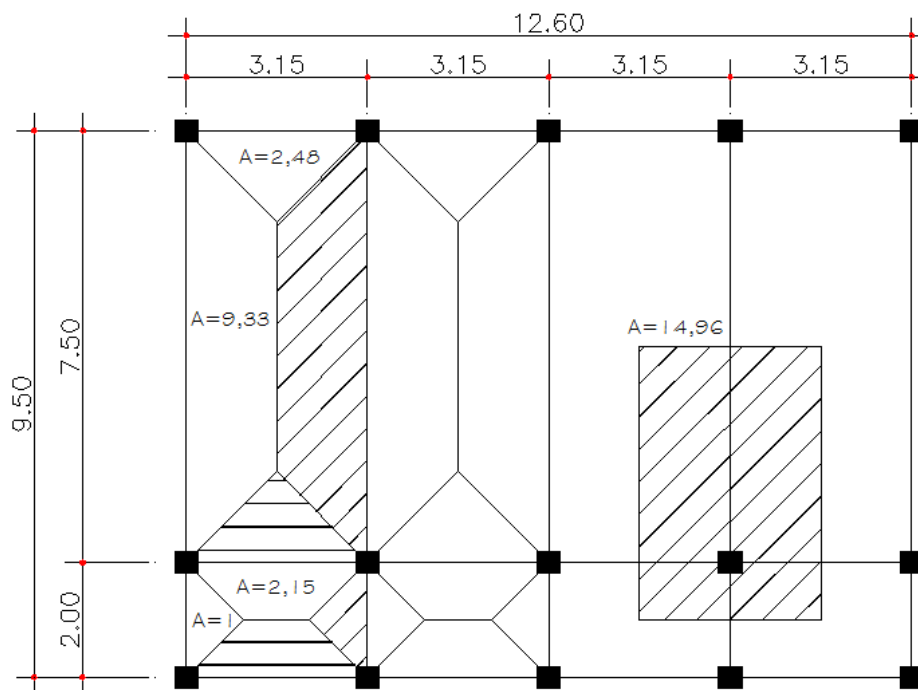
La estructura propuesta es a base de marcos dúctiles con nudos rígidos de concreto reforzado, muros (tabiques) de mampostería de block, losas planas de concreto reforzado, que den resistencia a la estructura cuando este

se vea sometido a fuerzas de sismo y a otras, así también hay que tomar en cuenta que es una construcción permanente con respecto al tiempo de vida útil que va de 30 a 40 años.

2.1.6.1. Predimensionamiento de elementos estructurales

Predimensionar la estructura es dar medidas preliminares a los elementos que la componen, que serán utilizados para soportar las cargas aplicadas. Para esto se puede recurrir a la experiencia en obras similares y/o utilizar métodos analíticos cortos.

Figura 1. Áreas tributarias



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.1.6.1.1. Columnas

Se determinó la sección de la columna aplicando el área de acero mínima y la carga aplicada al elemento. Según lo que establece el código ACI 318-05, capítulo 10, ecuación (10-2). En este caso en particular se desea guardar simetría en las dimensiones de la columna, tomando la columna crítica, es decir, la que soporta mayor carga. La medida resultante se aplica a todas las demás.

$$\text{Ecuación: } \phi P_n \leq \phi [0.80 P_c + P_f] \leq \phi [0.80 (f_c' A_g) + A_s f_y] \leq \phi [0.80 (f_c' A_g) + 0.01 A_g f_y]$$

Donde:

A_s oscila entre: 1 % A_g a 6 % A_g

P = carga axial por área tributaria

f_c' = resistencia especificada a la compresión del hormigón (Mpa)

A_s = área total de armadura longitudinal (1 %)

f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo no pretensado (Mpa)

A_g = área total de la sección

Solución: P = área tributaria * f_c' concreto

$$P = 14,96 \text{ m}^2 * 2400 = 35904 \text{ kg}$$

$$35904 = 0,80 * (0,225 * 210 * A_g + 2810 * 0,01 * A_g)$$

$$35904 = 60,28 A_g$$

$$A_g = 595,62 \text{ cm}^2$$

Por seguridad se propone una columna de 30 cm x 30 cm

2.1.6.1.2. Vigas

Para predimensionar las vigas el método utilizado determina el peralte o altura de la viga, esta depende de la luz que cubra la viga. La base de la viga que a criterio del diseñador se usa aquí, es el ancho de las columnas. En este caso sólo se calcula la viga crítica, es decir; la de mayor longitud, quedando las demás con igual sección.

Según Código ACI el espesor mínimo de vigas no pretensadas con un extremo continuo es $L/18,5$; donde L es la luz máxima, por lo que se tiene:

$$h_{\text{viga}} = \frac{L}{18,5} = 0,405 \text{ a } 0,50 \text{ m}$$

Sección de vigas propuesta de 0,30 m * 0,50 m.

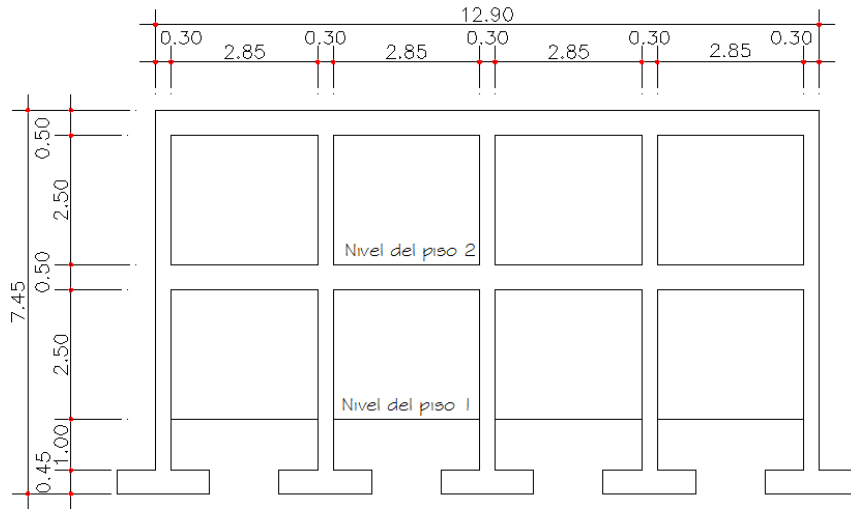
2.1.6.1.3. Losas

El método empleado usa como variable las dimensiones de la superficie de la losa y el tipo de apoyos que tiene. En este caso, todas las losas están apoyadas en los cuatro lados, aunque se tienen diferentes medidas de losa se toma la crítica y el peralte resultante se usa en ambas.

$$t_{\text{losa}} = \frac{U}{\dots}$$

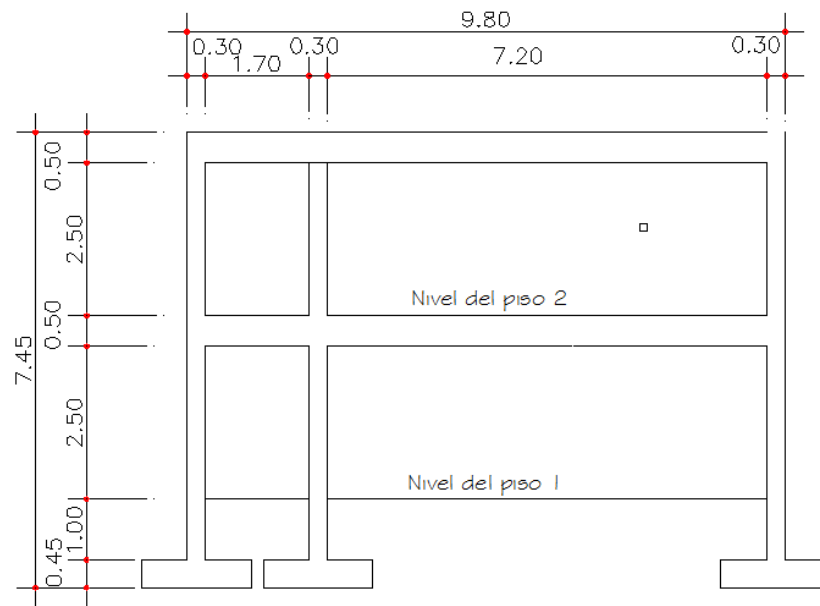
$$t_{\text{losa}} = \frac{\dots}{\dots} = 0,118 \text{ a } 0,12 \text{ m}$$

Figura 2. Marco típico en sentido X



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

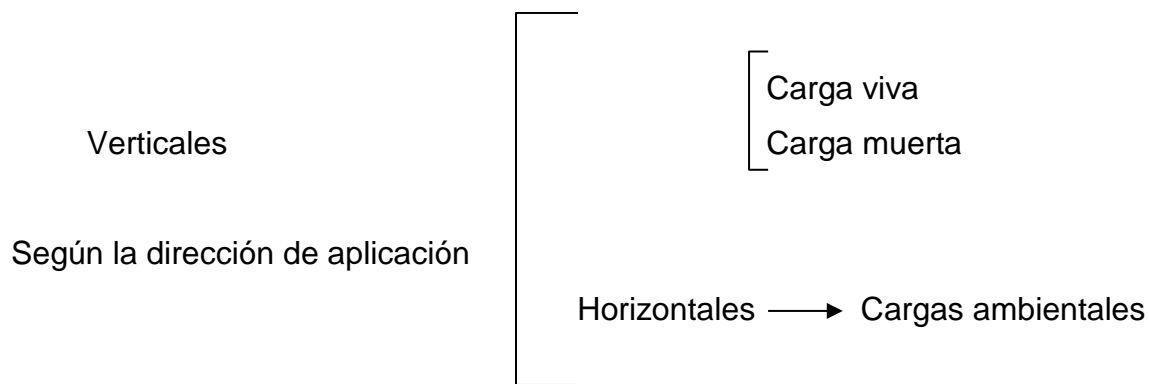
Figura 3. Marco típico en sentido Y



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.1.6.2. Cargas de diseño

Las estructuras están sometidas a cargas de diferente tipo por lo cual se utilizan distintos métodos para la clasificación, en este caso se hace una distinción según la dirección de la aplicación. Las cargas que actúan sobre la estructura son las siguientes:



2.1.6.2.1. Cargas verticales en marcos dúctiles con nudos rígidos

Cargas vivas: son las cargas de ocupación y equipos móviles. Pueden estar total o parcialmente en el sitio o no estar presentes, y pueden cambiar la ubicación. La magnitud y distribución son inciertas en un momento dado.

Cargas muertas: son las cargas permanentes, debidas al peso de los elementos estructurales y de los elementos que actúan en forma permanente sobre la estructura.

La mayor parte de la carga muerta es el peso propio de la estructura. Se calculan con buena aproximación, de acuerdo a la conformación de la misma y de los materiales.

Carga muerta (CM)

Carga viva (CV)

Peso del concreto = 2 400 kg/m³

En techo = 100 kg/m²

Peso de acabados = 60 kg/m²

En pasillo = 500 kg/m²

Peso de muros = 250 kg/m²

En aulas = 300 kg/m²

Fuente: Norma AGIES NR-2:2 000, pág. 28

< Integración de cargas verticales

o Segundo nivel

Carga muerta

$$W_{\text{losa}} = 12,60 \text{ m} * 9,50 \text{ m} * 0,12 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$W_{\text{losa}} = 34,47 \text{ Ton}$$

$$W_{\text{viga}} = [(0,30 \text{ m} * 0,50 \text{ m}) (5 * 9,50 \text{ m} + 3 * 12,60 \text{ m}) (2\,400 \text{ kg/m}^3)]$$

$$W_{\text{viga}} = 30,71 \text{ Ton}$$

$$W_{\text{columna}} = (0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * 1,50 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 15)$$

$$W_{\text{columna}} = 4,86 \text{ Ton}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = (20 \text{ kg/m}^2 * 12,60 \text{ m} * 9,50 \text{ m})$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 2,39 \text{ Ton}$$

$$W_{\text{instalaciones}} = (25 \text{ kg/m}^2 * 12,60 \text{ m} * 9,50 \text{ m})$$

$$W_{\text{instalaciones}} = 2,99 \text{ Ton}$$

Total de la carga muerta segundo nivel = 75,42 Ton

Carga viva

$$W_{viva2} = (100 \text{ kg/m}^2 * 12,60 \text{ m} * 9,50 \text{ m})$$

$$W_{viva2} = 11,97 \text{ Ton}$$

Total de carga viva segundo nivel = 11,97 Ton

Peso total del segundo nivel

$$W_{total2} = CM + 0,25CV$$

$$W_{total2} = 75,42 \text{ Ton} + 0,25 * (11,96 \text{ Ton})$$

$$W_{total2} = 78,41 \text{ Ton}$$

Peso total del segundo nivel = 78,41 Ton

- Primer nivel

Carga muerta

$$W_{losa} = 12,60 \text{ m} * 9,50 \text{ m} * 0,12 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$W_{losa} = 34,47 \text{ Ton}$$

$$W_{viga} = [(0,30 \text{ m} * 0,50 \text{ m}) (5 * 9,50 \text{ m} + 3 * 12,60 \text{ m}) (2400 \text{ kg/m}^3)]$$

$$W_{viga} = 30,71 \text{ Ton}$$

$$W_{columna} = (0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * 5,56 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 * 15)$$

$$W_{columna} = 18,01 \text{ Ton}$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = (20 \text{ kg/m}^2 * 12,60 \text{ m} * 9,50 \text{ m})$$

$$W_{\text{sobrecarga}} = 2,39 \text{ Ton}$$

$$W_{\text{instalaciones}} = (25 \text{ kg/m}^2 * 12,60 \text{ m} * 9,50 \text{ m})$$

$$W_{\text{instalaciones}} = 2,99 \text{ Ton}$$

$$W_{\text{zapatas}} = (1,80 \text{ m} * 1,80 \text{ m} * 0,45 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 * 15)$$

$$W_{\text{zapatas}} = 52,49 \text{ Ton}$$

$$W_{\text{muros}} = (2,4 \text{ m} * 12,60 \text{ m} * 2 + 7,00 \text{ m} * 7,50 \text{ m} * 4) (60 \text{ kg/m}^2)$$

$$W_{\text{muros}} = 16,23 \text{ Ton}$$

Total de la carga muerta primer nivel = 157,29 Ton

Carga viva

$$W_{\text{viva1}} = (300 \text{ kg/m}^2 * 12,60 \text{ m} * 7,50 \text{ m}) + (500 \text{ kg/m}^2 * 12,60 \text{ m} * 2,00 \text{ m})$$

$$W_{\text{viva1}} = 40,95 \text{ Ton}$$

Total de carga viva primer nivel = 40,95 Ton

Peso total del primer nivel

$$W_{\text{total1}} = CM + 0,25CV$$

$$W_{\text{total1}} = 157,29 \text{ Ton} + 0,25 * (40,95 \text{ Ton})$$

$$W_{\text{total1}} = 167,53 \text{ Ton}$$

Peso total del primer nivel = 167,53 Ton

Resumen

W primer nivel = 167,53 Ton

W segundo nivel = 78,41 Ton

Peso total del edificio = 245, 94 Ton

2.1.6.2.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles con nudos rígidos

Cargas ambientales: Guatemala cuenta con las cargas debidas al sismo.

Los sismos consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra. A medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener la estructura en el sitio original, esto hace que la estructura sufra desplazamiento, que pueden tener resultados catastróficos. Por lo tanto, el diseño sísmico depende fuertemente de las propiedades geométricas de la estructura, especialmente la altura.

Además, el análisis realizado con la fuerza de sismo, cubre los efectos que podría causar la fuerza de viento si se presenta.

2.1.6.3. Fuerzas sísmicas

Para encontrar las fuerzas sísmicas aplicadas en una estructura se puede utilizar el método SEAOC y el método de AGIES. Para este proyecto se utilizó el método SEAOC, el cual se describe a continuación:

- < Corte basal (V): Es la fuerza sísmica que transmite el suelo a la base de la estructura. Se calcula con base a la ecuación siguiente:

$$V = Z * I * C * S * K * W$$

Donde:

- Z: coeficiente que depende de la zona sísmica, para Chiquimula = 1
- I: coeficiente que depende del tipo de ocupación e importancia de la estructura, después de ocurrido el sismo.
Valores de I según el capítulo 13 del Código SEAOC:
Complejo esencial, 1,50
Complejo de alto riesgo, 1,25
Todos los demás, 1,00
Utilizar I = 1,3

- C: coeficiente que depende del período natural de vibración, está dado por:

$$C = \frac{0,12}{T}; \quad T = \frac{0,1}{\sqrt{B}}$$

donde C no puede ser mayor de 0,12 y $T = \frac{0,1}{\sqrt{B}}$

donde H = altura de edificio, B = base de edificio

- S: coeficiente que depende del tipo de suelo donde se cimenta la estructura, si se desconoce usar 1,5, chequear $C * S \leq 0,14$ de estos coeficientes exceden este valor, tomar $C * S = 0,14$

K: factor que refleja la ductilidad de la estructura = 0,67

W: peso propio de la estructura + 25 % de las cargas vivas

Como el sismo actúa en diferentes direcciones es necesario evaluar el corte basal en las direcciones X y Y (longitudinal y transversal respectivamente).

En el sentido X del caso estudiado:

Entonces:

$$T = \frac{1}{\sqrt{1400}} = 0,18 \text{ s}; \quad C = \frac{1}{\sqrt{3600}} = 0,16$$

Por lo que se toma $C = 0,12$

$S = 1,5$ porque no se conoce el valor de S se utiliza el mayor valor permitido.

El valor de CS debe ser menor a 0,14 el valor conjunto de $C * S$

$$C * S = (0,12 * 1,5) = 0,18 \text{ por lo que se utiliza, } C * S = 0,14$$

$$V = V_x = V_y = (1,0)(1,3)(0,14)(0,67)(245,94)$$

$$V = 29,99 \text{ Ton} \quad 30,00 \text{ Ton}$$

< Fuerza por nivel

Según la sección I (E) del Código SEAOC, la fuerza total lateral V puede ser distribuida en toda la estructura.

Donde:

V = corte basal

F_t = fuerza en la cúspide

F_i = fuerza por nivel

Condiciones a cumplir, dadas en la sección I(E) del Código SEAOC:

Si T < 0,25 segundos; F_t = 0

Si T > 0,25 segundos; F_t = 0,07 T*V

Donde:

T= período fundamental de la estructura

El corte basal V o el valor de la fuerza puede ser distribuida en los niveles de la estructura, con la ecuación:

$$F_{ni} = \frac{W_i H_i^2}{\sum W_i H_i^2} V$$

Donde:

W_i = peso de cada nivel

H_i = altura de cada nivel

- < Para el peso de las columnas del primer nivel debe tomarse desde la cimentación hasta la mitad de las columnas del segundo nivel.
- < El peso de las columnas intermedias se debe de tomar de la mitad de la columna del nivel inferior a la mitad de la columna del nivel superior.

Cálculo de F_n respecto al eje X y Y

Como $t = 0,25$,

Fuerza en la cúspide $F_t = 0,00$

Fuerza por nivel

$$F_2 = \frac{\dots}{\dots} = 13,46 \text{ Ton}$$

$$F_1 = \frac{\dots}{\dots} = 16,55 \text{ Ton}$$

Chequeando:

$$V = F_t + F_2 + F_1$$

$$V = 0 + 13,46 \text{ Ton} + 16,55 \text{ Ton}$$

$$V = 30,01 \text{ Ton}$$

2.1.6.4. Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudo rígidos

En las estructuras se calculará dividiendo la fuerza por piso entre el número de marcos paralelos a esta fuerza, cuando los marcos espaciados están simétricamente colocados. En caso contrario, de ser marcos asimétricos se tendrá que dividir la fuerza de piso F_i proporcional a la rigidez de los marcos.

< Fuerzas por marcos y . y

El edificio es simétrico en Y por lo que la fuerza por marco será igual al producto de la división de la fuerza de piso entre el número de marcos en el sentido y.

Segundo nivel

La fuerza del segundo nivel debe incluir F_t

$$F_2 = \frac{F_t}{n} \quad F_2 = \frac{F_t}{n} \quad F_2 = 2,69 \text{ Ton}$$

Primer nivel

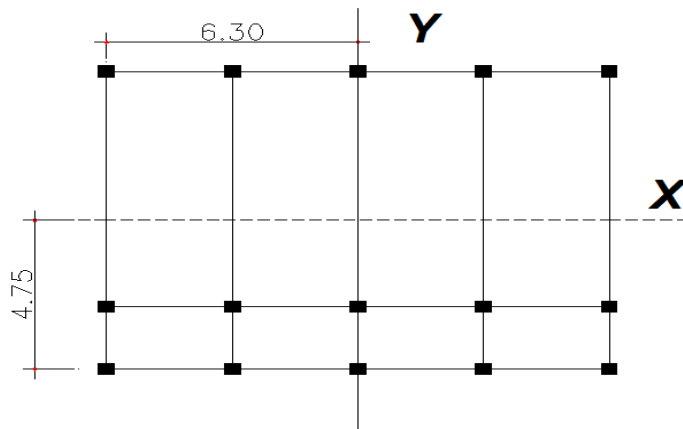
La fuerza del primer nivel debe incluir F_t

$$F_1 = \frac{F_t}{n} \quad F_1 = \frac{F_t}{n} \quad F_1 = 3,31 \text{ Ton}$$

< Fuerza por marco x . x

En la figura 4, se puede observar que la estructura no es simétrica en X, porque el centro de masa tiene dos marcos abajo y uno arriba. Para analizar la torsión en las estructuras, se puede utilizar un método simplificado, el cual consiste en considerar por separado los desplazamientos relativos al edificio, ocasionados por la traslación y rotación de cada piso, considerando la rigidez de cada nivel y con esto determinado por las fuerzas correspondientes a un desplazamiento unitario, distribuyendo los cortes por torsión según la rigidez.

Figura 4. **Simetría de marcos en el edificio**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Para analizar la torsión en las estructuras se puede utilizar un método simplificado, el cual consiste en considerar por separado los desplazamientos relativos al edificio, ocasionados por la traslación y rotación de cada piso, considerando la rigidez de cada nivel y con esto determinado por las fuerzas correspondientes a un desplazamiento unitario, distribuyendo los cortes por torsión según la rigidez.

Los momentos de entrepiso se distribuyen en los diversos marcos y muros del sistema resistente a fuerzas laterales, de manera congruente con la distribución de los cortantes de entrepiso. El tipo de estructura a analizar y el tipo de apoyo, determinan que ecuación de rigidez hay que utilizar, de las cuales se puede citar:

Voladizo: se refiere a edificios de un nivel o a los últimos niveles de edificios multiniveles. La rigidez en voladizos se calcula con la ecuación:

$$K = \frac{3EI}{h^3}$$

Doblemente empotrado: se refiere a los primeros niveles o niveles intermedios de edificios multiniveles. La rigidez en este caso se calcula con la ecuación:

$$K = \frac{12EI}{h^3}$$

Donde:

P =carga asumida, generalmente 10 000 kg

h = altura del muro o columna analizada

E = módulo de elasticidad del concreto (15 100 * \bar{f}_c) ce

I = inercia de elemento

A = sección transversal del muro o columna analizada

G = módulo de rigidez (0,40 * E)

Cuando el centro de rigidez CR no coincide con el centro de masa CM se produce excentricidad en la estructura, esto se debe a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y las rigideces de la estructura.

La excentricidad se determina por medio de la diferencia que existe entre el valor del centro de masa y el valor del centro de rigidez.

Fuerzas del marco por torsión

El cálculo de la fuerza que llega a cada marco se realiza por medio de la suma algebraica de la fuerza rotacional y la fuerza directamente proporcional a la rigidez de los marcos.

$$F_m = F_{\{ \frac{K_m}{K_i} \pm A} F_n$$

F_m = fuerza rotacional

$$F_{\{ \frac{K_m}{K_i} \pm A}$$

$$F_n =$$

Donde:

K_m = rigidez del marco

K_i = rigidez total del nivel

d_i = distancia del CR a marco considerado

F_n = fuerza por nivel

E_i = relación entre rigideces y brazo a cada marco

e = excentricidad

Segundo nivel

Rigidez de columna x . x utilizando la fórmula de voladizo por ser el último nivel

$$K = \frac{K_{c1} + K_{c2} + K_{c3} + K_{c4} + K_{c5}}{5}$$

$$K = 0,163$$

Como todas las columnas tienen la misma sección, entonces:

$$K_m = K_{c1} + K_{c2} + K_{c3} + K_{c4} + K_{c5}$$

$$K_m = 0,163 * 5 = 0,815$$

Tabla I. **Cálculo del centro de rigidez en el segundo nivel**

CENTRO DE RIGIDEZ PARA EL SEGUNDO NIVEL			
Marco	Km	Brazo (m)	Km*brazo(m)
C	0,815	9,5	7,743
B	0,815	2	1,63
A	0,815	0	0
Km = 2,445		Km*brazo(m) = 9,373	

Fuente: elaboración propia.

Centro de rigidez = CR

$$CR = \frac{9,373}{2,445} = 3,834$$

$$CM_x = 4,75 \text{ m}$$

$$CM_y = 6,3 \text{ m}$$

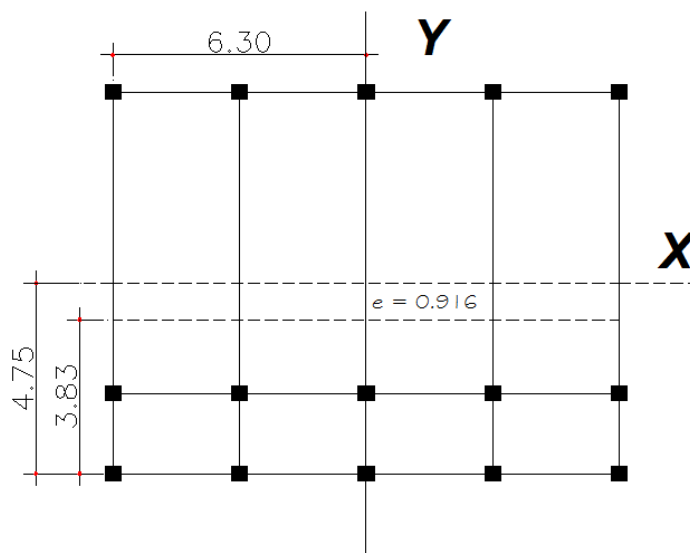
$$e_x = CM_x \cdot CR = 4,75 \cdot 3,833 = 0,916 \text{ m}$$

$$e_{\min} = 5 \% \cdot B \text{ lado perpendicular a la fuerza}$$

$$e_{\min} = 5 \% \cdot 9,50 \text{ m} = 0,475 \text{ m}$$

$e_x > e_{\min}$, por lo que se considera que si existe torsión en el sentido X.

Figura 5. Localización del centro de masa y centro de rigidez



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Tabla II. Fuerza por marco por torsión del segundo nivel

MARCO POR TORSIÓN EN EL SEGUNDO NIVEL								
Marco	km	di	km*di	(km*di)	Ei	Fm'	Fm''	Fm
C	0,815	5,666	4,618	21,326	7,217	4,487	1,708	6,195
B	0,815	-1,834	-1,495	2,235	-22,292	4,487	0,553	3,934
A	0,815	-3,834	-3,125	9,766	-10,665	4,487	1,156	3,331
	2,445			33,327				13,46

Fuente: elaboración propia.

eso la fuerza del marco $F_2 = 4\,487\text{ kg}$

Primer nivel

Por ser el primer nivel, la columna se trabaja como doblemente empotrada

$$K = \frac{12EI}{L^3}$$

$$K = 0,272$$

Como todas las columnas tienen la misma sección, entonces:

$$K_m = K_{c1} + K_{c2} + K_{c3} + K_{c4} + K_{c5}$$

$$K_m = 0,272 * 5$$

$$K_m = 1,36$$

Tabla III. **Cálculo del centro de rigidez en el primer nivel**

CENTRO DE RIGIDEZ PARA EL PRIMER NIVEL			
Marco	Km	Brazo (m)	Km*brazo(m)
C	1,36	9,5	12,92
B	1,36	2	2,72
A	1,36	0	0
Km = 2,445		Km*brazo(m) = 15,64	

Fuente: elaboración propia.

Centro de rigidez = CR

$$CR = \frac{1}{\frac{1}{12EI} + \frac{1}{4EI}} = 3,834$$

$$CM_x = \frac{1}{2} = 4,75 \text{ m}$$

$$CM_y = \frac{1}{2} = 6,3 \text{ m}$$

$$e = CM_x \cdot CR = 4,75 \cdot 3,834 = 0,916 \text{ m}$$

$$e_{\min} = 5 \% \cdot H_{\text{del edificio}}$$

$$e_{\min} = 5 \% \cdot 7,56 = 0,378 \text{ m}$$

$e_x > e_{\min}$, por lo que se considera que si existe torsión en el sentido X.

Tabla IV. **Fuerza por marco por torsión del primer nivel**

MARCO POR TORSIÓN EN EL PRIMER NIVEL								
Marco	km	di	km*di	(km*di)	Ei	Fm'	Fm''	Fm
C	1,36	5,666	7,706	59,382	12,041	5,517	1,259	6,776
B	1,36	-1,834	-2,494	6,22	-37,204	5,517	0,407	5,11
A	1,36	-3,834	-5,214	27,186	-17,796	5,517	0,852	4,665
	4,08			92,788				16,55

Fuente: elaboración propia.

El valor de la fuerza del marco $F_1 = 5\,517 \text{ kg}$

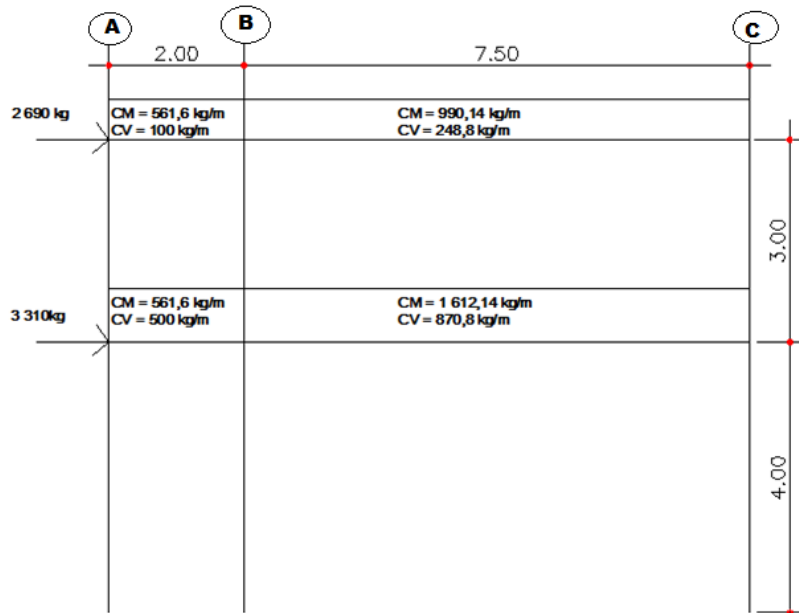
2.1.6.5. Análisis de marcos dúctiles por medio de software y comprobación por medio de un método de análisis estructural

Para efecto de análisis estructural se utilizó el software SAP2000 para la obtención de los momentos en cada uno de los elementos estructurales, luego se realizó una comprobación; a través del método numérico de Kani, concluyendo que los resultados variaron en un porcentaje mínimo de 8 %.

El método de KANI presenta una gran ventaja cuando se trata de calcular la deformación horizontal producida por la asimetría de las cargas, o por cargas horizontales. También tiene la ventaja, aun en el caso de no considerar desplazamiento de los nodos, que es un método correctivo, por eliminarse automáticamente los errores, que no sean de planteamiento del cálculo.

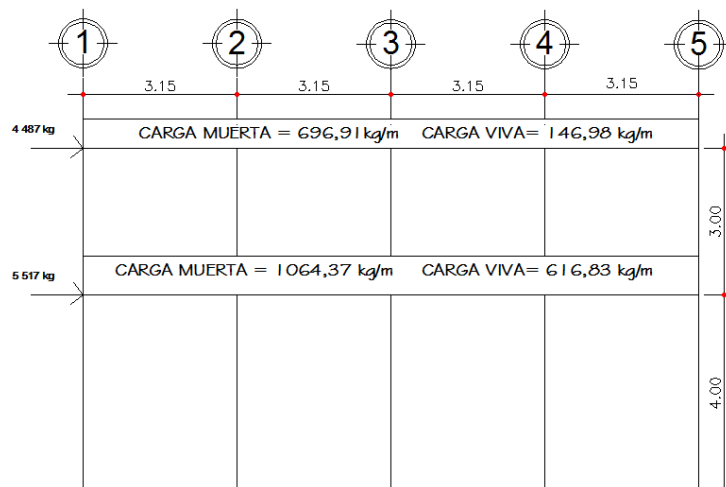
El análisis se realizó para cada una de las cargas, siendo estas: carga muerta, carga viva y sismo. Los datos se ingresaron al software, de acuerdo a los modelos resultantes de las cargas en el edificio, los cuales se presentan a continuación; para diseño estructural, se utilizan los resultados obtenidos del método numérico de KANI, debido a las ventajas mencionadas.

Figura 6. **Marco típico sentido Y, cargas verticales y horizontales**



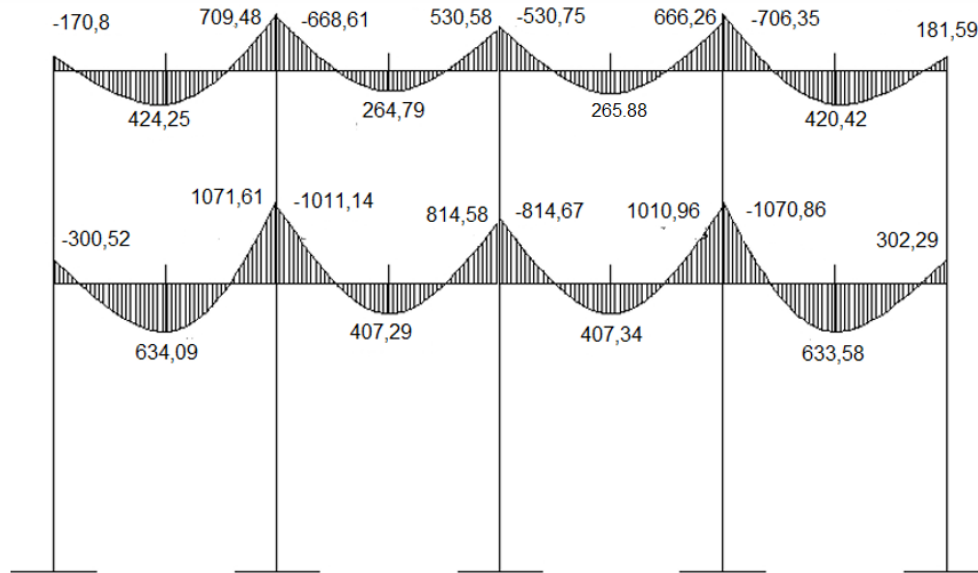
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 7. **Marco típico sentido X, cargas verticales y horizontales**



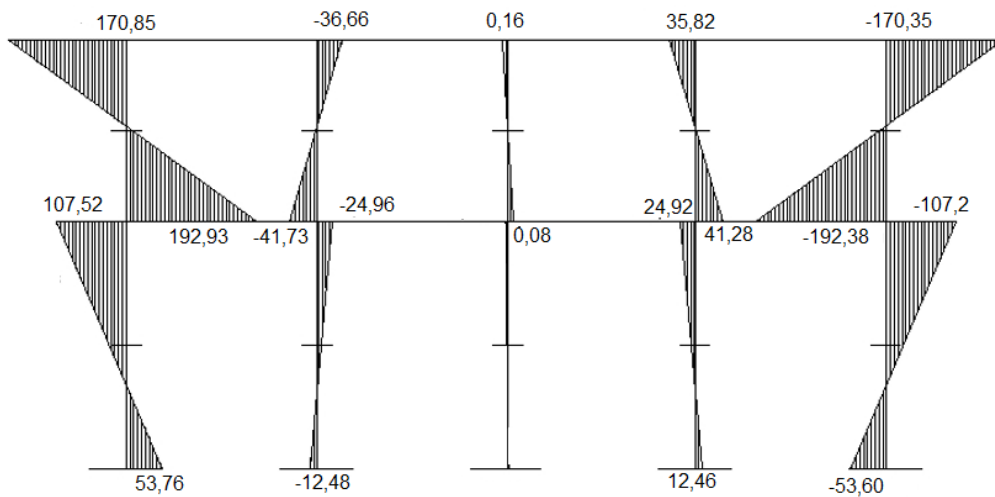
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 8. Diagrama de momentos, carga muerta en vigas del eje X



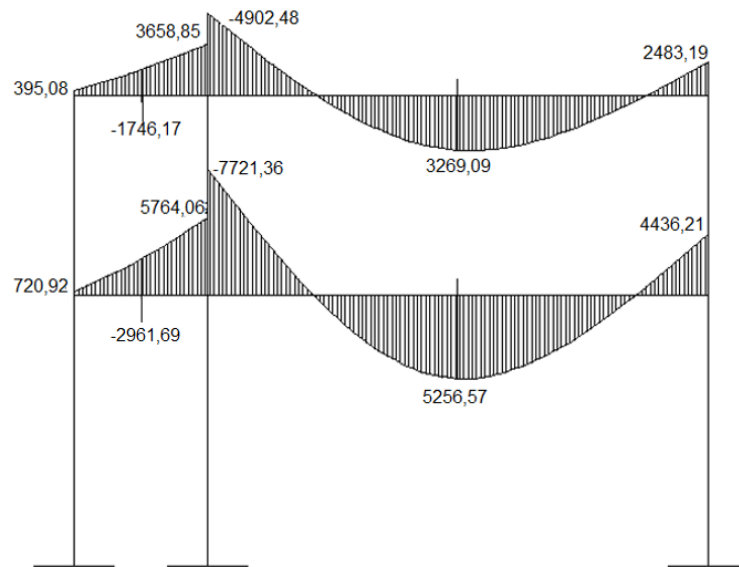
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 9. Diagrama de momentos, carga muerta en columnas el eje X



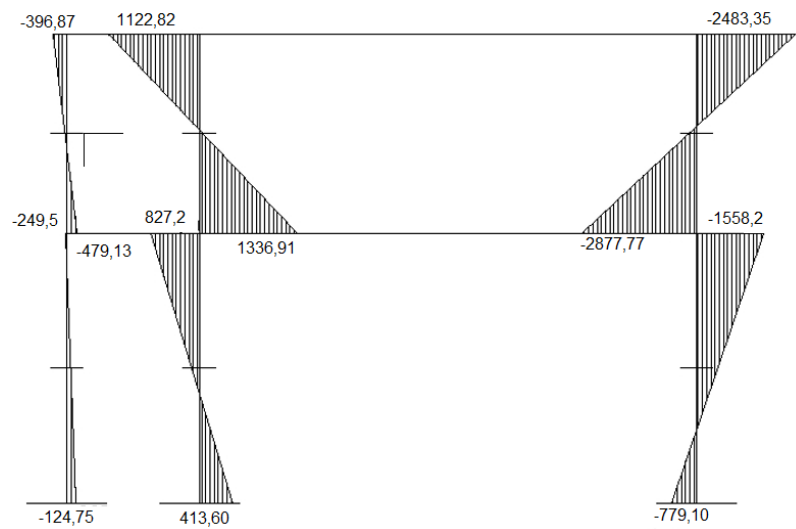
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 10. Diagrama de momentos, carga muerta en vigas del eje Y



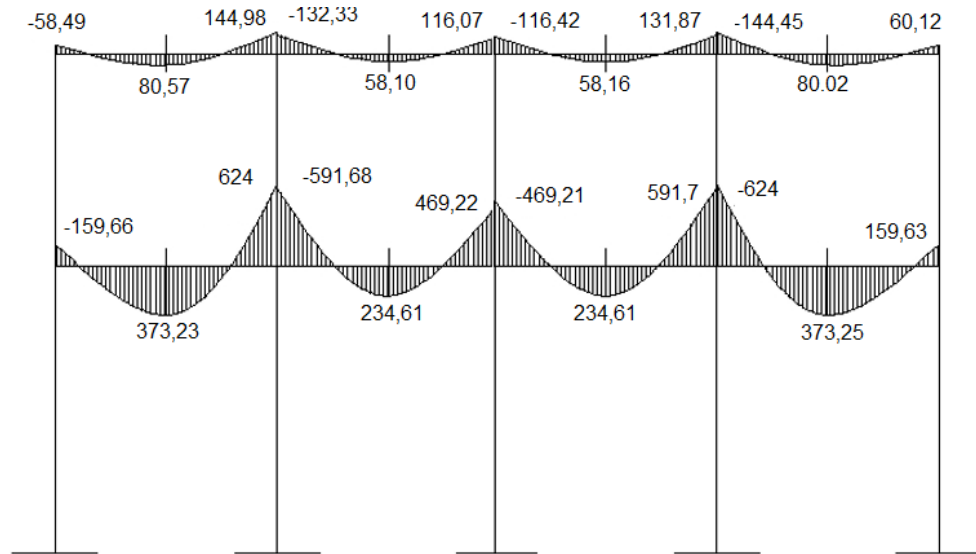
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 11. Diagrama de momentos, carga muerta en columnas del eje Y



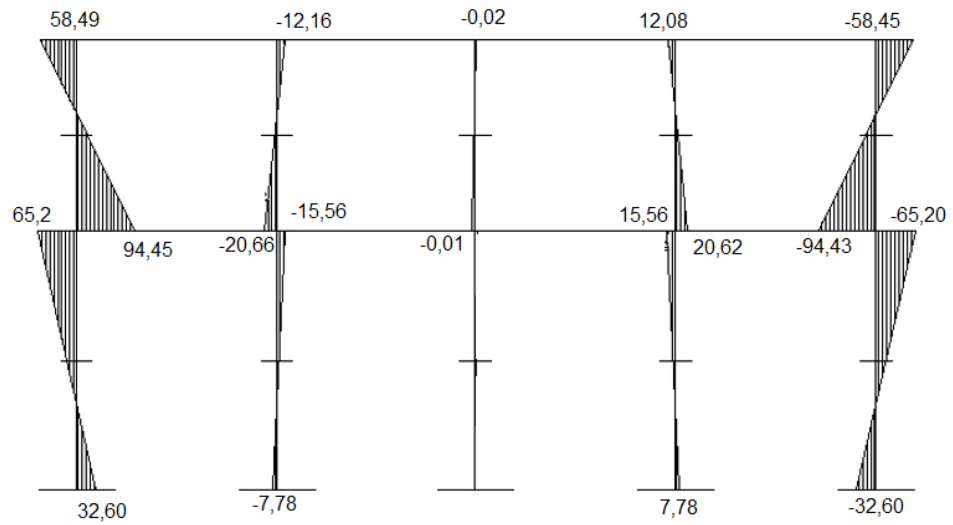
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 12. Diagrama de momentos, carga viva en vigas del eje X



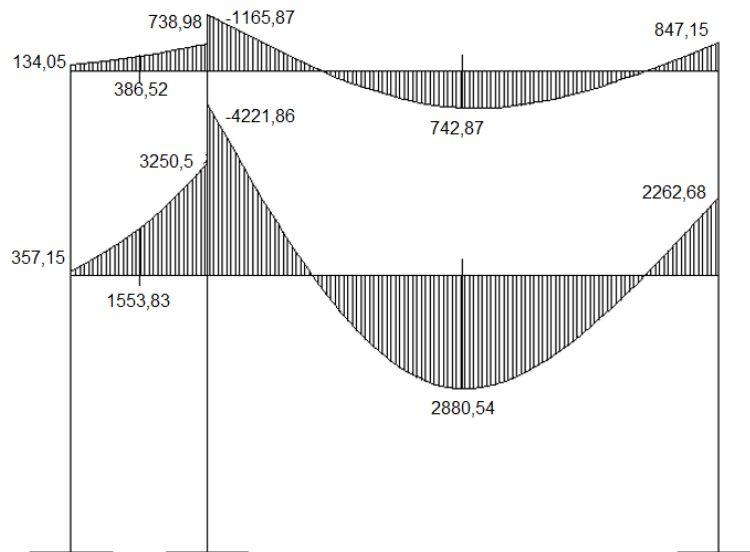
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 13. Diagrama de momentos, carga viva en columnas el eje X



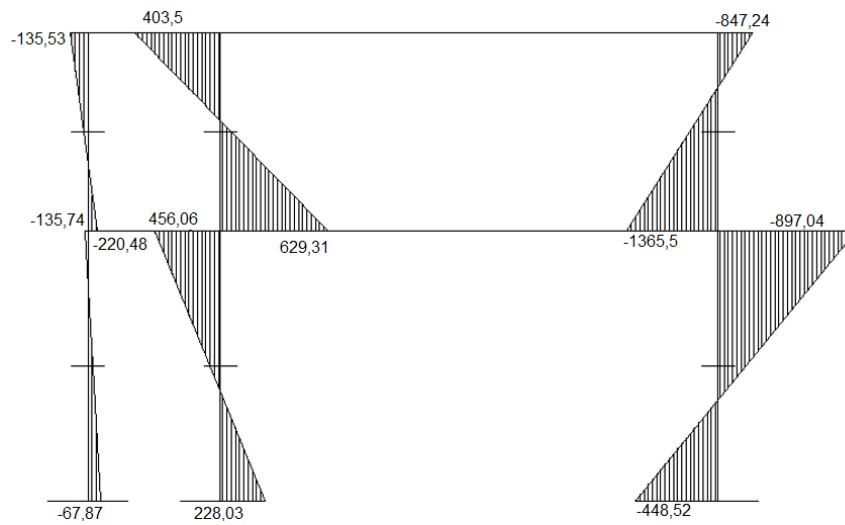
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 14. **Diagrama de momentos, carga viva en vigas del eje Y**



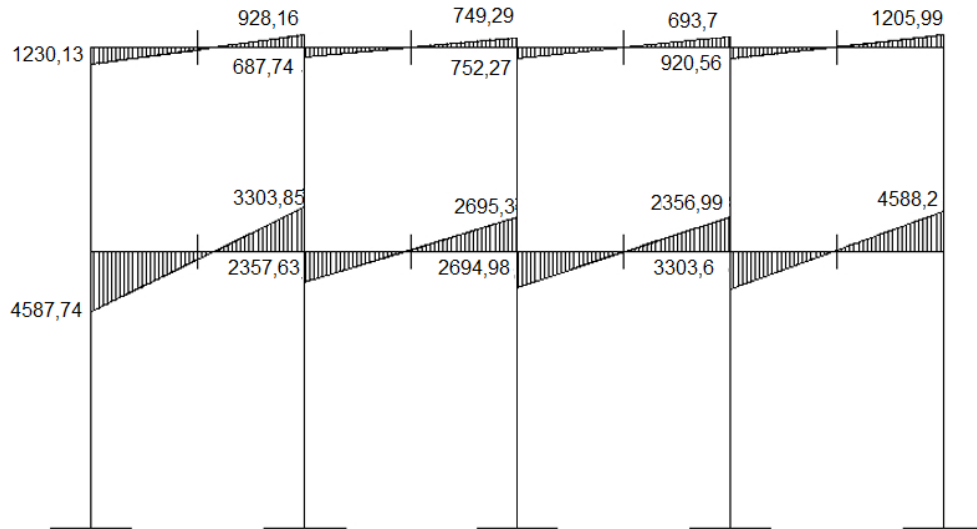
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 15. **Diagrama de momentos, carga viva en columnas del eje Y**



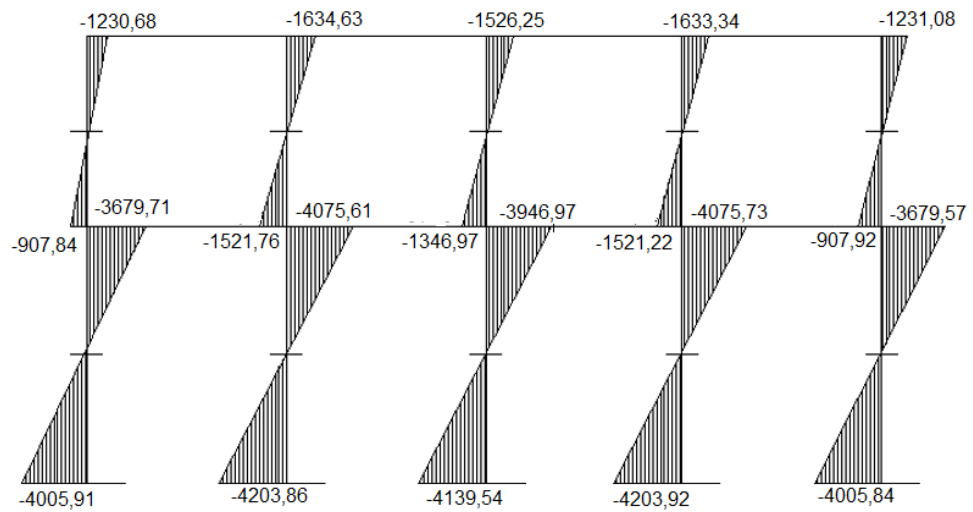
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 16. Diagrama de momentos, carga sísmica en vigas del eje X



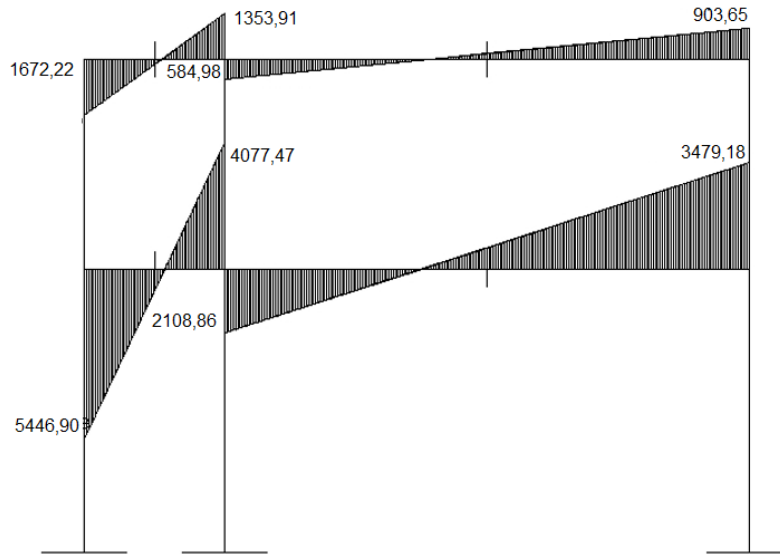
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 17. Diagrama de momento, carga sísmica en columnas del eje X



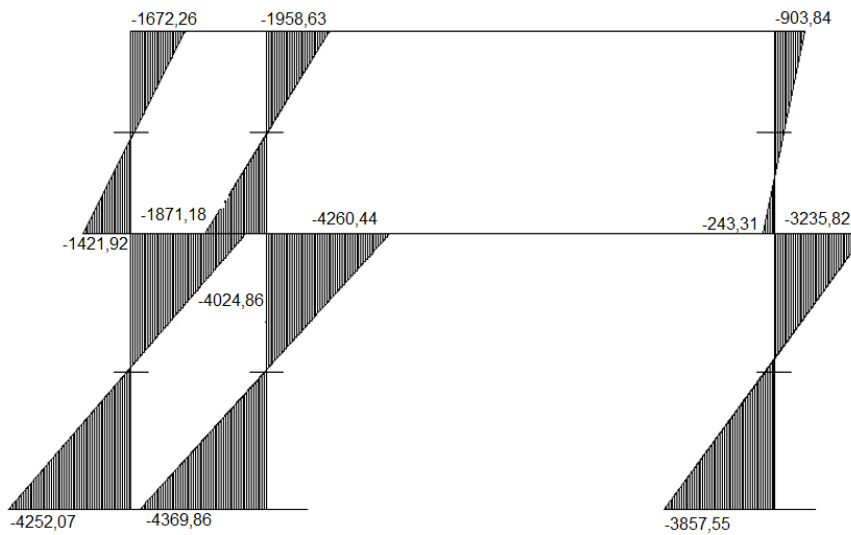
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 18. **Diagrama de momentos, carga sísmica en vigas del eje Y**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 19. **Diagrama de momento, carga sísmica en columnas del eje Y**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.1.6.6. Envolvente de momento

La envolvente de momentos es la representación de los esfuerzos máximos, que se pueden dar o que pueden ocurrir al suponer los efectos de cargas, tanto en columnas como en vigas.

El Código ACI propone las siguientes combinaciones de ecuaciones para considerar la superposición de efectos:

$$M(-) = 0,75 (1,4 * M_{CM} + 1,7 * M_{CV} \pm 1,87 * M_S)$$

$$M(-) = 0,90 * M_{CM} \pm 1,43 * M_S$$

$$M(+) = 1,4 * M_{CM} + 1,7 * M_{CV}$$

< Esfuerzos de corte

Los esfuerzos cortantes en los elementos estructurales de los marcos se obtienen de las siguientes ecuaciones:

Corte en vigas:

$$V_V = 0,75 * \left[\text{---} + \text{---} + \text{---} \right]$$

Corte en columnas:

$$V_C = \text{---}$$

Cálculo de la envolvente de momentos y momento de corte en marcos
Sentido X envolvente de momentos en segundo nivel en los ejes 1-2:

$$M_1(-) = 0,75 (1,4 * M_{CM} + 1,7 * M_{CV} \pm 1,87 * M_S)$$

$$M_1(-) = 0,75 (1,4 * -170,8 + 1,7 * -58,49 - 1,87 * 1\ 230,13) = -1\ 979,17 \text{ kg-m}$$

$$M_1(-) = 0,75 (1,4 * -170,8 + 1,7 * -58,49 + 1,87 * 1\ 230,13) = 1\ 471,34 \text{ kg-m}$$

$$M(+)= 1,4 * M_{CM} + 1,7 * M_{CV}$$

$$M(+)= 1,4 * 424,25 + 1,7 * 80,57 = 730,92 \text{ kg-m}$$

$$M_2(-) = 0,75 (1,4 * M_{CM} + 1,7 * M_{CV} \pm 1,87 * M_S)$$

$$M_2(-) = 0,75 (1,4 * 709,48 + 1,7 * 144,98 - 1,87 * 928,16) = -371,94 \text{ kg-m}$$

$$M_2(-) = 0,75 (1,4 * 709,48 + 1,7 * 144,98 + 1,87 * 928,16) = 2\ 231,55 \text{ kg-m}$$

$$M_1(-) = 0,90 * M_{CM} \pm 1,43 * M_S$$

$$M_1(-) = 0,90 * -170,8 - 1,43 * 1\ 230,13 = -1\ 912,80 \text{ kg-m}$$

$$M_1(-) = 0,90 * -170,8 + 1,43 * 1\ 230,13 = 1\ 605,36 \text{ kg-m}$$

$$M_2(-) = 0,90 * M_{CM} \pm 1,43 * M_S$$

$$M_2(-) = 0,90 * 709,48 - 1,43 * 928,16 = -688,74 \text{ kg-m}$$

$$M_2(-) = 0,90 * 709,48 + 1,43 * 928,16 = 1\ 965,80 \text{ kg-m}$$

$$M_{1col}(-) = 0,75 (1,4 * M_{CM} + 1,7 * M_{CV} \pm 1,87 * M_S)$$

$$M_{1col}(-) = 0,75 (1,4 * 170,85 + 1,7 * 58,49 - 1,87 * -1\ 230,68) = 1\ 980 \text{ kg-m}$$

$$M_{1col}(-) = 0,75 (1,4 * 170,85 + 1,7 * 58,49 + 1,87 * -1\ 230,68) = -1\ 472,06 \text{ kg-m}$$

$$M_{2col}(-) = 0,75 (1,4 * M_{CM} + 1,7 * M_{CV} \pm 1,87 * M_S)$$

$$M_{2col}(-) = 0,75 (1,4 * 192,93 + 1,7 * 94,45 - 1,87 * -907,84) = 1\ 596,25 \text{ kg-m}$$

$$M_{2col(-)} = 0,75 (1,4 * 192,93 + 1,7 * 94,45 + 1,87 * -907,84) = - 950,24 \text{ kg-m}$$

Sentido X envolvente de momentos en segundo nivel en los ejes 1-2:

$$V_V = 0,75 * \left[\text{---} + \text{---} + \text{---} \right]$$

$$V_{V1-2} =$$

$$0,75 * \left[\text{---} + \text{---} + \text{---} \right]$$

$$V_{V1-2} = 2\,408,62 \text{ kg}$$

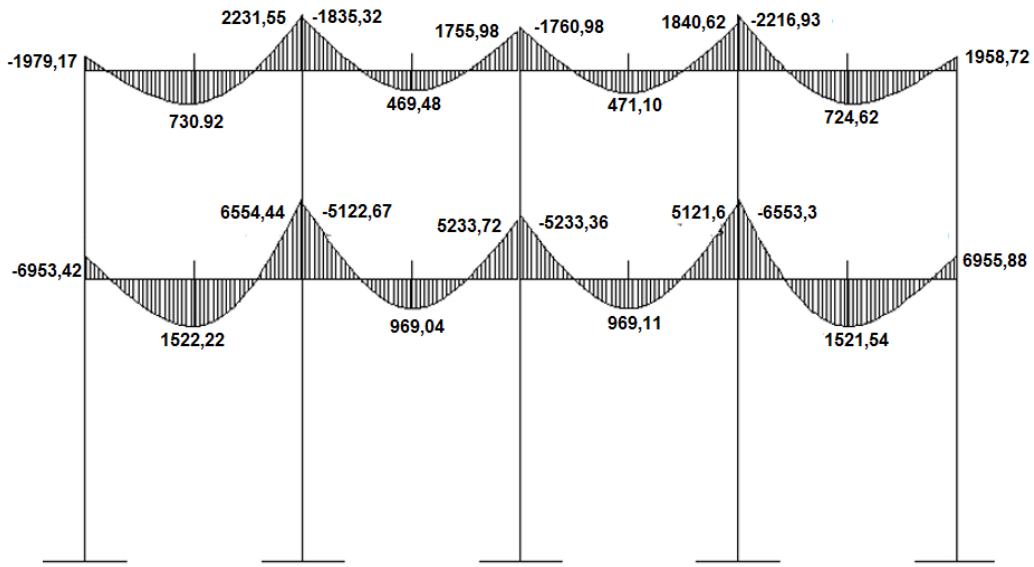
$$V_C = \text{---}$$

$$V_{C1} = \text{---} = 1\,192,08 \text{ kg}$$

2.1.6.7. Diagrama de corte y momento

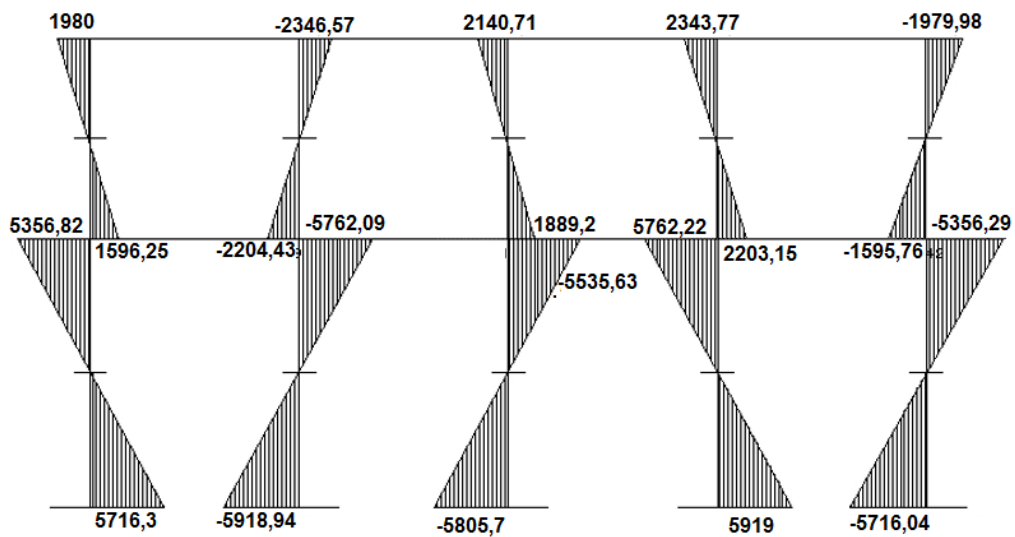
A continuación se muestran los diagramas obtenidos de la envolvente para cada eje:

Figura 20. Diagrama de momentos últimos en vigas del eje X



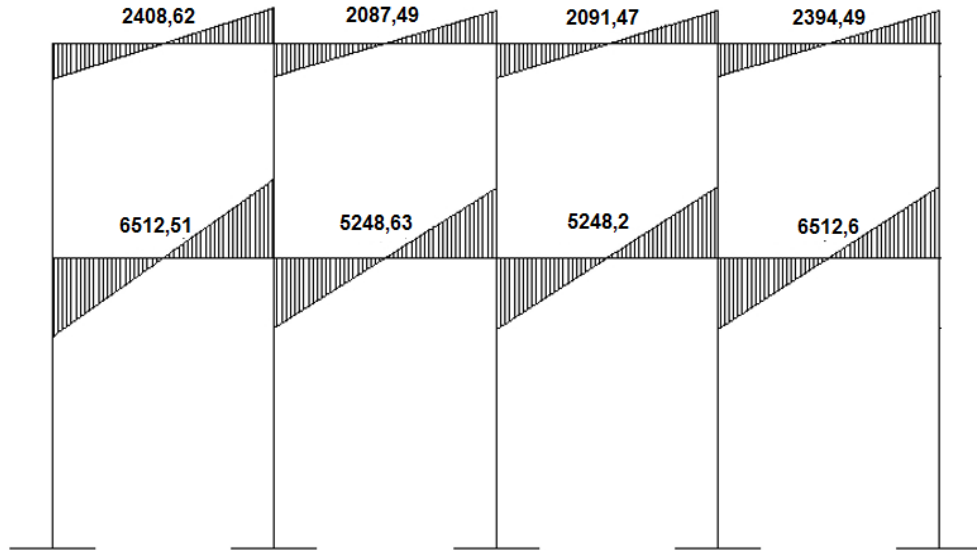
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 21. Diagrama de momentos últimos en columnas del eje X



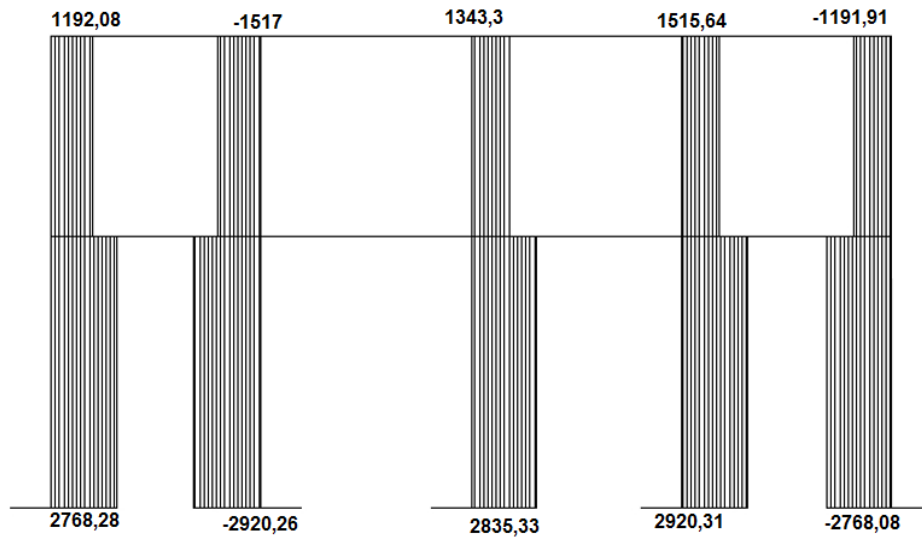
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 22. Diagrama de cortes últimos en vigas del eje X



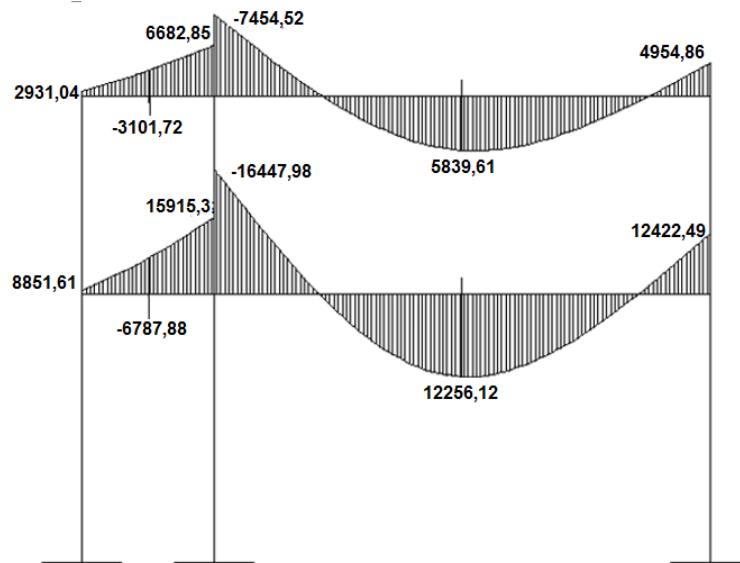
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 23. Diagrama de cortes últimos en columnas del eje X



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 24. Diagrama de momentos últimos en vigas del eje Y



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

Figura 25. Diagrama de momentos últimos en columnas del eje Y

Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

