



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

**DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN,
MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA**

Luis Carlos Flores Rodas

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, abril de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN,
MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS CARLOS FLORES RODAS

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2012

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	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Francisco Ola Hernández
EXAMINADOR	Ing. José Gabriel Ordoñez Morales
EXAMINADOR	Ing. Fredy Enrique Ríos Godínez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 23 de febrero de 2004.



Luis Carlos Flores Rodas



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala 25 de mayo de 2010.

Ref.EPS.DOC.674.05.10.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Carlos Flores Rodas** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **9622340**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
MAAO/ra





UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 25 de mayo de 2010.
Ref.EPS.D.406.05.10

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Carlos Flores Rodas**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta .

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor -Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
5 de octubre de 2011

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Carlos Flores Rodas, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Luis Carlos Flores Rodas, titulado DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril de 2012

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN, MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Carlos Flores Rodas**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 18 de abril de 2012

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida y todo lo que con sus bendiciones y oportunidades he logrado, así como realizar una de las metas más importantes de mi vida.
Mis padres	Oscar Flores y Thelma Rodas, por su amor, apoyo incondicional, por ser la senda de ejemplos y por ser pilar y resguardo en los momentos difíciles.
Mi esposa	Cindy Gabriela de León Pérez, con quien he compartido mis triunfos, alegrías, desencantos, desvelos y tristezas; con mucho amor.
Mis hijos	Luis Carlos y Carlos Ernesto, que son la alegría e inspiración de mi vida.
Mis hermanos	Oscar Alberto, Mario René y Ernesto José, con respeto, cariño y admiración.
Familia de León Pérez	Eterna gratitud.
Familia y amigos en general	Con respeto y cariño.

**Compañeros de
estudio**

Por su comprensión y apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por haberme permitido culminar los estudios al grado de licenciatura.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Quien abrigo esta etapa de mi vida.
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta	Por el asesoramiento en este presente trabajo de graduación.
Ing. Jorge Arnulfo Oliveros	Por su apoyo incondicional.
Ing. Hugo Rolando Bosque	Por los consejos y amistad brindada. .

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XXIX
OBJETIVOS.....	XXXI
INTRODUCCIÓN	XXXIII
1. RESEÑA HISTÓRICA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA	1
2. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA	11
2.1. Ubicación geográfica	12
2.1.1. Departamento de Guatemala.....	12
2.1.2. Municipio de Santa Catarina Pinula.....	15
2.2. Demografía.....	21
2.2.1. Etnia	22
2.2.2. Lengua.....	23
2.2.3. Religión.....	23
2.2.4. Tradiciones, costumbres y folclor del municipio.....	23
2.2.5. Marco sociopolítico	24
2.3. Población total.....	25
2.3.1. Población económicamente activa y no activa	27
2.3.2. Instituciones sociales.....	28

2.4.	Aspectos económicos globales y actividades productivas.	29
2.4.1.	Marco económico	29
2.4.1.1.	Sector primario.....	30
2.4.1.2.	Sector secundario.	30
2.4.1.3.	Sector terciario o de servicios	31
3.	DISEÑO DE UNA ESCUELA RURAL DE NIVEL PRIMARIO.....	33
3.1.	Antecedentes	33
3.1.1.	Escuela aldea El Carmen	33
3.1.2.	Reconocimiento del lugar	34
3.2.	Diseño estructural de edificio escolar en aldea El Carmen, municipio de Santa Catarina Pinula	35
3.2.1.	Base de diseño.....	35
3.2.1.1.	Tipología estructural.....	36
3.2.1.2.	Código de referencia.....	36
3.2.1.3.	Materiales utilizados.....	36
3.2.1.4.	Valor soporte en cimentación.....	36
3.2.1.5.	Consideraciones arquitectónicas	37
3.2.2.	Análisis estructural	37
3.2.2.1.	Cargas estáticas	37
3.2.2.2.	Cargas dinámicas	38
3.2.2.3.	Resistencia requerida	41
3.2.2.4.	Cálculo estructural	43
3.2.3.	Diseño estructural	44
3.2.3.1.	Diseño de losas.....	44
3.2.3.1.1.	Espesor.....	45
3.2.3.2.	Armado	49
3.2.4.	Diseño de vigas.....	66
3.2.4.1.	Diseño a flexión.....	68

	3.2.4.2.	Diseño a corte	100		
	3.2.5.	Diseño de columnas	122		
		3.2.5.1.	Diseño de refuerzo longitudinal	123	
		3.2.5.2.	Diseño de refuerzo transversal.....	129	
	3.2.6.	Diseño de cimentación	134		
	3.2.7.	Diseño de juntas entre tramos	150		
	3.2.8.	Planos.....	153		
4.		RIESGO Y VULNERABILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN	155		
	4.1.	Análisis de vulnerabilidad	155		
	4.2.	Naturaleza y probabilidad	156		
		4.2.1.	Conceptos generales del diseño antisísmico.....	160	
		4.2.2.	Posible impacto ambiental generado.....	163	
		4.2.3.	Fase de servicios	167	
			4.2.3.1.	Conceptos generales.....	167
			4.2.3.2.	Daños estructurales.....	169
		CONCLUSIONES	173		
		RECOMENDACIONES.....	175		
		BIBLIOGRAFÍA	177		
		APÉNDICES	179		
		ANEXOS.....	275		

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de la región metropolitana, de Guatemala	14
2.	Momentos desarrollados en X – X ($kg_f m$), con valores E+3 tramo 1 ..	50
3.	Momentos desarrollados en Y – Y ($kg_f m$), con valores E+3 tramo 1 ..	50
4.	Momentos desarrollados en X – X ($kg_f m$), con valores E+3 tramo 2 ..	59
5.	Momentos desarrollados en Y – Y ($kg_f m$), con valores E+3 tramo 2...	60
6.	Integración compresión resistencia vrs momento resistido.....	128
7.	Presupuesto.....	154

TABLAS

I.	Población estimada para el año 2002 (INE)	25
II.	Actividad económica	27
III.	Espesor de losa para tramo 1	47
IV.	Espesor de losa para tramo 2.....	48
V.	Resumen de separaciones requeridas	55
VI.	Resumen de separación requerida dirección Y – Y tramo 1	58
VII.	Resumen de separaciones requeridas dirección X – X tramo 2.....	62
VIII.	Resumen de separaciones requeridas dirección X – Y tramo 2.....	65

IX.	Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 1	77
X.	Resumen características del elemento área acero y su obligación marco 2	81
XI.	Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 3	83
XII.	Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 4	86
XIII.	Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 5	89
XIV.	Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 6	91
XV.	Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 7	95
XVI.	Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 8	97
XVII.	Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 9	99
XVIII.	Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 10	106
XIX.	Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 11	108
XX.	Resumen características del elemento área de acero y ubicación	110
XXI.	Resumen características del elemento área de acero y ubicación marco 4 a corte	112
XXII.	Características del elemento, marco 5 a corte	114
XXIII.	Características del elemento, marco 6 a corte	116

XXIV.	Características del elemento, marco 7 a corte	118
XXV.	Características del elemento, marco 8 a corte.....	119
XXVI.	Características del elemento, marco 9 a corte.....	121
XXVII.	Fuerzas auxiliares y envolvente de momentos	123
XXVIII.	Esfuerzos máximos de las fuerzas axiales	135
XXIX.	Resumen de dimensiones de zapatas y presiones máximas y mínimas	140
XXX.	Resumen final para el chequeo de corte simple	143
XXXI.	Resumen datos finales del análisis de las zapatas.....	146
XXXII.	Resumen de resultados tabla 27 y 28.....	149

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
β	Ángulo vertical en grados, minutos y segundos [° ' "]
As	Área de acero
q	Capacidad soporte
W	Carga, peso
cm	Centímetros
kp	Coeficiente del empuje pasivo de suelos
d	Distancia entre la fibra extrema de compresión y el centroide del elemento
DH	Distancia horizontal [m]
S	Espaciamiento
t	Espesor de losa [cm]
e	Excentricidad

Fs	Factor de seguridad
gr	Gramos
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/m	Kilogramo por metro
kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
kg-m/m	Kilogramo-metro por metro
km	Kilómetro
Lb/pie²	Libra por pie cuadrado
Psi	Libras por pulgada cuadrada
L	Longitud [m]
m	Metro lineal
m/s	Metros por segundo
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
M	Momento

Mu	Momento último
n	Período de diseño [años]
”	Pulgadas
f’c	Resistencia del concreto
fy	Resistencia especificada a la fluencia del acero de refuerzo
ton/m²	Tonelada por metro cuadrado

GLOSARIO

AASHTO	Siglas de la <i>American Association State Highway and Transportation Officials</i> (Asociación Americana de Autopistas Estatales y Oficiales de Transporte).
Acera	Parte de la estructura dedicada exclusivamente al paso de peatones.
ACI	Instituto Americano del Concreto.
Armadura de temperatura	Armadura diseñada para soportar las tensiones por los cambios de temperatura; también la armadura mínima para áreas de miembros no sujetos a tensiones primarias o necesariamente a tensiones por temperatura.
Asentamiento/<i>Slump</i>	Medida de la consistencia de un concreto, mortero o revoque fresco, igual al asentamiento de una probeta inmediatamente después de retirar el cono de asentamiento, medido al $\frac{1}{4}$ "(6 mm) más cercano.
Aumento de la	Incremento de la temperatura provocado por

temperatura	generación interna de calor, por ejemplo, durante la hidratación del cemento del concreto.
Barra	Elemento, normalmente de acero, de sección transversal nominalmente uniforme que se usa para reforzar el concreto.
Canto rodado	En geología, fragmento de roca de entre 2½ y 10” de diámetro.
Calor de hidratación	Calor que se desprende por las reacciones químicas con el agua, tal como el calor que se desprende durante el fraguado y endurecimiento del cemento pórtland o la diferencia entre el calor de solución del cemento seco y el de un cemento parcialmente hidratado.
Carga	Acción y efecto de introducir, alimentar o cargar materiales en una mezcladora de cemento u hormigonera, horno u otro receptáculo donde deben ser procesados o tratados.
Carga admisible	Carga última dividida por un factor de seguridad.
Carga de diseño	Carga que debe soportar la estructura para el diseño.
Cantidad de mezclado	Grado de acción de la mezcladora empleada para combinar los ingredientes ya sea de un mortero o

de un concreto; en el caso de las mezcladoras estacionarias corresponde al tiempo de mezclado; en el caso de los camiones mezcladores corresponde al número de revoluciones del tambor a la velocidad de mezclado una vez que se combina el cemento con el agua y los agregados.

Carga muerta	Carga permanente en una estructura.
Carga puntual	Carga cuya área de contacto con el cuerpo resistente es despreciable en comparación con el área del cuerpo resistente.
Carga viva	Carga no permanente en una estructura.
Carga última	Máxima carga que se puede aplicar a una estructura o elemento estructural antes que falle.
Cemento hidráulico	Cemento que fragua y endurece por interacción química con el agua y es capaz de hacerlo bajo el agua.
Cemento pórtland	Cemento hidráulico que se produce pulverizando <i>clínker</i> de cemento pórtland y que generalmente contiene sulfato de calcio.
<i>Clínker</i> de cemento portland	<i>Clínker</i> parcialmente fundido compuesto fundamental por silicatos de calcio hidráulicos.

Compactación

Proceso de inducir una disposición más próxima de las partículas sólidas del concreto o mortero fresco durante su colocación mediante la reducción de los vacíos; generalmente se lleva a cabo por vibrado, centrífugado, varillado, apisonamiento, alguna combinación de estos procesos; el término también es aplicable a la manipulación similar de otras mezclas cementicias, suelos, agregados o similares.

Concreto

Material compuesto que consiste esencialmente en un medio ligante dentro del cual hay partículas o fragmentos de agregado, generalmente una combinación de agregado fino y agregado grueso; en el concreto de cemento pórtland el ligante es una mezcla de cemento pórtland y agua.

Concreto reforzado

Material de construcción obtenido de una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena, pedrín y agua; todo esto combinado con el acero, que es un elemento homogéneo, usualmente reticular, cuyas características atómicas lo hacen extremadamente resistente a esfuerzos de tensión.

Cono de

Molde que tiene la forma de la superficie lateral de

asentamiento	un tronco de cono con un diámetro en la base de 8 in (203 mm), un diámetro superior de 4 in (102 mm) y una altura de 12 in (305 mm) que se usa para fabricar probetas de concreto fresco para el ensayo de asentamiento; para ensayar morteros o revoques frescos se usa un cono de 6 in (152 mm) de altura.
Curado	Mantenimiento de un contenido de humedad y una temperatura satisfactorio en el concreto durante sus etapas tempranas de manera que se puedan desarrollar las propiedades deseadas.
DGC	Dirección General de Caminos de Guatemala.
Desencofrado	Retirar los encofrados o moldes.
Deterioro	Manifestación física de la falla de un material provocada en las rocas, concreto endurecido y otros materiales por influencias ambientales o autógenas (por ejemplo, fisuración, deslaminación, escamado, picado, manchado, agrietamiento, etcétera); descomposición de un material ya sea durante su ensayo o al estar expuesto a condiciones de servicio.
Diagrama de momento	Representación gráfica de la variación del momento flector a lo largo de la dimensión

longitudinal del miembro para un sistema estacionario de cargas dado.

Dosificación Acción de pesar o medir volumétricamente e introducir en la mezcladora los ingredientes de un pastón de concreto o mortero.

Eje neutro Línea en el plano de un miembro estructural sometido a flexión donde la tensión longitudinal es cero.

Elasticidad Propiedad de un material en virtud de la cual este tiende a recuperar su tamaño y forma originales luego de sufrir una deformación.

Encofrado Estructura o molde temporal que se usa para contener el concreto mientras este fragua y adquiere resistencia suficiente para sostenerse a sí mismo.

Ensayo – test Prueba, examen, observación o evaluación que se usa para medir una característica física o química de un material o una característica física de una estructura o elemento estructural.

Espécimen Pieza o porción de una muestra que se usa para un ensayo.

Estribo Armadura que se usa para resistir tensiones de corte y tracción diagonal en un miembro

estructural; típicamente consiste en una barra de acero doblada en forma de U o de caja que se instala perpendicular a la armadura longitudinal o formando un ángulo con la misma y anclada adecuadamente; armadura lateral formada por unidades individuales abiertas o cerradas o por armadura continuamente espiralada.

Falla por fatiga

Fenómeno de rotura de un material sometido a cargas repetitivas, que se produce a una tensión sustancialmente inferior a la resistencia estática.

Fatiga

Debilitamiento de un material provocado por cargas repetitivas o alternantes.

Fisura

Separación completa o incompleta entre dos o más partes provocada por rotura o fracturación, ya sea en el concreto o la mampostería.

Fluencia

Deformación irreversible dependiente del tiempo. Medida de la consistencia de un concreto, mortero recién mezclado en términos del aumento de diámetro de una probeta moldeada en un cono truncado luego de sacudirla un número de veces especificado.

Fractura

Grieta o fisura, como las que se producen en el concreto o la mampostería; configuración de una

superficie fracturada; también la acción de agrietarse o quebrarse.

Fraguado

Condición alcanzada por una pasta cementicia, mortero u concreto que ha perdido plasticidad hasta un nivel arbitrario, generalmente medido en términos de la resistencia a la penetración o deformación; fraguado inicial se refiere a la primera rigidización; fraguado final se refiere a una rigidez significativa; también, deformación remanente luego de retirada la tensión.

Grava

Material granular predominantemente retenido en el tamiz de 4,75 mm (No. 4) y que se produce como resultado ya sea de la desintegración y abrasión natural de las rocas o bien del procesamiento de conglomerados con adherencia débil.

Hidratación

Formación de un compuesto por la combinación de agua con alguna otra sustancia; en el concreto, reacción química entre el cemento hidráulico y el agua.

Junta

Separación física en el concreto premoldeado o producido *in situ*, incluyendo las grietas si es que estas ocurrieron intencionalmente en ubicaciones

especificadas. Kip (kilolibra) kip 1 000 libras de fuerza, igual a 4 448 Newtons.

Ley de Abraham

Regla que establece que, con materiales y condiciones de ensayo dadas, la relación entre la cantidad de agua y la cantidad de cemento en una mezcla determina la resistencia del concreto siempre que la mezcla tenga una consistencia trabajable.

Ley de Hooke

Ley válida para deformaciones dentro del límite elástico que establece que la deformación es proporcional a la tensión que la origina.

Longitud de desarrollo

Longitud de empotramiento requerida para desarrollar la resistencia de diseño de la armadura en una sección crítica; anteriormente se le llamaba longitud de adherencia.

Losa

Capa moldeada de concreto simple o armado, plana y horizontal o casi horizontal, generalmente de espesor uniforme aunque algunas veces de espesor variable, ya sea apoyada sobre el terreno o soportada por vigas, columnas, muros u otros elementos.

Losa nervurada

Panel compuesto por una losa de poco espesor reforzada mediante un sistema de nervios en una o dos direcciones generalmente ortogonales.

Marco	Marco alrededor de una abertura en un muro; un marco de una puerta encierra la abertura en la cual se coloca la puerta.
Marco rígido	Marco que para su estabilidad depende del momento en las uniones.
Masa	Propiedad física de la materia que hace que esta tenga peso en un campo gravitatorio; cantidad de materia en un cuerpo.
Mezcla	Acción o proceso de mezclar; también una mezcla de materiales, tales como el mortero o el concreto. Mixture-ingredientes de un mortero u concreto combinados y mezclados íntimamente; o bien las proporciones para su preparación.
Mezcla de los agregados	Proceso de combinar dos o más agregados para producir un conjunto de propiedades diferentes, por lo general, aunque no siempre, su objetivo es mejorar la distribución de tamaños.
Módulo	Cualquiera de una serie de unidades normalizadas para su aplicación conjunta en la construcción de una estructura.
Módulo de	Relación entre la tensión de compresión y de

comprensión

comprensión cúbica siempre es positivo para todas las sustancias físicas; también se conoce como módulo de elasticidad volumétrico; se relaciona con el módulo de Young y el coeficiente de Poisson mediante la ecuación $K = E \div 3(1-2\mu)$, donde K = módulo de elasticidad volumétrico, E = módulo de Young y μ = coeficiente de Poisson del material considerado.

Módulo de deformación

Concepto de módulo de elasticidad expresado como una función de dos variables temporales: deformación del concreto cargado en función de la edad a la cual se aplica inicialmente la carga y tiempo durante el cual se mantiene la carga; relación tensión-deformación para un material que no se deforma según la ley de Hooke.

Módulo de elasticidad

Relación entre la tensión normal y la deformación correspondiente para tensiones de tracción o compresión por debajo del límite de proporcionalidad del material; también se denomina módulo elástico, módulo de Young o módulo de elasticidad de Young; se representa mediante el símbolo E .

Momento

Expresión coloquial que se usa como sinónimo de momento flector.

Momento flector

Efecto de flexión en cualquier sección de un elemento estructural; es igual a la suma algebraica

de los momentos de las fuerzas verticales y horizontales que actúan sobre un diagrama de cuerpo libre del miembro con respecto al eje baricéntrico de un miembro.

Momento negativo

Condición de flexión en la cual las fibras superiores de un miembro colocado horizontalmente o las fibras externas de un miembro exterior colocado verticalmente están sometidas a tensiones de tracción.

Momento positivo

Para un miembro horizontal simplemente apoyado, condición de flexión en la cual la deformada se considera cóncava y las fibras superiores están sometidas a tensiones de compresión; para otros miembros y otras condiciones de apoyo los términos positivo y negativo se deben considerar en términos relativos.

Nota: para el cálculo y análisis estructural los momentos se pueden designar como positivos o negativos; los resultados serán satisfactorios siempre que la convención de signos adoptada se utilice de manera consistente.

Momento de resistencia de diseño

Momento para el cual una sección de concreto resistente útil a la flexión; para los miembros flexionados de concreto subarmados generalmente se considera como el

momento flector para el cual la deformación por compresión del concreto llega a 0,003.

Momento último

Momento flector para el cual una sección llega a su resistencia útil última, más frecuentemente el momento para el cual la armadura traccionada llega a su resistencia a la fluencia especificada; es un término obsoleto.

Muro

Elemento vertical que se usa fundamentalmente como cerramiento o para separar diferentes espacios.

Nervio

Porción de una viga T que se proyecta debajo de la losa.

Punzonado

Tensión de corte que se calcula dividiendo la carga sobre una columna por el producto entre su perímetro y el espesor de la base o cabezal, o bien por el producto entre el perímetro tomado a una distancia igual a la mitad del espesor de la losa a partir de la columna y el espesor de la base o cabezal.

Recubrimiento

En el concreto armado, menor distancia entre la superficie de una armadura y la superficie exterior del concreto.

Resistencia

En los agregados, capacidad de soportar las acciones agresivas a las cuales pudiera estar

expuesto el concreto del cual forman parte, particularmente a la acción agresiva de los agentes climáticos. Término genérico que designa la capacidad de un material de resistir la deformación o rotura inducida por fuerzas externas.

Rigidez

Resistencia a la deformación.

Rigidez flexional

Medida de la rigidez de un miembro que se calcula dividiendo el producto entre el módulo de elasticidad y el momento de inercia por la longitud del miembro.

Sección transversal

Sección de un cuerpo perpendicular a uno de sus ejes; plano que ilustra esta sección.

Trabajabilidad

Propiedad del concreto o mortero fresco que determina la facilidad y homogeneidad con que se puede mezclar, colocar, compactar y acabar

Unión

Región en la cual se interceptan miembros estructurales, como por ejemplo, una unión viga-columna.

Viga

Miembro estructural sometido a carga axial y flexión, pero fundamentalmente a flexión.

w/c (a/c)	Relación entre la cantidad de agua, excluyendo solamente aquella absorbida por los agregados, y la cantidad de cemento en un mortero, concreto o pasta cementicia; preferentemente expresada en forma decimal y abreviada w/c.
Zapata	Elemento estructural que transmite las cargas directamente al suelo.
Zapata armada en dos direcciones	Zapata que tiene armadura en dos direcciones generalmente perpendiculares entre sí.
Zapata combinada	Unidad estructural o conjunto de unidades que soportar más de una columna.
Zapata continua	Zapata combinada de forma prismática o truncada que soporta dos o más columnas en una fila.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene el diseño y planificación de una escuela de dos niveles, ubicado, en aldea El Carmen, municipio de Santa Catarina Pinula, departamento de Guatemala.

Fase de investigación que trata de la investigación monográfica específica del municipio de Santa Catarina Pinula, aquí se puede encontrar información sobre, aspectos generales de la comunidad, ubicación y acceso, situación demográfica, topografía e hidrografía, aspectos climáticos, aspectos económicos, actividad productiva y servicios básicos de cada comunidad.

También una investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura teniendo en cuenta la descripción de las necesidades y la priorización.

Fase de servicio profesional que consta de todo el proceso para el diseño y la planificación tomando en cuenta todos los criterios técnicos y requerimientos para dicho proyecto, dejando constancia de todos los cálculos y soluciones propuestas a los problemas planteados. Además se incluyen planos constructivos y presupuestos.

OBJETIVOS

General

Contribuir al desarrollo de las comunidades por medio de la planificación y diseño de proyectos de infraestructura.

Específicos

1. Diagnosticar y analizar necesidades de infraestructura no satisfechas para la selección de los proyectos a realizar.
2. Planificación y diseño del edificio escolar, en aldea El Carmen, Santa Catarina Pinula, Guatemala.
3. Contribuir al desarrollo social de la comunidad.

INTRODUCCIÓN

Dentro de los procesos que conllevan a la obtención de los estándares mínimos adecuados para la interacción del proceso enseñanza-aprendizaje, además de una convivencia psicológica, social (política, económica y cultural), es un ambiente físico adecuado, que contenga un escenario confortable (iluminación y ventilación) y la seguridad necesaria para albergar a los involucrados en el campo educativo.

Una de las herramientas claras para el desarrollo de cualquier entidad individual o comunitaria es la educación, es por ello, la importancia que se debe dar promoviendo proyectos de este tipo para disminuir progresivamente el analfabetismo a todo nivel.

Con base en lo anterior, se describen los elementos que conforman el presente estudio, diseño de edificio escolar en aldea El Carmen, municipio de Santa Catarina Pinula.

1. RESEÑA HISTÓRICA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA

Santa Catarina Pinula, municipio del departamento de Guatemala, se encuentra ubicado al Sur Oeste de la ciudad. Su historia se remonta desde la época prehispánica, cuando los indígenas de ese entonces fundaron el pueblo de Pankaj, de habla pokomán, en lo que hoy se conoce como Santa Catarina Pinula.

Sin embargo, parece ser que dicho pueblo tuvo influencia Pipil, ya que en mayo de 1580 el deslindador Antonio Juárez asentó que al dar a Alonso Hidalgo posesión de los terrenos que les fueron otorgados en merced por el presidente García de Valverde, no obstante ser la zona de Pinula de habla Pokomán, se entendió con los indios del lugar en lengua mexicana, la que hablaba y entendía.

En ese tiempo el reino de Guatemala todavía sufría de la influencia del altiplano mejicano, cosa que venía desde el período posclásico (987 d.C.-1524).

Así según las memorias de los cakchiqueles, dicen que ellos conquistaron a los pokomanes después de la guerra desatada por Huntah y Vukubatz contra los Quichés la cual culmina con la conquista, igualmente con las 7 tribus pokomanes.

El nombre indiano de Pankaj o Pinola debe su nombre según Tomás Gage, sacerdote irlandés, a La lengua indiana panac: (pan significa dentro o entre y ac significa tres cosas, la primera fuego, la segunda una fruta que se llama guayaba, y la tercera un gusanillo que los españoles le llaman ningua, que son comunes en todas las indias).

O sea que la tradición de la cría de ganado porcino en esta localidad viene desde tiempos prehispánicos y se sigue manteniendo hasta la fecha.

Aparte de ello, la palabra Pinula tiene un sentido etimológico: Pinul significa: harina y ha o a : agua. O sea que etimológicamente la palabra Pinula en lengua Pipil significa harina de agua. Esto muy bien podría relacionarse con el Pinole, una bebida muy conocida entre los pueblos mejicanos.

Principalmente hay que recordar que la influencia mejicana en este período fue fuerte. Sobre todo, los grupos migratorios trajeron consigo una cantidad de elementos culturales que fueron apropiados por grupos locales y los reprodujeron como propios, lo que hizo que pasara a formar parte de la cultura de cada uno de ellos.

Por otro lado, los españoles en la conquista de Guatemala, trajeron muchos indios, sobre todo Tlaxcaltecas (pueblo cercano a la ciudad de Tenochtlán), los cuales durante el trayecto, le pusieron los nombres a muchos pueblos con los que hoy todavía se les conoce.

Así mismo, pudieron haber traído el Pinole y a la cual le dieron un tratamiento local, con los ingredientes que llevaba. El fundamento histórico de este material se basa en las notas del padre Gage, quien en el año de 1648 publicó el libro llamado Tendencioso y en el cual habla de Pinula y de algunos de sus cultivos y fuentes de agua principales.

O sea que los ingredientes del Pinole, eran de excelente calidad, aunque como en otros lugares fueran mejores, sin embargo, así le llamaron a este lugar.

Según parece Pankaj, fue una de las ciudades pokomanes más importantes de aquella época, sin embargo, su origen y fundación son inciertos, precisamente por la falta de documentos al respecto.

De lo que si se puede estar seguro es que Pankaj o Pinola, no es anterior al período postclásico, es decir que su origen no va más allá del año 1 000 d.C. por la sencilla razón de que la cultura pokoman es característica de este período y contemporáneo de la kaqchikel, quiché, tzutujil, etcétera.

Es importante mencionar y arriesgándose un poco con la especulación, que Pankaj o Pinola debió estar fortificado como muchos sitios de su tiempo, esa era la característica principal de período postclásico, los mecanismos de defensa que las ciudades tenían ante la gran migración de grupos venidos especialmente del altiplano central mejicano, como un claro ejemplo de ello se tiene a Mixco Viejo, ciudad que se encontraba fortificada y protegida por grandes abismos por todos lados, y solo con una pequeña entrada al centro del lugar.

Así el territorio Pokoman en tiempos posteriores a la conquista, era de "Amatitlán y Mixco, extendiéndose hacia el Norte, hasta confirmar con el río Grande o Motagua, y hacia el Este, abarcando las zonas del Progreso y Jalapa, hasta las fronteras de El Salvador y Honduras. Quedaba rodeada la zona pokomán: al Sur por las zonas Pipil y Xinca; Al Oeste por zonas kaqchikel y Quiché; al norte por la misma zona Quiché y por otra de carácter Pipil, y al Noreste por la zona Chorti". (Stoll, citado por Alonso, op cita.:11).

La referencia más antigua que se tiene de este lugar, según Josefina Alonso, se encuentra en la verdadera y notable relación de la Nueva España y Guatemala, del cronista Bernal Díaz de Castillo en donde dice "...y desde allí veníamos a unos pueblos cerca de Petapa, en el camino tenían los guatemaltecos unas sierras cortadas e unas barrancas muy hondas, donde nos aguardaron, y estuvimos en él, sin poder pasar por tres días; allí me hirieron de un flechazo; más no fue nada la herida. Luego venimos a Petapa..."(op. cita.:17). Y aunque aquí no se menciona a Pinula concretamente, José Milla identifica el lugar como la cuesta de Pinula.

Esto probablemente tiene relación con lo de Fuentes y Guzmán, así como otros historiadores mencionan al rey kaqchikel Cahí Ymox o Sinacán, el cual se levantó contra los españoles en 1526, y tuvo como aliados a los indios de Pinula y Petapa.

Y así, Alvarado habiendo regresado de Honduras se encontró en "... los llanos que llaman de Canales se encontró con un formidable escuadrón de indios de los pueblos de Petapa, Pinula, Guamango, Jumay y otros, con los que volvió a encender en ambos campos el furor de Marte, manteniéndose neutral la fortuna, hasta que viniendo en auxilio de los españoles de cacique Cahualán

con los petapanecos de su obediencia, acometió por las espaldas del ejército de los rebeldes, que viéndose apretados por todas parte, tomaron la retirada a las montañas y barrancas vecinas. "(Gall,op.cit.:567).

Sin embargo, lo que la historia relata sobre este lugar, en general es muy poco; según Alonso, Domingo Juraros dedica únicamente 11 líneas a Pinula en su compendio de la historia de la ciudad de Guatemala, publicado en 1809; Antonio Villacorta, va un poco más allá al dedicarle cinco páginas en la Monografía del Deto de Guatemala. Francisco Ximénes y Remsal, menciona a Pinula muy vagamente, lo que hace casi imposible hacer una reconstrucción valedera del lugar.

Únicamente el obispo Franciscano de Paula García Peláez, quien fue Párroco de Santa Catarina Pinula durante la época de la independencia y un tanto vagamente Fuentes y Guzmán, se refieren con mayor amplitud al pueblo de Pinula. La limitación de la información llega a su punto máximo cuando lo escrito por García Peláez no se conoce hasta 1868 a pesar de haber sido escrito en 1825. Y si en este tiempo hay muy poco, durante los siglos XVI y XVII; prácticamente no hay nada que pueda ayudar a reconstruir la historia de Pinula.

Es importante mencionar que a veces uno se pregunta, por qué si las órdenes religiosas primeras en venir a evangelizar estas tierras, escribieron sobre la historia y los hechos principales de las comunidades donde evangelizaron, no hay nada sobre Pinula.

La respuesta se puede encontrar en el hecho de que los pueblos del valle de la Ermita o de la Virgen fueron los primeros evangelizados; primero por los clérigos seculares, después por los mercenarios o de la orden de Santa María

de las Mercedes y por último, por los padres dominicos, por los que de ser exacto.

Sin embargo, los dominicos no tardaron mucho en llegar a este lugar y evangelizarlo en su totalidad, prueba de ello es el mapa conocido como Bellin, publicado en el año de 1764 por el hidrógrafo francés Jacobo Nicolás Bellin, pero con información documental referente al año 1545; y en el cual aparecerían la mayoría de lugares donde los frailes dominicos tenían influencia. El templo siguió en poder de los padres dominicos hasta el año de 1754, cuando la diócesis fue entregada nuevamente a los clérigos seculares.

En relación al templo, García Peláez dice que este fue construido más o menos entre los años de 1660 y 1690.

Esto se comprueba con el relato del propio padre Gage, quien relata la historia de Matea Carrillo, la cual fue acusada de hechicera pero los jueces la absolvieron, sin embargo, como el padre Gage creyera que era muy mala para el pueblo, la hizo conducir a la capital para que fuera juzgada, y presentó hasta testigos, lo que hizo que la pusieran en prisión y donde murió dos meses después.

Es claro entender la posición del padre Gage, quien se veía amenazado en su función de Salvador de Almas por la ya mencionada, por lo que trató de quitarla del camino, a cualquier precio. Pero, lo que en realidad comprueba la existencia del templo.

Otro aspecto interesante es que el padre Gage también menciona la casa parroquial como su casa, la que se encontraba al lado del templo, y parece que allí residía mientras reconstruían la de Mixco. Por ello, se cree que el templo, en

el tiempo que Gage fue cura de Mixco y Pinula ya existía y por consiguiente su origen, tuvo que ser anterior a esta fecha.

Posteriormente, es Fuentes y Guzmán quien menciona la existencia del templo, para el año de 1690.

Francisco Ximénez también lo menciona para los tiempos del terremoto de 1717. Todo esto apuntado en las líneas anteriores, son la prueba inequívoca de la existencia del templo, así como de su majestuosidad, comparada únicamente con los templos de los lugares más importantes de ese entonces.

El templo de Santa Catarina Pinula aparte de su antigüedad, cuenta con verdaderas obras de arte. Así se tiene a sus Cristos, Virgen del Rosario, Señor Sepultado, Virgen de la Candelaria y varias imágenes más.

Dentro de las imágenes más antiguas se encuentra a San José, realizado expresamente para el templo en el año de 1747 junto con diez candeleros de plata. También existen objetos de plata donados en su mayoría por feligreses; la lámpara de plata del Señor Crucificado, donada por Pedro Sánchez en 1674; la espada de Santa Catarina, también de plata, donada por los indios del lugar en 1738; la corona de plata de la Virgen del Patrocineo, en 1839.

Ahora ¿por qué le pusieron a Panakaj, Pinola o Pinula?, ¿el nombre de Santa Catarina, antecediéndole?. No se sabe concretamente, cuándo y quién le puso este nombre, sin embargo, se debe anotar primeramente, que era una costumbre muy difundida entre los españoles, ponerle el nombre de un santo antecediendo al nombre original o prehispánico.

Por tal razón y si se toma como válido el hecho de que el padre Juan Codines, fue el primero en incursionar con la palabra de Dios en este lugar, es muy probable que el haya influido en ponerle Santa Catarina, al pueblo de Pankaj o Pinula.

Sea cierto que el padre Codines le haya puesto el nombre o no; lo cierto es que se le puso al pueblo un Santo Patrón, y que mejor que Santa Catarina Mártir de Alejandría, que va en consonancia con un pueblo que se resistió a la conquista hasta el último momento; ya que la Santa también, combatió por la fé cristiana hasta el martirio.

Sin embargo, se cree oportuno escribir algunas líneas que manifiesten el carácter de Santa Catarina. "el nombre de Catherine, Catarina, es muy utilizado en América y que en España modernamente solo se utiliza como Catalina, se conserva así por tradición de uso del latín en los nombres religiosos. Que este de Caterina o Catarina- antiguo latín- proviene el nombre griego *hecateria*, la célebre Hécate de la Mitología griega, cuyo nombre llevaban muchas damas griegas y romanas, así como, más tarde los cristianos llevaron nombre de Santos de la iglesia.

Es César Barnio, el Cardenal e historiador eclesiástico del siglo XVI, quien en su martirologio romano, dice corresponder este nombre de la Amazona a quien Eusebio de Cesárea (obispo e historiador) llamó Hécate. Que Hecateria

derivó en Hecaterina o Ecaterina- eliminando la H, que de todas maneras en latí es E - todavía algunos historiadores religiosos franceses del siglo XIX, como Viteau, le llaman Santa Catarina Ecaterine.

Pues bien, Catalina de Alejandría proviene de una distinguida familia. Desde pequeña recibió una buena instrucción en teología y filosofía. Cuando contaba con 18 años, el emperador Mejencio, en honor de los dioses paganos, celebró una fiesta en la cual quemaron a muchos toros y persiguieron a todos los cristianos y personas que no participaran en ella. Por ello, el emperador la condenó a muerte por decapitación.

Su cabeza se conserva en el monasterio de su nombre en el Sinaí, que fue levantado con su correspondiente iglesia en honor de la Santa, por haber sido trasladado allí por ángeles su cuerpo, según la leyenda. Es patrona de los filósofos y es tenida como una de las 14 Santas de más poderosa intercesión en el cielo. Su fiesta se celebra el 25 de noviembre de cada año.

2. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA PINULA

La República de Guatemala de conformidad con Artículo. 224, Capítulo. II, Título. V de la Constitución Política de la República de Guatemala 1985 está dividida en departamentos y estos en municipios.

Para su estudio los departamentos se agrupan en Regiones en conformidad con Artículo. 3, Capítulo, único Decreto Legislativo No. 70-86 del 9 de diciembre de 1986, quedando conformadas las regiones de la manera siguiente:

- I. Región Metropolitana: departamento de Guatemala
- II. Región Norte: departamentos de Alta y Baja Verapaz
- III. Región Nororiente: Departamento de Izabal, Chiquimula, Zacapa y el Progreso
- IV. Región Sur-oriente: departamentos de Jutiapa, Jalapa y Santa Rosa
- V. Región Central: departamento de Chimaltenango, Sacatepéquez y Escuintla

- VI. Región Sur-occidente: departamento de San Marcos,
Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá,
Retalhuleu y Suchitepéquez
- VII. Región Nor-occidente departamento de Huehuetenango y
Quiche
- VIII. Región Petén: departamento de Petén

2.1. Ubicación geográfica

Lugar en que se encuentra algo, indicado como coordenadas de longitud y latitud; en este caso se dará la ubicación del municipio de Santa Catarina Pínula y específicamente de la aldea El Carmen.

2.1.1. Departamento de Guatemala

Único departamento de la Región Metropolitana, su extensión territorial es de 2 126 kilómetros cuadrados limita:

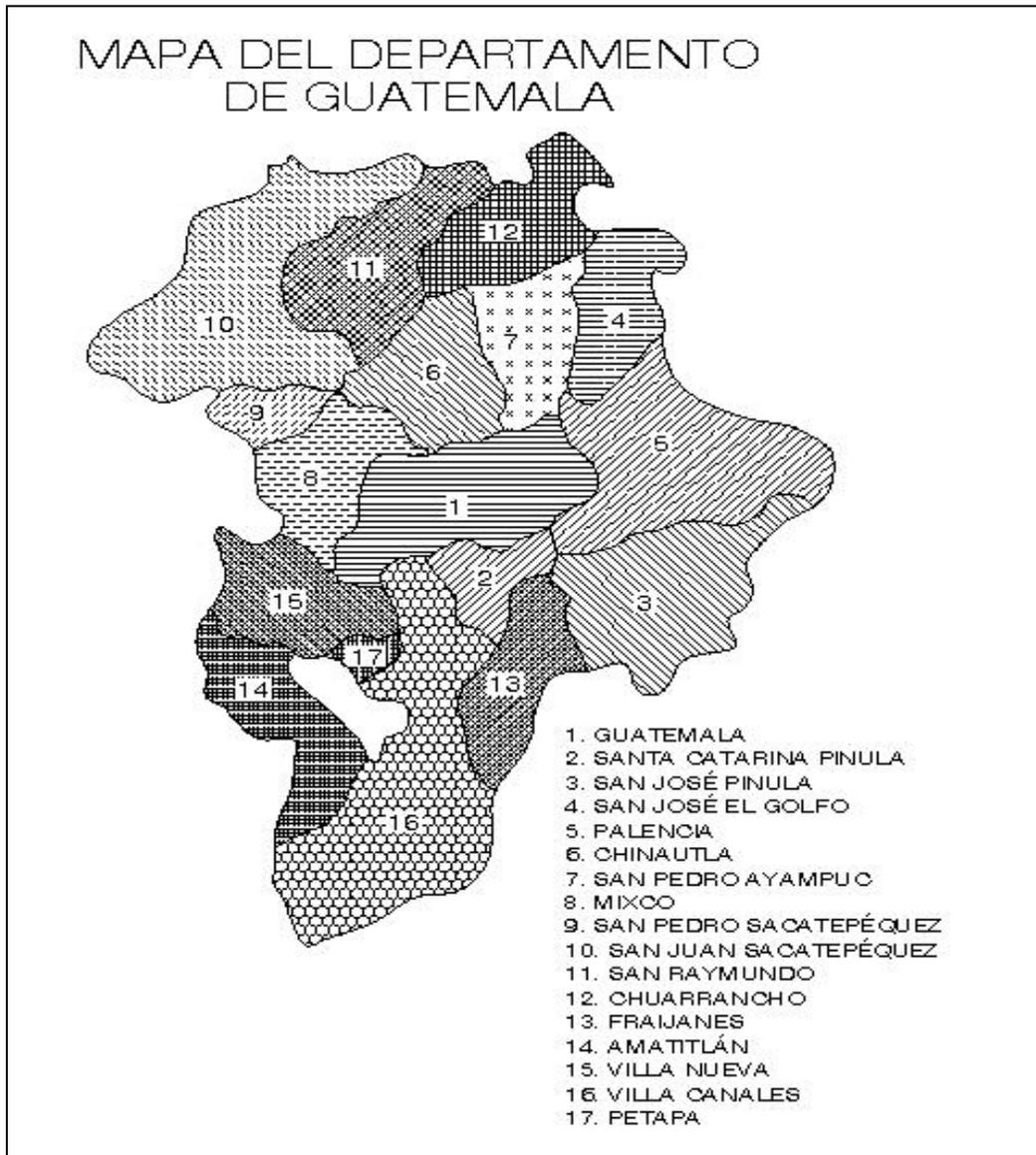
al Norte con Baja Verapaz y El Progreso
al Sur con Escuintla y Santa Rosa
al Oeste con Sacatepéquez y Chimaltenango
al Este con Progreso, Jutiapa y Santa Rosa

El departamento de Guatemala se divide en 17 municipios, siendo éstos:

- San Juan Sacatepéquez
- San Raymundo

- Chuarrancho
- San Pedro Sacatepéquez
- Chinautla
- San Pedro Ayampuc
- San José del Golfo
- Mixco
- Palencia
- Villa Nueva
- Santa Catarina Pinula
- Petapa
- San José Pinula
- Amatitlán
- Fraijanes
- Villa Canales
- Guatemala

Figura 1. **Mapa de la región Metropolitana, de Guatemala**



Fuente:

<http://www.deguate.com/cgibin/fotos/imageFolio.cgi?direct=Mapas/Mapas_departamentos_de_Guatemala>. [Consulta: en enero de 2011].

2.1.2. Municipio de Santa Catarina Pinula

Anidado en la Sierra de Canales, descansa hoy plácida y mansamente Santa Catarina Pinula.

El nombre del municipio se debe según Fuentes y Guzmán en su Recordación Florida a:

- Santa Catarina Pinula: en honor a su patrona titular "Santa Catarina de Alejandría."
- Pinula: cuya etimología pipil corresponde a Agua de Harina
Pinul: harina de pinole
Ha : agua

Según Diccionario Geográfico de Guatemala del Instituto Geográfico Militar tomo III (1980), Santa Catarina Pinula, es uno de los 17 municipios del departamento de Guatemala.

Su área aproximadamente según estimación de I.G.M. en abril de 1973 es de 48 kilómetros cuadrados.

El nombre Oficial es Santa Catarina Pinula, la altura de la cabecera municipal es de (1 550 metros sobre nivel de mar, latitud 14°34'13" y su longitud de 90° 29'45").

Colinda al: Norte con la ciudad de Guatemala
Este con San José Pinula y Fraijanes
Sur Fraijanes y Villa Canales
Oeste con Villa Canales y Guatemala

El municipio cuenta con un pueblo que es la cabecera, Santa Catarina Pinula, 10 aldeas y 7 caseríos.

Las aldeas son:

- Cristo Rey: con los caseríos:
 - Laguna Bermeja
 - Piedra Parada El Rosario
- Canchón
- Don Justo
- El Carmen : con los caseríos:
 - El Zarzal
 - La Cuchilla del Carmen
 - Trapichito
- El Manzano
- El Pajón: con los caseríos:
 - Pepe Nance
 - El Manzano La Libertad
- El Pueblito
- La Salvadora

- Los Cipreses

- Puerta Parada con el caserío
 - La Nueva Concepción

- Cristo Rey

(Antes Piedra Parada). Aldea de Santa Catarina Pinula. Al Este de la cabecera de la carretera CA-1 en Puerta Parada se toma un camino asfaltado de unos 4 kilómetros rumbo Noreste conduce a Cristo Rey, Iglesia 1 850 metros sobre el nivel del mar, latitud 14°34' 20", longitud 90°36' 39".

Para evitar confusiones con un caserío a solicitud de la Municipalidad de Santa Catarina Pinula, se cambió el nombre de la aldea Piedra Parada a Cristo Rey. Su nombre geográfico es Cristo Rey. Por Acuerdo Gubernativo del 24 de agosto de 1929 se autorizó, el cementerio. En abril de 1974 se terminó la escuela a través de CONACE y en el año 2001 se construyeron nuevos proyectos como Escuelas, puentes tanque elevado, para dotación de agua potable carreteras asfaltadas, introducción de drenajes, alumbrado eléctrico, etcétera.

- Canchón

Aldea de Santa Catarina Pinula, ubicada en el cruce de la carretera CA-1 y la ruta Nacional 2, unos 300 metros. al Este del sitio arqueológico Canchón y 10 kilómetros sobre la CA-1 al Sureste de la cabecera municipal 1 915 metros sobre el nivel del mar, latitud. 14°31' 40", longitud. 90°28' 15" Canchón pasó por Acuerdo Gubernamental del 3 de junio de 1912 de la jurisdicción de Santa Catarina Pinula a la del Municipio Pueblo Viejo, (hoy Villa Canales); con posterioridad volvió a reincorporarse a Santa Catarina Pinula.

- Don Justo

Aldea del municipio de Santa Catarina Pinula de la cabecera rumbo Este por ruta 2 hay 6 kilómetros. a la aldea Puerta Parada. De allí por la carretera asfaltada CA-1 al Sur son 3 kilómetros. Don Justo, se encuentra con la ruta asfaltada Nacional 18 a San José Pinula y la ruta Departamental Guatemala 13 que conduce a Santa Rosa de Lima. La Escuela de la aldea está a 1 015 metros sobre el nivel del mar, su latitud 14° 32' 30", longitud, 90° 27'15".

- El Carmen

Aldea del municipio de Santa Catarina Pinula rodea hacia el Noreste a 1 kilómetro, al entronque con el camino de revestimiento suelto que al Noreste tiene 4 kilómetros con la cabecera municipal. Se encuentra la escuela a 1 430 metros sobre el nivel del mar, su latitud 14°33' 57", longitud 90°30' 40". Por Acuerdo Gubernativo del 29 de mayo de 1922 se dispuso la construcción de una escuela pública en la aldea.

El Carmen tiene los caseríos El Zarzal, Cuchilla del Carmen y Trapichito.

- Caserío el Zarzal

Caserío de la aldea el Carmen, municipio de Santa Catarina Pinula, al Este de la quebrada El Chorro, 2 kilómetros por camino de revestimiento suelto al Sureste de la aldea, 1 370 metros sobre el nivel del mar, latitud 14°32'38", longitud 90°31'00".

- Caserío la Cuchilla del Carmen

Caserío de la aldea El Carmen, municipio de Santa Catarina Pinula. Por rodera hacia el Noreste a 1 kilómetro al entronque con el camino de revestimiento suelto. Por el mismo en dirección Noreste son 5 kilómetros al Este del río Pinula.

- Caserío Tapichito

Caserío de la aldea El Carmen, municipio de Santa Catarina Pinula, aproximadamente 1 kilómetro por camino Oeste de la aldea, 700 metros sobre el nivel del mar, latitud 14°18'25", longitud 90°17'00".

- El Manzano

Antes caserío de la aldea Cristo Rey, en la actualidad aldea, del municipio de Santa Catarina Pinula. Al Oeste del río los Ocotes. Por camino de revestimiento suelto al Sur son 2,5 kilómetros a la aldea Cristo Rey, de allí 8 kilómetros en dirección Oeste a la cabecera. La escuela está a 1 690 metros sobre el nivel del mar, latitud 14°35'30", longitud 90°26'13".

- El Pajón

Aldea del municipio de Santa Catarina Pinula, de la cabecera por la ruta Nacional 2, hay aproximadamente 6 kilómetros al entronque con la carretera Interamericana CA-1 en la aldea Puerta Parada y de allí por rodera 4 kilómetros a la aldea. La escuela está a 1 900 metros sobre el nivel del mar, latitud, 14°33'10", longitud 90°26'18". Tiene el caserío Pepe Nance. Por Acuerdo Gubernativo del 11 de agosto de 1970 se nominó la "Arturo Taracena Flores".

- Pepe Nance

Caserío de la aldea El Pajón, municipio de Santa Catarina Pinula 0,5 kilómetros por camino de revestimiento suelto al Norte de la aldea, 1 910 metros sobre el nivel del mar, latitud 14°33'35", longitud 90°26'15".

- El Pueblito

Aldea de Santa Catarina Pinula. Entre el río Pinula y el riachuelo Panasequeque, 2 kilómetros por camino de asfalto al Sur de la cabecera. La escuela se encuentra a 1 670 metros sobre el nivel del mar, latitud 14°33'38", longitud 90°29'22".

En 1913 se conocía como aldea el Pueblito.

En 1 974 se entregó el nuevo edificio escolar, de parte del comité Nacional Proconstrucción de escuelas, en la administración del Lic. Antonio Coro se desarrollaron proyectos de infraestructura, como la ampliación de la escuela No. 817 y el asfalto que conduce hacia la Cuchilla del Carmen, como muchas obras más.

- La Salvadora

Aldea del municipio de Santa Catarina Pinula, al Sur de la cabecera, entre riachuelo Panasequeque y el río Las Minas, 6 kilómetros por vereda al Sur de la cabecera. La escuela a 1 800 metros sobre el nivel del mar, latitud 14°32'26", longitud 90°29'22". Por Acuerdo Gubernativo del 20 de mayo de 1974 se autorizó el cementerio.

- Los Cipreses

Aldea dentro de la finca los Cipreses. Al Sur del casco de la finca San José, al Oeste de la quebrada La Esperanza y al Este del casco de la finca Muxbal, 5 kilómetros por camino asfaltado al Sureste de la cabecera municipal 1 920 metros sobre el nivel del mar, latitud 14°32'52", longitud 90°28'08".

- Puerta Parada

Aldea del municipio de Santa Catarina Pinula, a un lado de la carretera CA-1, al Este de la cabecera municipal. La escuela está a 1 870 metros sobre el nivel del mar, latitud 14°33'27", longitud 90°27'40". Tiene el caserío Nueva Concepción.

- Nueva Concepción

Al Oeste de la aldea y al Sureste de la cabecera, entre los ríos Pinula y el Sauce; a 3 kilómetros de la ruta Nacional 2 de Puerta Parada. La escuela se encuentra a 1 740 metros sobre el nivel del mar, latitud 14°33'45", longitud 90°28'46". El edificio escolar se inauguró en enero de 1973.

2.2. Demografía

Estudia estadísticamente la estructura y la dinámica de las poblaciones, así como los procesos concretos que determinan la formación, la conservación y la desaparición de las poblaciones.

2.2.1. Etnia

Si bien es cierto, la historia de Santa Catarina Pinula señala que este municipio fue fundado por indígenas de habla pokomán y tuvo influencia pipil y mejicana, en la actualidad, cuenta con pocos indígenas, tal como se puede visualizar en los censos.

Censo del año 1950	total	5 187
	ladinos	4 942
	indígenas	245
Censo del año 1984	total	17 387
	No indígenas	17 100
	Indígenas	264
	Ignorado	23
Censo del año 2000	total	120 018

Por lo que se deduce que Santa Catarina Pinula no hay una cantidad considerada de indígenas.

La población de este municipio es en su mayoría ladina-mestiza.

2.2.2. Lengua

El idioma que se habla actualmente en Santa Catarina Pinula es español en un 100 % de su población.

2.2.3. Religión

En el municipio se practican varias religiones (evangélica, presbiteriana, pentecostal, mormona, etcétera) pero la católica es la mayoritaria, con gran arraigo y tradición.

2.2.4. Tradiciones costumbres y folclor del municipio

Como todo territorio guatemalteco, Santa Catarina Pinula, tiene sus tradiciones, costumbres y folclor, los cuales están ligados a la religión y a la familia.

Existen también creencias maléficas de algunos animales como el tecolote, la lechuza, las mariposas negras, los cuales anuncian la muerte de alguno de sus habitantes.

Las festividades tienen connotación religiosa, se realizan en honor a un santoral católico.

2.2.5. Marco sociopolítico

Según la constitución de la República de Guatemala (1985) TIT V, Cáp. VII. Arto. 254 (Gobierno Municipal) " El gobierno Municipal será ejercido por una corporación, la cual se integra por el alcalde, por síndicos y concejales, todos electos directamente en cada municipio, en la forma y por el período que establezcan las leyes de la materia".

Cumpliendo con lo antes citado, Santa Catrina Pinula conforma su corporación Municipal así:

- Alcalde
- 2 Síndicos titulares
- 4 Concejales titulares
- 1 Síndico suplente
- 1 Concejel suplente

Además, cada aldea cuenta con un alcalde auxiliar y con regidores.

Por otro lado, la Constitución Política de la República de Guatemala (1985) TIT. V Cáp. VII Arto. 256 (clasificación de las Municipalidades) "La ley clasifica las municipalidades en categorías atendiendo a la realidad demográfica del municipio, a su capacidad económica, a su importancia políticoadministrativa, a su desarrollo cultural y otras circunstancias de interés para el municipio".

Según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM) Santa Catarina Pinula, cuenta con una municipalidad de tercera categoría. El período de Gobierno municipal era de dos años y medio, pero a partir de 1996 el período de gobierno será de cuatro años.

2.3. Población total

Según censo de 1950 Instituto Nacional de Estadística (INE), la población de Santa Catarina Pinula en total era de 5 187 habitantes, de los cuales 4 942 eran ladinos y 245 indígenas. La población urbana de 1 160 y la rural de 4 027 habitantes.

La población estimada por el INE para el año 2002 es de 63 767 habitantes, el cual en grupos etarios se distribuirá así:

Tabla I. **Población estimada para el año 2002 (INE)**

Edades habitantes (años)	%	Cantidad
0-4	16	10 203
5-9	14	8 928
10-14	13	8 290
15-19	11	7 015
20 a más	46	29 331

Fuente: elaboración propia.

Según actualización cartográfica 1992 del municipio de Santa Catarina Pinula, la población total es de 35 856: hombres 17 528, mujeres 18 328.

Con los datos anteriores citados se puede determinar que el crecimiento poblacional se ha dado así:

De	1950	a	1981	=	crecimiento del 23 %
De	1981	a	1990	=	crecimiento del 51 %
De	1990	a	1992	=	crecimiento del 36 %

Con los datos anteriores se observa que la población del municipio se ha elevado, una de las causas es el desarrollo de la urbanización de Santa Catarina Pinula.

Tomando en cuenta que la estimación poblacional de 1992, establecida por INE, la cual era de 35 856 habitantes y la extensión territorial de Santa Catarina Pinula según el diccionario geográfico de Guatemala del Instituto Geográfico Militar es de 48 km², se deduce que la densidad de población es de 747 habitantes por kilómetro cuadrado.

La densidad teórica es de 747 habitantes por kilómetro cuadrado, pero la densidad real no igual a la teórica en este municipio, ya que, cuenta con fincas grandes que pertenecen a pocas familias, la población de escasos recursos, vive en territorios de una densidad poblacional más grande que la indicada teóricamente.

2.3.1. Población económicamente activa y no activa

Elemento fundamental en cada territorio, es la población económicamente activa y no económicamente activa, ya que es a través de la comparación de ambas donde se visualiza la fuerza de trabajo actual y futuro.

Santa Catarina Pinula, de acuerdo al IX Censo Poblacional de 1981, la población en cuanto a actividad económica se encontraba distribuida de la siguiente manera:

Tabla II. **Actividad económica**

Actividad económica	Total	Hombres	Mujeres
Económicamente activa	4 999	4 095	956
Ocupada	4 844	3 904	940
Buscando trabajo, trabajó antes	118	111	7
Buscando trabajo por primera vez	37	28	9
Desocupada	155	139	16
No económicamente activa	7 045	1 820	5 225

Fuente: elaboración propia.

Según datos de Estimación de población elaborados por el INE, para el año 1990, la población económicamente activa estaría en el 29%.

La mayoría de la población en esos dos estados de datos, es no económicamente activa, de donde se puede deducir que la fuerza de trabajo se encuentra dentro de los jóvenes y niños, dado a que la mayoría de la población según grupos etarios, se encuentra ubicada entre 0-14 años.

2.3.2. Instituciones sociales

Santa Catarina Pinula cuenta con las siguientes instituciones sociales:

- Salud

Centro de salud en cabecera municipal, Puesto de salud Piedra Parada Cristo Rey.

- Seguridad

Subestación de Policía Nacional en cabecera municipal
Garita de Policía Nacional en Puerta Parada
Un juzgado de paz en Santa Catarina Pinula

- Comunicación

Correos en cabecera municipal y en Puerta Parada, teléfonos públicos y privados en sus aldeas y en la cabecera municipal.

- Religiosas

Monte San Francisco de la orden Franciscana, Las Clarisas, Nuestra Señora la Luz Casa del peregrino en Puerta Parada.

- Educación

Escuelas oficiales en cada una de las aldeas y algunos caseríos y cabeceras municipales. Colegios en Piedra Parada Cristo Rey, Puerta Parada, Pajón, Don Justo, Laguna Bermeja, Piedra Parada el Rosario, Cabecera municipal. Academias de mecanografía en: cabecera municipal, Puerta Parada Cristo Rey, Puerta Parada, El Carmen, Don Justo y Pajón.

2.4. Aspectos económicos globales y actividades productivas

El ámbito del desarrollo sostenible puede dividirse conceptualmente en tres partes: ecológico, económico y social. Se considera el aspecto social por la relación entre el bienestar social con el ambiente y la bonanza económica.

2.4.1. Marco económico

Este marco se divide en tres grandes grupos y estos en subgrupos.

- Sector primario:
 - Producción agrícola
 - Producción pecuaria
- Sector secundario:
 - Industria
 - Artesanías
 - Comercio

- Sector terciario:
 - Comunicaciones
 - Salud
 - Seguridad
 - Educación

2.4.1.1. Sector primario

Santa Catarina Pinula, en el sector primario cuenta con, una agricultura en la que los principales cultivos son: maíz, frijol, café, hortalizas, aunque en pequeña escala, pues su producción agrícola ha disminuido, en la medida que avanza la construcción de viviendas en su territorio, el cual se viene convirtiendo en área residencial aledaña a la metrópoli.

En cuanto a la ganadería, se encuentran solo pequeñas crías de bovinos y equinos, en tanto que los porcinos, han sido siempre muy productivos, pues abastece diariamente algunos mercados de la capital, cuyos productos (carne, chicharrones y embutidos) gozan de merecida fama.

La avicultura, ha experimentado últimamente sensible desarrollo y se conserva aún en este tiempo crianza de aves para consumo familiar.

2.4.1.2. Sector secundario

La industria puede decirse que es uno de los principales factores económicos del municipio, pues funcionan importantes empresas industriales de diverso género, (tejidos, productos alimenticios, textiles, vidrio, etcétera), que constituyen una fuente de trabajo para un grueso sector de la población y generan otros beneficios económicos a favor del municipio.

El comercio se ha ido incrementando a través de tiendas, librerías, centros comerciales, supermercados, restaurantes, cafeterías. En Puerta Parada inclusive se cuenta con varias subagencias de bancos del sistema.

2.4.1.3. Sector terciario o de servicios

- Servicios de comunicación

Los medios de comunicación de Santa Catarina Pinula se han incrementado y mejorado considerablemente, prueba de ello es que el municipio cuenta con:

- Comunicación vial

Con otros municipios y entre las aldeas y caseríos que conforman Santa Catarina Pinula, se cuenta con:

Carretera CA-1
Ruta Nacional 2
Roderas o Veredas
Revestimiento suelto ligero 1 vía
Revestimiento suelto (seco)

Comunicación a través de vía telefónica pública y privada.

Transporte comunitario a través de servicio extraurbano y línea preferencial.

3. DISEÑO DE UNA ESCUELA RURAL DE NIVEL PRIMARIO

Muchas de las situaciones problemáticas que se observan dentro del proceso enseñanza aprendizaje, es la falta de áreas adecuadas para este proceso, las distancias que a veces los educandos tienen que recorrer para llegar a la escuela más próxima, es por ello, la importancia no solo de ubicar lugares cercanos, sino también adecuados, seguros y con un ambiente agradable para este proceso.

3.1. Antecedentes

Actualmente, la escuela en la aldea El Carmen, tiene deficiencias de espacio y área, haciendo limitado el cupo de los estudiantes y los grados impartidos.

3.1.1. Escuela aldea El Carmen

La Escuela de la aldea El Carmen se encuentra ubicada a 5 kilómetros de la cabecera municipal, atiende a niños de los caseríos que la rodean las cuales son: El Zarzal, Cuchilla del Carmen y Trapichito.

3.1.2. Reconocimiento del lugar

Inicialmente se realizó una visita preliminar con el objeto de tener una visión más amplia y clara del espacio y poder ubicarla de la mejor manera posible para que el ambiente no afectará factores como: la iluminación, ventilación, movimiento solar, la escorrentía y la misma topografía del lugar.

- Capacidad de alumnos

Con el objetivo de cumplir con todos los requisitos tanto estructurales como ambientales, este último se basó en el manual del Ministerio de Educación, en donde se especifican áreas de ventilación, áreas de iluminación y áreas mínimas permisibles por cada alumno, 1 m² área necesaria por cada alumno, 0,75 iluminación y 1,0 de ventilación.

- Tipo de estructura a diseñar

Está basado en el criterio de marcos rígidos, para lo cual se recurrió a programas de computación tal es el caso del paquete Microsoft Office, JC-Diseño Concreto, Cálculo de estructuras y Etabs versión No. 9.

JC-diseño concreto es un programa que facilita el cálculo del diseño estructural, este *software* fue creado por Julio Corado Franco, fue un proyecto de tesis en el año 2000, asesorado por el Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano.

Cálculo de estructuras: este paquete fue desarrollado a partir del Método Matricial Elástico de Cálculo de Estructuras, como proyecto de tesis de los estudiantes Antonio Estévez, José Luis Estévez y Francisco Estévez.

ETABS: *Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems Nonlinear Versión 9.5.0* (El programa ETABS diseñado para el análisis y diseño estructura que tiene la opción de añadir una rigidez geométrica tridimensional de la matriz a cada elemento estructural. Sin embargo, en el caso de análisis dinámico de la evaluación de sus propios vectores o LDR debe basarse en un conjunto de fuerzas axiales)

3.2. Diseño estructural de edificio escolar en aldea El Carmen, municipio de Santa Catarina Pinula

Dentro del análisis estructural es importante modelizar el comportamiento de los materiales empleados mediante una ecuación constitutiva adecuada. Los tipos modelos de materiales más frecuentes son:

- Modelo elástico lineal e isótropo
- Modelo elástico lineal otrotrópico
- Modelos de plasticidad y viscoplasticidad
- Modelos de daño

3.2.1. Base de diseño

Los requisitos se satisfarán mediante un proyecto correcto que incluya una adecuada selección de la solución estructural y de los materiales de construcción, una ejecución cuidadosa conforme al proyecto, el control de la ejecución, así como un uso y conservación adecuados.

3.2.1.1. Tipología estructural

La tipología estructural adoptada para el diseño del edificio escolar es concreto armado, el cual funciona bajo el sistema de marcos dúctiles, con una constitución monolítica en todo su desarrollo, bajo el criterio de la funcionalidad y seguridad sismo-resistente que este sistema ofrece.

3.2.1.2. Código de referencia

Con base en la tipología adoptada, se utilizó el *Código del American Concrete Institute (ACI) 318-05*, por ser el más actualizado en el entorno Guatemalteco. También se utilizaron las Normas Sismo-resistentes recomendadas por la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) y el Código de diseño sísmico SEAOC (*Seismic Design Manual Code*).

3.2.1.3. Materiales utilizados

Como se definió anteriormente los elementos serán de concreto armado, los cuales tienen una resistencia a la compresión de $f'_c = 4\ 000\ \text{lb/in}^2$ y una resistencia a la fluencia del acero de refuerzo de $f'_y = 40\ 000\ \text{lb/in}^2$ o grado 40.

3.2.1.4. Valor soporte en cimentación

Según los resultados obtenidos para el cálculo de valor soporte del suelo siente este de $27,65\ \text{t/m}^2$, se utiliza el valor de $25\ \text{t/m}^2$, para efectos de cálculo.

3.2.1.5. Consideraciones arquitectónicas

El edificio escolar en esta fase de diseño se caracteriza por tener tres módulos asilados diferentes, los cuales forman una U, denominados tramo 1, 2 y 3 correspondientemente (ver plano 1/1 en apéndices), teniendo simetría estructural en los tramos 1 y 3, por lo cual para efectos de diseño estructural se analizará independientemente el tramo 1 y 2, copiando al final los valores del tramo 1 en el 3.

3.2.2. Análisis estructural

Se refiere al uso de las ecuaciones de la resistencia de materiales para encontrar los esfuerzos internos, deformaciones y tensiones que actúan sobre una estructura resistente, como edificaciones o esqueletos resistentes de maquinaria. Igualmente el análisis dinámico estudiaría el comportamiento dinámico de dichas estructuras y la aparición de posibles vibraciones perniciosas para la estructura.

3.2.2.1. Cargas estáticas

- Carga estática dentro de estas se considera el peso propio de la estructura y una sobrecarga de 90 kgf/m² por instalaciones, piso, cielo falso, etcétera.
- Carga viva se consideró una carga de 500 kgf/m² según las recomendaciones de diseño estructural para un edificio escolar.

3.2.2.2. Carga dinámica

- Cargas sísmicas: este tipo de cargas se consideran de la siguiente manera:
 - Perspectiva cuasiestática: utilizando como método propuesto el SEAOC por medio del análisis de la carga horizontal estática equivalente y las recomendaciones del sitio por parte de AGIES. El cálculo desarrollado para el efecto se basa en la determinación del coeficiente de corte basal, de acuerdo a las sollicitaciones sísmicas de la estructura, así:

Sea V , el corte actuante en la base del edificio

$$V = Z \cdot I \cdot K \cdot C \cdot S \cdot W$$

Siendo, Z el coeficiente que determina el riesgo sísmico de la zona en estudio, considerándose como zona de baja, media o alta sísmicidad, de acuerdo con su ubicación y para el cual corresponde un valor de 1 (alta sísmicidad) para Guatemala; I es el coeficiente que define la importancia de la utilidad del edificio, para lo cual AGIES clasifica a los edificios escolares dentro de obras importantes con un coeficiente de importancia de 1,5; K , este coeficiente depende de la tipología estructural adoptada, para lo cual este edificio corresponde un valor de 0,67 dentro del sistema de marcos dúctiles.

C es el coeficiente que depende del período natural de vibración de la estructura t , el cual se relaciona matemáticamente con $C = \frac{1}{15\sqrt{t}}$ con un valor máximo de 0,12, así mismo, $t = \frac{0,09 h_n}{\sqrt{D}}$ siendo h_n la altura del edificio y D su ancho, debiendo recordar que este coeficiente varía en las direcciones x y y , por ende el corte actuante V es diferente en las 2 direcciones; finalmente, el coeficiente S depende del tipo de suelo en el cual se sitúa el edificio y su período de respuesta correspondiente, para lo cual es necesario un estudio de suelos que lo sustente, sin embargo, cuando no se conoce este valor es razonable darle el valor de 1, siendo este mismo su valor máximo.

La multiplicación de $Z \cdot I \cdot K \cdot C \cdot S$ es el coeficiente de corte basal, el cual se cálculo de la siguiente manera para los dos tramos en análisis y las dos direcciones de ingreso del sismo:

Tramo 1:

Dirección X-X

Primero se calcula el período,

$$t_{x-x} = \text{Periodo de estructura} = \frac{0,09 h_n}{\sqrt{D}} = \frac{0,09 \times 7,5 m}{\sqrt{26,4 m}} = 0,13$$

por tanto,

$$C_{x-x} = \frac{1}{15\sqrt{t}} = \frac{1}{15\sqrt{0,13}} = 0,185$$

Sin embargo, el valor máximo es 0,12, por lo tanto, se deberá utilizar este valor, quedando el coeficiente de corte basal así:

$$Z \cdot I \cdot K \cdot C \cdot S = 1 \cdot 1,5 \cdot 0,67 \cdot 0,12 \cdot 1 = 0,12$$

Dirección Y-Y

$$t_{x-x} = \text{Período de estructura} = \frac{0,09 h_n}{\sqrt{D}} = \frac{0,09 \times 7,5m}{\sqrt{9,6m}} = 0,22$$

$$C_{x-x} = \frac{1}{15\sqrt{t}} = \frac{1}{15\sqrt{0,22}} = 0,142 \quad \therefore C_{x-x} = C_{max} = 0,12$$

$$Z \cdot I \cdot K \cdot C \cdot S = 1 \cdot 1,5 \cdot 0,67 \cdot 0,12 \cdot 1 = 0,12$$

Tramo 2:

Dirección X-X

$$t_{x-x} = \text{Período de estructura} = \frac{0,09 h_n}{\sqrt{D}} = \frac{0,09 \times 7,5m}{\sqrt{23,75m}} = 0,14$$

$$C_{x-x} = \frac{1}{15\sqrt{t}} = \frac{1}{15\sqrt{0,14}} = 0,178 \quad \therefore C_{x-x} = C_{max} = 0,12$$

$$Z \cdot I \cdot K \cdot C \cdot S = 1 \cdot 1,5 \cdot 0,67 \cdot 0,12 \cdot 1 = 0,12$$

Dirección Y-Y

$$t_{x-x} = \text{Período de estructura} = \frac{0,09 h_n}{\sqrt{D}} = \frac{0,09 \times 7,5m}{\sqrt{10,4m}} = 0,21$$

$$C_{x-x} = \frac{1}{15\sqrt{t}} = \frac{1}{15\sqrt{0,21}} = 0,145 \quad \therefore C_{x-x} = C_{max} = 0,12$$

$$Z \cdot I \cdot K \cdot C \cdot S = 1 \cdot 1,5 \cdot 0,67 \cdot 0,12 \cdot 1 = 0,12$$

Finalmente se debe mencionar que el coeficiente de corte de basal que se ha calculado es la proporción del peso total del edificio que ejerce corte en la base del mismo, por lo cual para encontrar dicho corte basal se debe multiplicar por el peso W correspondiente al 100% de la carga viva más el 25% de carga viva, para luego distribuirlo de manera proporcional a cada uno de los niveles del edificio.

- Perspectiva dinámica: el método dinámico se basa en el cálculo de la aceleración espectral, sin embargo, las recomendaciones para edificios de mediana y pequeña altura (como es el caso en estudio) consideran innecesario un análisis dinámico, debido a que las derivas generadas del mismo no son considerables, resultando suficiente el análisis cuasi-estático para la determinación de las cargas sísmicas.

3.2.2.3. Resistencia requerida

De acuerdo al código ACI 318-05 se expresa la resistencia requerida en términos de sus cargas mayoradas, las cuales son combinaciones de las cargas estáticas y dinámicas multiplicadas por factores de carga apropiados y según dicta el código son:

$$U = 1,4 \text{ CM}$$

$$U = 1,2 \text{ CM} + 1,6 \text{ CV}$$

$$U = 1,2 CM + 1,0 CV +/- 1 CSX$$

$$U = 1,2 CM + 1,0 CV +/- 1 CSX_{e+}$$

$$U = 1,2 CM + 1,0 CV +/- 1 CSX_{e-}$$

$$U = 1,2 CM + 1,0 CV +/- 1 CSY$$

$$U = 1,2 CM + 1,0 CV +/- 1 CSY_{e+}$$

$$U = 1,2 CM + 1,0 CV +/- 1 CSY_{e-}$$

$$U = 1,2 CM +/- 1 CSX$$

$$U = 1,2 CM +/- 1 CSX_{e+}$$

$$U = 1,2 CM +/- 1 CSX_{e-}$$

$$U = 1,2 CM +/- 1 CSY$$

$$U = 1,2 CM +/- 1 CSY_{e+}$$

$$U = 1,2 CM +/- 1 CSY_{e-}$$

$$U = 0,9 CM +/- 1 CSX$$

$$U = 0,9 CM +/- 1 CSX_{e+}$$

$$U = 0,9 CM +/- 1 CSX_{e-}$$

$$U = 0,9 CM +/- 1 CSY$$

$$U = 0,9 CM +/- 1 CSY_{e+}$$

$$U = 0,9 CM +/- 1 CSY_{e-}$$

En donde, CM = carga muerta, CV = carga viva, CSX = carga sísmica sobre el centro de masa en dirección x-x, CSX_{e+} carga sísmica con excentricidad positiva en dirección x-x, CSX_{e-} carga sísmica con excentricidad negativa en dirección x-x, CSY = carga sísmica sobre el centro de masa en dirección y-y, CSY_{e+} = carga sísmica con excentricidad positiva en dirección y-y, CSY_{e-} = carga sísmica con excentricidad negativa en dirección y-y.

Los diferentes casos de asignación sísmica tienen un signo +/- debido a que esta carga puede ingresar en la parte frontal o lateral del módulo propiciando así diferentes efectos, sumando de esta manera un total de 38 combinaciones de carga diferentes.

3.2.2.4. Cálculo estructural

Las nuevas tecnologías en el ramo estructural han permitido realizar diseños cada vez más óptimos y personalizados, motivo por el cual bajo dicha perspectiva se utilizó el programa computacional ETABS (*Extended Three Dimensional Analysis of Building*) Versión 9.5.0., el cual centra su sistema de cálculo en el método de elementos finitos con el objetivo de transformar el modelo estructural continuo en un modelo discreto aproximado, compuesto por un número finito de elementos asociados entre sí por nodos y solucionando el sistema discreto mediante funciones consecuentes de interpolación o forma.

Este procedimiento se realiza sobre un modelo tridimensional, permitiendo de esta manera generar un análisis mucho más real de los diferentes marcos del módulo estructural a diferencia de un análisis plano por métodos convencionales (cross, etcétera).

Resulta consecuente determinar que el uso de cualquier programa computacional en ingeniería estructural resulta a criterio del diseñador, por lo cual los resultados finales que despliegue el computador deben ser revisados bajo los criterios básicos de comportamiento estructural.

Bajo las premisas anteriores se ingresaron las bases de diseño, las cargas de diseño y las combinaciones de resistencia requeridas, en un modelo estructural que representa la distribución arquitectónica y la tipología estructural, para cada uno de los tramos 1 y 2, correspondientemente.

3.2.3. Diseño estructural

El diseño estructural se divide, de acuerdo con diferentes elementos estructurales de que consta el edificio, los cuales a su vez presentan diferentes condiciones de carga y por ende respuestas a las mismas. Bajo esta premisa se deben diseñar cada uno de los elementos resistentes, de acuerdo al trabajo que realizarán en la estructura, quedando definidos en la tipología de marcos dúctiles de concreto reforzado los siguientes:

3.2.3.1. Diseño de losas

Las losas en los edificios de hormigón armado son placas anchas y lisas, generalmente horizontales, con superficie superior e inferior paralelas o aproximadamente paralelas, que se utilizan para conseguir superficies planas útiles al asentamiento humano y que para este caso estará soportada por vigas de hormigón armado, fundidas monolíticamente.

La losa y sobre ella se concentra la mayor cantidad de carga muerta y viva, siendo la que define la respuesta de los demás elementos del sistema estructural. Sin embargo, la losa como tal solamente se analiza para las cargas muertas y vivas, las cuales actúan en dirección gravitacional sobre la superficie plana, siendo despreciadas las cargas sísmicas, debido a que en la dirección donde actúan dichas cargas (de manera horizontal) la rigidez es infinita.

3.2.3.1.1. Espesor

El espesor de la losa se calcula, de acuerdo con el tipo de trabajo que realice cada uno de los segmentos de losa, pudiendo diferenciarse dos tipos de trabajo: en una dirección y dos direcciones, los cuales se definen con base en la relación:

$$m = \frac{a}{b}$$

Siendo a el lado corto del segmento de losa y b el lado largo del mismo.

Si dicha relación es menor a 0,5 el segmento trabaja en una dirección y significa que toda carga colocada en él, se transmitirá buscando el lado corto de dicho elemento, calculando el espesor de la misma según lo indica el código ACI, así:

Continua en el lado corto por uno de los extremos $\tau = l/24$

Continua en el lado corto por ambos extremos $\tau = l/28$

Si la relación es mayor a 0,5 el segmento trabajará en dos direcciones y significa que la carga buscará la distancia más corta hacia los dos lados del elemento. El cálculo del espesor para este caso será:

$$\tau = \frac{2 \times (a + b)}{180}$$

De acuerdo con las condiciones de diseño mencionadas, se presentan los siguientes gráficos que muestran la geometría (lados cortos y largos) de cada uno de los segmentos de losa en los tramos 1 y 2 del edificio, los cuales se ubican y nombran para su respectivo análisis y diseño, no debiendo olvidar que existe similitud en la geometría entre niveles para ambos tramos, por lo cual se debe trabajar únicamente uno de los mismos.

Ver plano 1/20 en apéndices.

Tramo 1

De acuerdo con el plano 1/20 se calculó el espesor necesario para cada segmento de losa, de acuerdo al siguiente procedimiento:

Segmento de losa 1

Lado corto = $a = 3,2$ m

Lado largo = $b = 3,25$ m

$$\text{Relación} = m = \frac{a}{b} = \frac{3,2 \text{ m}}{3,25 \text{ m}} = 0,98$$

Si $m > 0,98$ \therefore el trabajo será en 2 direcciones

$$\text{Espesor} = \frac{2 \times (a+b)}{180} = \frac{2 \times (3,2+3,25)}{180} = 0,071 \text{ m} = 7,1 \text{ cm}$$

De esa cuenta, se realizó un resumen de los cálculos realizados para cada uno de los segmentos de losa nombrados y los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla III. **Espesor de losa para tramo 1**

Núm.	a (m)	b (m)	Relación	mayor/menor	Trabajo	τ (m)
1	3,20	3,25	0,98	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,07
2	3,20	3,25	0,98	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,07
3	3,25	4,00	0,81	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
4	3,25	4,00	0,81	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
5	3,25	4,00	0,81	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
6	3,25	4,00	0,81	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
7	3,20	3,25	0,98	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,07
8	3,20	3,25	0,98	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,07
9	3,25	4,00	0,81	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
10	3,25	4,00	0,81	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
11	3,25	4,00	0,81	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
12	3,25	4,00	0,81	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
13	3,10	3,20	0,97	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,07
14	3,10	3,20	0,97	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,07
15	3,10	4,00	0,78	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
16	3,10	4,00	0,78	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
17	3,10	4,00	0,78	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
18	3,10	4,00	0,78	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
19	3,10	4,00	0,78	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08

Fuente: elaboración propia.

Con base a esta información se determinó que el espesor necesario de la losa para el tramo 1, tanto para primer como segundo nivel, debe ser de 10 cm, considerando no solo el valor máximo del cuadro anterior (8 cm), sino también el espacio del que debe disponer el constructor para que el armado y fundición sean trabajables.

Tramo 2

De acuerdo con el procedimiento ya mencionado y siguiendo las consideraciones geométricas presentadas en el plano 1/20 de los apéndices se realizó el siguiente resumen para los segmentos de losa del tramo 2.

Tabla IV. **Espesor de losa para tramo 2**

Núm.	a (m)	b (m)	Relación	mayor/menor	Trabajo	τ (m)
1	3,10	4,00	0,78	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
2	4,00	4,90	0,82	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,10
3	3,95	4,00	0,99	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,09
4	3,95	4,00	0,99	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,09
5	4,00	4,45	0,90	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,09
6	3,40	4,00	0,85	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
7	3,10	3,20	0,97	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,07
8	3,20	4,90	0,65	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,09
9	3,20	3,95	0,81	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
10	3,20	3,95	0,81	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
11	3,20	4,45	0,72	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,09
12	3,20	3,40	0,94	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,07
13	3,10	3,20	0,97	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,07
14	3,20	4,90	0,65	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,09
15	3,20	3,95	0,81	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
16	3,20	3,95	0,81	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,08
17	3,20	4,45	0,72	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,09
18	3,20	3,40	0,94	Mayor a 0,5	Dos direcciones	0,07

Fuente: elaboración propia.

Con esta información se determina que el espesor necesario de la losa para el tramo 2, tanto para el primer como el segundo nivel, debe ser de 10 cm, considerando el valor máximo del cuadro anterior (10 cm) y cumpliendo con el criterio de trabajo constructivo antes adoptado.

3.2.3.2. Armado

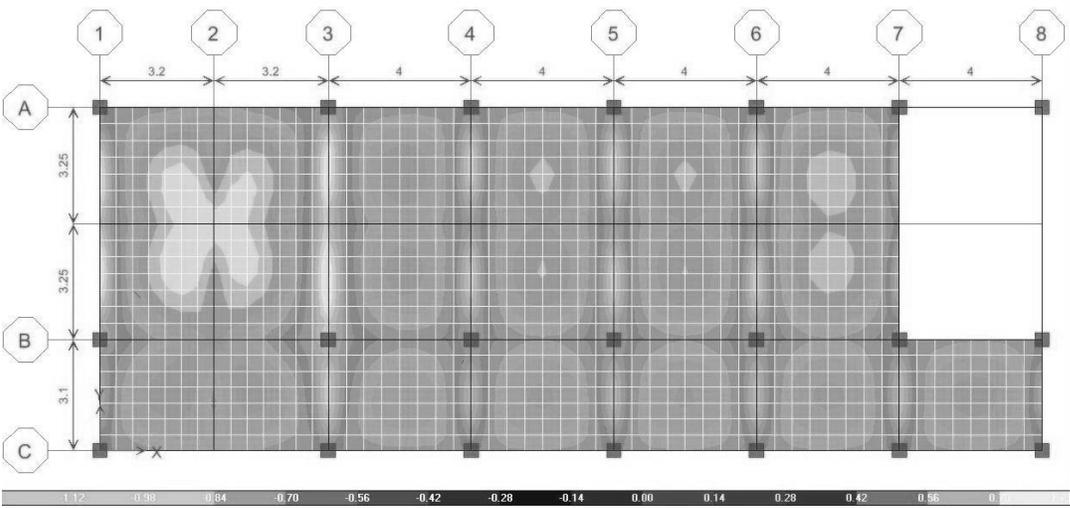
Este armado se basa en el diagrama de momentos balanceados que desarrollan las cargas mayoradas muertas y vivas correspondientes (no incluye cargas sísmicas), las cuales fueron calculadas de manera computacional.

Tramo 1

El diagrama de momentos se desarrolla en las direcciones $X - X$ y $Y - Y$ sobre la superficie de la losa y ambos corresponden a la envolvente de la resistencia requerida dado por $U = 1,4 CM$, $U = 1,2 CM + 1,6CV$ solamente, debido a que las cargas sísmicas no generan respuesta alguna en la losa.

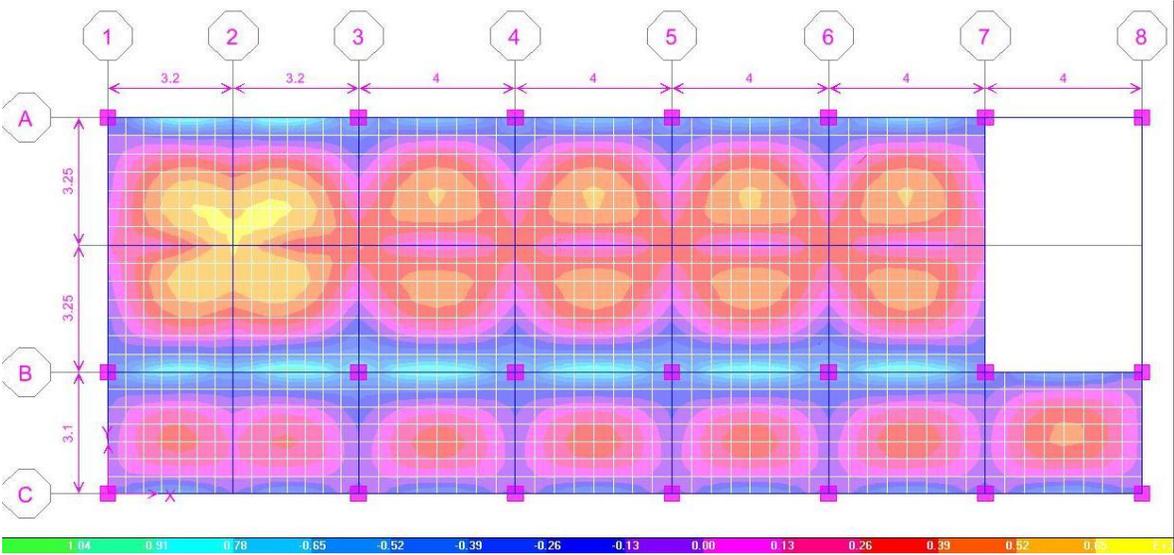
Dichos diagramas se presentan a continuación derivados del ETABS, correspondientes al modelo del tramo 1, recordando que no hay variación significativa entre niveles, por lo cual solamente se analizará uno de ellos.

Figura 2. Momentos desarrollados en X - X (kgf · m), con valores E+3



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Momentos desarrollados en Y - Y (kgf · m), con valores E+3



Fuente: elaboración propia.

Dirección **X – X**

Momentos de diseño

En esta dirección, la losa presentó los siguientes momentos de diseño:

Para los segmentos de losa 1, 2, 7 y 8 (los segmentos de losa que realizan trabajos similares se unificaron para realizar un solo diseño en base al máximo o mínimo requerido) se tiene un momento máximo positivo en la intersección de ambos con un valor de **690 kgf·m** y un momento máximo negativo en los extremos con un valor de **1 050 kgf · m**. Si se nota el armado de la losa debe realizarse con bastones cerca de ejes 1,3 y rieles en el eje 2, este comportamiento en general no cambia al colocar vigas intermedias (ver sección de vigas) debido a que las mismas están apoyadas sobre vigas que redistribuyen los esfuerzos a las columnas y no absorben en el nudo resultante dichos esfuerzos.

En los segmentos 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12 se puede observar un momento máximo positivo de **540 kgf·m** en el centro de los segmentos y un momento máximo negativo de **930 kgf·m** en los extremos de los mismos.

En los segmentos 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 se puede observar un momento máximo positivo de **380 kgf·m** en el centro de los segmentos y un momento máximo negativo de **750 kgf·m** en los extremos de los mismos.

De acuerdo con los requerimientos de diseño y basados en el código ACI, se realizó el siguiente procedimiento para cada uno de los momentos máximos y mínimos por segmento de losa.

Diseño del momento máximo positivo = **690 kgf·m**

Para ejemplificar los cálculos realizados en el diseño de los momentos se presenta el caso de **690 kgf·m**

Cálculo de separación máxima permisible

Primero se debe chequear la separación máxima permisible por el código ACI:

$$d = \tau - rec - \frac{\emptyset}{2} = 10 - 2 - \frac{0,95}{2} = 7,525 \text{ cm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

Donde d representa el espesor efectivo de la losa, τ es el espesor de la losa, rec es el recubrimiento en la superficie inferior, \emptyset es el diámetro de la varilla la cual corresponde al hierro No. 3 (3/8") y b representa el ancho de la losa el cual se asume de 1 metro para solicitar el armado por unidad de longitud.

Usando los valores anteriores se calcula el acero mínimo tanto en bastones como rieles con las fórmulas siguientes:

$$As_{min} = 0,4 \times \frac{0,8 \times \sqrt{281 \text{ kg/cm}^2}}{2810 \text{ kg/cm}^2} \times b \times d$$

$$As_{min1} = 0,4 \times \frac{0,8 \times \sqrt{281 \text{ kg/cm}^2}}{2810 \text{ kg/cm}^2} \times 100 \text{ cm} \times 7,525 \text{ cm} = 1,44 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$As_{min2} = 0,4 \times \frac{14,5 \times b \times d}{2810 \text{ kg/cm}^2} = 0,4 \times \frac{14,5 \times 100 \text{ cm} \times 7,525 \text{ cm}}{2810 \text{ kg/cm}^2} = 1,55 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Por lo tanto el As_{min} sera igual a , $1,55 \text{ cm}^2/\text{m}$ valor que define que por cada metro de losa en la dirección analizada se coloque al menos $1,55 \text{ cm}^2$, por lo tanto, si se desean colocar varillas No. 3, con un área de sección transversal de $0,71 \text{ cm}^2$, la separación a la cual se deben colocar será

$$Sep. = \frac{0,71 \text{ cm}^2}{1,55 \text{ cm}^2/\text{m}} = 0,46 \text{ m} .$$

Así, la separación máxima por acero mínimo es de 46 cm.

Luego, se debe comparar el valor anterior con la separación máxima por medio de la fórmula propuesta por el código:

$$Sep_{max} = 3 \times \tau = 3 \times 10 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

Así, el valor adoptado para la separación máxima permisible será el menor de los dos anteriores; es decir, 30 cm para el cual corresponde un resistiendo

$As = \frac{0,71 \text{ cm}^2 \cdot 1 \text{ m}}{0,3 \text{ m}} = 2,36 \text{ cm}^2/\text{m}$ un momento de acuerdo con la ecuación básica:

$$M_{Sep.Max.} = 0,9 \cdot As_{Sep.Max.} \cdot f'_y \cdot \left[d - \frac{As_{Sep.Max.} \cdot f'_y}{1,7 \cdot b \cdot f'_c} \right]$$

Calculando el valor anterior, así:

$$\rho_{bal} = 0,9 \cdot 2,36 \text{ cm}^2 \cdot 2 \cdot 810 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot \left[7,525 \text{ cm} - \frac{2,36 \text{ cm}^2 \cdot 2 \cdot 810 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{1,7 \cdot 100 \text{ cm} \cdot 281 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \right]$$

$$M_{sep.max} = 44 \ 206 \text{ kg} \cdot \text{cm} = 442 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Cálculo de separación requerida

La separación requerida, deriva del momento máximo de diseño y la cual se debe comparar con la separación máxima permisible, siendo la separación menor, la separación requerida final.

Como primer paso se calcula el acero requerido por el momento máximo por unidad de longitud, así:

$$M = 0,9 \cdot A_s \cdot f'_y \cdot \left[d - \frac{A_s \cdot f'_y}{1,7 \cdot b \cdot f'_{c,d}} \right]$$

$$69 \ 000 \text{ kgf} \cdot \text{cm} = 0,9 \cdot A_s \cdot 2 \ 810 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot \left[7,525 \text{ cm} - \frac{2,36 \text{ cm}^2 \cdot 2 \ 810 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{1,7 \cdot 100 \text{ cm} \cdot 281 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \right]$$

Al resolver la $A_s = 3,73 \text{ cm}^2/\text{m}$ ecuación el cual responde a una separación requerida de $0,19 \text{ m} = 19 \text{ cm}$.

Diseño de separaciones requeridas

Para todos los momentos de diseño (no importando la dirección o el tramo) la separación máxima permisible no cambia debido a que cada uno de los segmentos restantes corresponde una misma unidad de losa, sin cambiar el espesor.

La separación requerida se calcula para cada uno de los momentos de diseño de acuerdo con su dirección y tramo, utilizando el procedimiento mostrado anteriormente.

De esa manera, utilizando el procedimiento de separación requerida para los momentos de diseño del tramo 1 en la dirección $X - X$ se presenta el siguiente resumen de datos calculados:

Tabla V. **Resumen de separaciones requeridas**

Segmentos de losa Considerados	Momento de Diseño, M (kfg*m)	Acero Requerido, As (cm ² /m)	Separación Requerida (cm)
1, 2, 7, 8	690	3,73	19,01
1, 2, 7, 8	-1 050	5,78	12,29
3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12	540	2,90	24,45
3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12	- 930	5,09	13,95
13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	380	2,03	34,99
13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	- 750	4,07	17,44

Fuente: elaboración propia.

Armado propuesto en X-X

De acuerdo con la separación máxima permisible y las separaciones requeridas en cada una de las losas se realizó el armado final, considerando el criterio de continuidad y tomando como base las separaciones requeridas mínimas dentro de la continuidad, así:

Ver plano 5/82 en apéndices.

De acuerdo con el armado propuesto, se nota que el criterio de diseño es: para los segmentos del 1 al 12, la separación requerida mínima es 12,29 cm, correspondiente al momento de diseño de - 1 050 kgf m, por lo cual se aproximó el valor a 12 cm. Para guardar la continuidad entre segmentos continuos se propuso una separación de 24 cm que cubriera las separaciones requeridas mayores.

Para los segmentos del 13 al 19 se utilizó la separación máxima de 30 cm la cual cubre el momento de diseño positivo y luego para mantener la continuidad se dividió a la mitad, es decir 15 cm, el cual cubre el momento de diseño negativo.

Dirección Y - Y

Momentos de diseño

En esta dirección, la losa presentó los siguientes momentos de diseño (ver diagrama de momentos desarrollados en Y - Y):

- Para los segmentos de losa 1, 2, 7 y 8 se tiene un momento máximo positivo en la intersección de ambos con un valor de **695 kgf · m** y un momento máximo negativo en los extremos con un valor de **1 070 kgf·m.**
- En los segmentos 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12 se puede observar un momento máximo positivo de **550 kgf · m** en el centro de los segmentos, un momento máximo negativo de **925 kgf · m** en el extremo soportado por columnas y en el extremo opuesto existen momentos positivos mínimos.
- En los segmentos 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 se puede observar un momento máximo positivo de **420 kgf · m** en el centro de los segmentos y un momento máximo negativo de **850 kgf · m** en los extremos de los mismos.

Diseño de separaciones requeridas

La separación permisible no cambia su valor de 30 cm.

Utilizando el procedimiento de separación requerida, los momentos de diseño para el tramo 1 en la dirección Y-Y se resumen a continuación.

Tabla VI. **Resumen de separación requerida dirección Y – Y tramo 1**

Segmentos de losa considerados	Momento de diseño, M (kg _f *m)	Acero requerido, As (cm ² /m)	Separación requerida (cm)
1, 2, 7, 8	695	3,76	18,87
1, 2, 7, 8	- 1 070	5,89	12,05
3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12	550	2,96	24,00
3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12	- 925	5,06	14,03
13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	420	2,25	31,61
13, 14, 15, 16, 17, 18, 19	- 850	4,63	15,32

Fuente: elaboración propia.

Armado propuesto en **Y - Y**

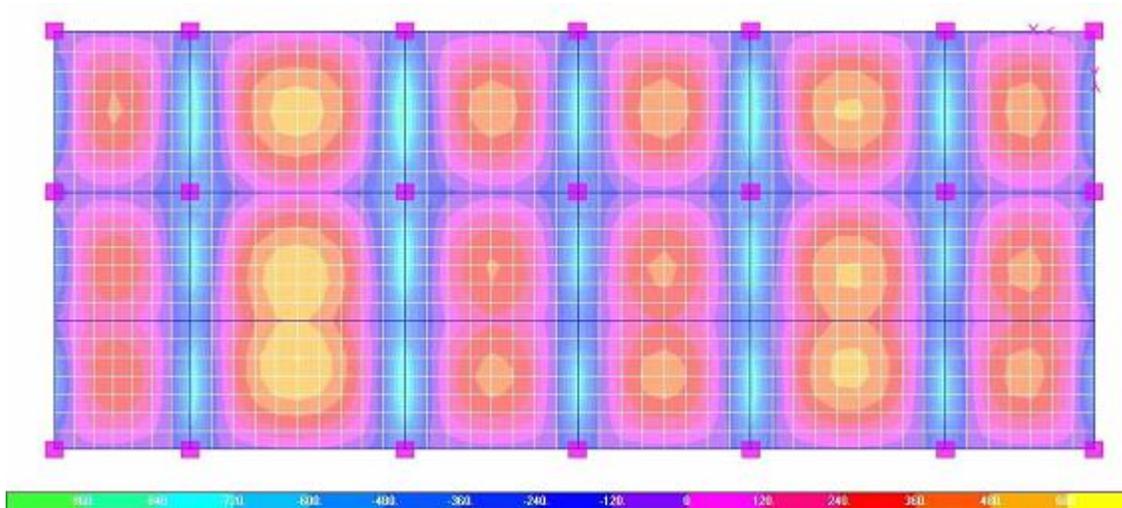
Ver plano 6/82 en apéndices.

De acuerdo con el armado propuesto, se nota que el criterio de diseño es ubicar la separación requerida mínima, la cual es 12,05 cm que aproxima a 12 cm, correspondiente al momento de diseño – 1 070 kgf m y como se observa este valor coincide al doble de la separación del momento de diseño 550 kgf m; consecuentemente ambos momentos determinan los armados propuestos, guardando de la misma manera el criterio de continuidad que se debe cumplir.

Tramo 2

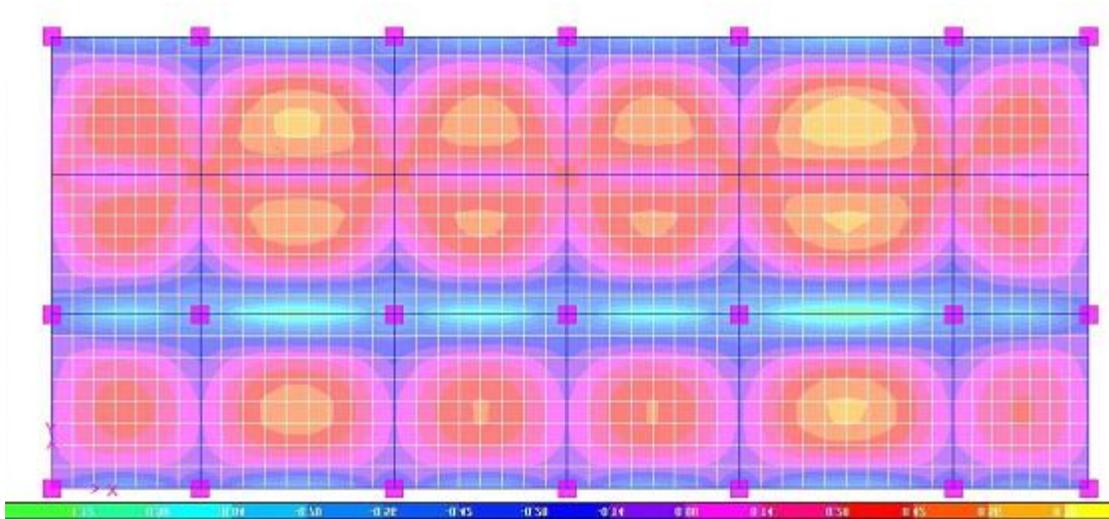
Los diagramas de envolvente de momentos para la determinación de la resistencia requerida para el tramo 2 se presentan a continuación según el modelo desarrollado en ETABS.

Figura 4. **Momentos desarrollados en X-X ($kgf \cdot m$)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Momentos desarrollados en Y-Y ($kgf \cdot m$), con valores E+3**



Fuente: elaboración propia.

Dirección X - X

Momentos de diseño

En esta dirección, la losa presentó los siguientes momentos de diseño de acuerdo con el diagrama presentado:

- Para los segmentos de losa 1 y 3 se tiene un momento máximo positivo en el centro de **440 $kgf \cdot m$** y un momento máximo negativo en uno de los extremos con un valor de **1 050 $kgf \cdot m$** y en el extremo opuesto un momento negativo de **815 $kgf \cdot m$** .

- En el segmento 2 se puede observar un momento máximo positivo de **550 kgf · m** en el centro de los segmentos y un momento máximo negativo de **1 050 kgf · m** en los extremos.
- En los segmentos 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 18 se puede observar un momento máximo positivo de **440 kgf · m** en el centro de los segmentos y un momento máximo negativo de **865 kgf · m** en los extremos de los mismos.
- En los segmentos 5, 8, 11, 14, 17 se puede observar un momento máximo positivo de **600 kgf · m** en el centro de los segmentos y un momento máximo negativo de **865 kgf · m** en los extremos de los mismos.

Diseño de separaciones requeridas

La separación permisible no cambia su valor de 30 cm.

Utilizando el procedimiento de separación requerida, los momentos de diseño para el tramo 2 en la dirección X – X se resumen a continuación.

Tabla VII. **Resumen de separaciones requeridas dirección
X – X tramo 2**

Segmentos de losa considerados	Momento de diseño, M (kg _f *m)	Acero requerido, As (cm ² /m)	Separación requerida (cm)
1,3	440	2,36	30,14
1,3	1 050	5,78	12,29
1,3	815	4,44	16,00
2	550	2,96	24,00
2	1 050	5,78	12,29
4,6,7,9,10,12,13,15,16,18	440	2,36	30,14
4,6,7,9,10,12,13,15,16,18	865	4,72	15,04
5,8,11,14,17	600	3,23	21,95
5,8,11,14,17	865	4,72	15,04

Fuente: elaboración propia.

Armado propuesto en **X - X**

Ver plano 8/82 en apéndices.

De acuerdo con el armado propuesto, se nota que el criterio de diseño fue ubicar la medida, la separación más común, que según la tabla de separaciones requeridas corresponde el valor de 15; con base en ese valor se multiplicó por 2 = 30 cm, cumpliendo no sólo el criterio de continuidad, sino también el máximo permisible; finalmente para las separaciones requeridas menores a 15 cm, se dividió dicho valor en 2, para conservar la continuidad en el armado = 7,5 cm.

Dirección Y - Y

Momentos de diseño

En esta dirección, la losa presentó los siguientes momentos de diseño (ver diagrama de momentos desarrollados en Y - Y

- Para los segmentos de losa 1 y 6 se tiene un momento máximo positivo en el centro con un valor de **355 kgf · m** y un momento máximo negativo en los extremos con un valor de **850 kgf · m**
- En los segmentos 2, 5, 8 y 11 se puede observar un momento máximo positivo de **590 kgf · m** en el centro de los segmentos, un momento máximo negativo de **1 250 kgf · m** en uno de los extremos y en el opuesto un momento negativo de **650 kgf · m**.
- En los segmentos 3 y 4 existe un momento máximo positivo de **430 kgf · m** en el centro de los segmentos y un momento máximo negativo de **1 000 kgf · m** en los extremos de los mismos.
- En los segmentos 7, 12, 13 y 18 se puede observar un momento máximo positivo de **420 kgf · m** en el centro de los segmentos, un momento máximo negativo de **865 kgf · m** en uno de los extremos y en el opuesto un momento positivo de poca significancia.
- En los segmentos 9, 10, 15 y 16 se puede observar un momento máximo positivo de **520 kgf · m** en el centro de los segmentos, un momento máximo negativo de **1 000 kgf · m** en uno de los extremos y en el opuesto un momento positivo de poca significancia.

- En los segmentos 14 y 17 se puede observar un momento máximo positivo de **680 kgf · m** en el centro de los segmentos, un momento máximo negativo de **825 kgf · m** en uno de los extremos y en el opuesto un momento positivo de poca significancia.

Diseño de separaciones requeridas

La separación permisible no cambia su valor de 30 cm.

Utilizando el procedimiento de separación requerida, los momentos de diseño para el tramo 2 en la dirección $Y - Y$ se resumen a continuación.

Tabla VIII. **Resumen de separaciones requeridas dirección X – X**
tramo 2

Segmentos de losa considerados	Momento de diseño, M (kg _r *m)	Acero requerido, A _s (cm ² /m)	Separación requerida (cm)
1,6	355	1,89	37,50
1,6	850	4,63	15,32
2,5,8,11	590	3,18	22,33
2,5,8,11	1 250	6,95	10,22
2,5,8,11	650	3,51	20,22
3,4	430	2,30	30,86
3,4	1 000	5,49	12,93
7,12,13,18	420	2,25	31,61
7,12,13,18	865	4,72	15,04
9,10,15,16	520	2,79	25,42
9,10,15,16	1 000	5,49	12,93
14,17	680	3,68	19,30
14,17	825	4,49	15,80

Fuente: elaboración propia.

Armado propuesto en Y - Y

Ver plano 9/82 en apéndices.

De acuerdo con el armado propuesto, se nota que se tomó diferente criterio en cada tramo continuo; así, para los segmentos 1, 6, 7, 12, 13, 18, los valores de separación a 15 cm y 30 cm están implícitos dentro de su momento requerido. Para los segmentos también continuos, 2, 5, 8, 11, 14, 17, también existen valores que sólo hacen implícito el armado que se debe utilizar. Para los segmentos 3, 4, 9, 10, 15, 16 se tomó el criterio de seleccionar el valor de la menor separación requerida el cual es 12,93 cm, aproximado a 12 cm y para poder generar la continuidad en el armado se procedió a multiplicar el valor por 2 = 24 cm, para los valores que exceden el mismo y de esta manera optimizar el diseño.

3.2.4. Diseño de vigas

Las vigas resultan ser los elementos de borde al elemento losa descrito anteriormente, brindando el soporte adecuado a la misma, con el objetivo de formar (junto al elemento columna, marcos estructurales con comportamiento dúctil ante la aplicación de cargas, de acuerdo con la tipología mencionada en las bases de diseño.

El comportamiento de ductilidad esperado en una estructura debe brindar a los ocupantes del edificio la sensación de seguridad en el emplazamiento, lo cual se traduce en el control de las deflexiones, así también, debe permitir visualizar previamente el colapso de la estructura ante fenómenos inminentes, para poder tomar acciones de desalojo de la misma en un tiempo permisible para el usuario.

Para el diseño de vigas se consideran principalmente los esfuerzos de flexión y corte, debido a que ellos concentran la mayor cantidad de los mismos, de acuerdo con el trabajo estructural que realizan dentro del sistema de marcos dúctiles, no olvidando que el diseño de las mismas debe proceder de la resistencia requerida por estos elementos bajo todas las combinaciones de carga, de acuerdo con lo estipulado en el código ACI, analizando para el efecto los diagramas de envolvente que incluyan los máximos valores de las combinaciones en mención y así, respondan a cada una de ellas de manera efectiva.

Para proyectar vigas, es decir, para determinar la dosificación de hormigón y la armadura necesaria para resistir cargas dadas, puede utilizarse como punto de partida un estado de carga determinado y sobre el mismo se deben ir chequeando los requerimientos mínimos y máximos establecidos en el código para que la estructura responda al trabajo preestablecido para el efecto en sus bases de diseño, agregando o disminuyendo las dosificaciones iniciales hasta, que al cumplir con los requerimientos se minimicen las mismas.

Como ya se mencionó los esfuerzos principales son flexión y corte, siendo ellos los que definen los requerimientos de diseño y por ende las dosificaciones mencionadas. De esta cuenta, a continuación se analizan dichos esfuerzos con base a las consideraciones que el código ACI establece para el efecto (capítulos 10,11; flexión y corte), pero no se debe olvidar que las condiciones del sitio también son determinantes en el trabajo de la estructura, por lo cual es necesario cumplir además, con las disposiciones especiales para el diseño sísmico que establece el código para el efecto (capítulo 21).

3.2.4.1. Diseño a flexión

Para garantizar que la respuesta ante las condiciones de carga seleccionadas tengan una respuesta al modelo dúctil propuesto, se debe considerar inicialmente que las vigas en proceso de flexión pueden romperse de dos formas principales: si la cantidad de armadura es relativamente baja, para cierto valor de la carga, el acero entrará en fluencia. Al entrar el acero en fluencia, la fibra neutra se desplaza hacia arriba, se reduce la superficie disponible para resistir compresiones y se produce la rotura secundaria por compresión.

Por otro lado, si la cuantía de armadura es elevada el hormigón alcanzará su resistencia máxima antes de que el acero entre en fluencia. Mientras la rotura debida a la fluencia es gradual, con la posibilidad de que se advierta a tiempo la avería, la rotura debida al aplastamiento del hormigón es frágil (repentina) y sin aviso. Por este motivo se prefiere el primer tipo de rotura, que pueda conseguir fijando un límite superior para la cuantía de la armadura de tracción.

El anterior comportamiento, se define como diseño a rotura y se establece dentro del código, de acuerdo con los aceros máximos y mínimos permisibles, que determinan los límites superior e inferior que puede presentar un elemento a flexión para garantizar su ductilidad, así:

$$A_{s_{min}} = 0,8 \frac{\sqrt{f'c}}{f'y} bd$$

Pero no menor a $\frac{14.5 bd}{f'y}$, donde $A_{s_{min}}$ es el acero mínimo, $f'c, f'y$ las resistencias de los materiales y b, d las dimensiones efectivas de la viga en base por altura, respectivamente.

Para el acero máximo se tiene:

$$A_{s_{max}} = \rho_{max} bd$$

$$\rho_{max} = 0,5 \rho_{bal.}$$

$$\rho_{bal.} = 0,85^2 \frac{f'c}{f'y} \frac{0,003}{f'y/E_s + 0,003}$$

donde, $A_{s_{max}}$ es el acero máximo, ρ_{max} la cuantía máxima, $\rho_{bal.}$ la cuantía balanceada y módulo de elasticidad del acero $E_s = 2,03 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$.

Si se nota, ambos valores son dependientes de la sección transversal de la viga (bd), las cuales, según se mencionó anteriormente, se asumen inicialmente y luego se deben aumentar o disminuir según lo requieran los límites $A_{s_{min}}$ y $A_{s_{max}}$, pero también, buscando la minimización de las dosificaciones de acero y concreto, respectivamente, por lo cual este proceso es un dinámico, cambiante y por sobre todo determinante del criterio del diseñador.

Así, para el presente edificio escolar se correlacionaron los diferentes valores cambiantes previamente, determinando su dimensionamiento final y se presenta para fines de este trabajo de tesis los elementos de diseño determinantes en el proceso final:

- En primer lugar se deben ubicar los marcos de diseño, los cuales de acuerdo al dimensionamiento final, se ubican por sus similitudes geométricas y en condiciones de carga.
- Recordar que no se debe diseñar viga por viga y marco por marco, debido a que muchos de los marcos y muchas vigas tienen condiciones similares de trabajo, por lo cual, se debe ubicar esas similitudes para no realizar cálculos innecesarios.
- Tomar en cuenta que el edificio tiene dos niveles y debido a su geometría regular en ambos, tanto el primer como el segundo nivel tendrán similitudes en los diagramas.
- Con dichos marcos de diseño se despliega el diagrama de envolvente de momentos para las combinaciones de carga propuestas en el análisis.
- Luego se determinan los momentos máximos que presenta el diagrama considerando las similitudes de trabajo entre vigas, marcos y niveles, asumiendo estos momentos los valores de diseño que requiere la estructura.
- Se debe recordar que dichos momentos se presentan tanto en la parte de arriba como de abajo de la viga, los cuales se nombraron como cama superior e inferior, correspondientemente de aquí en adelante.
- Con los momentos de diseño se calcula el área de acero requerida y se verifica que cumpla con el máximo y mínimo.

- Es necesario recordar que la viga desarrolla momentos en toda su longitud, los cuales serán muchas veces menores al mínimo, pero de acuerdo con la condición de ductilidad adoptada no debe disminuir. De la misma manera si existiera alguna viga que no cumpla con el acero máximo especificado, se debería replantear la sección de la viga, las cuales como ya se mencionó, se inspeccionaron previamente para evitar cálculos superfluos en esta presentación.
- Finalmente conociendo las áreas de acero requeridas en las secciones de diseño, se plantean los armados de vigas en los detalles correspondientes, guardando el criterio de continuidad estructural para el armado final.

Contando con los elementos a considerar, se muestra el trabajo realizado para los tramos que componen el edificio.

Tramo 1

De acuerdo con la correlación previa del procedimiento de diseño, el dimensionamiento para el primer tramo quedará de la siguiente manera.

Ver plano 26/82 en apéndices.

El criterio de dimensionamiento se debe aplicar, de acuerdo con la longitud del claro a cubrir por viga y el trabajo que cada una desempeña, por lo cual se puede observar que existen tres tipos de secciones para vigas primarias y una secundaria, las cuales se enumeran de mayor a menor.

Como se nota, solamente se presenta una de las plantas, la cual corresponde a ambos niveles del tramo según la regularidad de la distribución estructural.

Marcos estructurales de diseño

Contando con la información anterior, se procede a analizar los marcos similares de diseño con base en su geometría y condiciones de carga, quedando establecidos así:

Marco 1: el primer marco de diseño se ubica sobre plano del eje A, con un largo del eje 1 al 8 y no se observa ninguna similitud con algún otro. Lo componen vigas primarias apoyadas sobre columnas.

Marco 2: este marco se ubica sobre el plano del eje B, con un largo del eje 1 al 8, y guarda similitud con el marco ubicado sobre el plano del eje C de acuerdo con el criterio de geometría. Lo componen vigas primarias apoyadas sobre columnas.

Marco 3: este marco se ubica sobre el plano del eje 1, con un largo del eje A al B, y no se observa ninguna similitud con otro marco. Lo componen vigas primarias apoyadas sobre columnas.

Marco 4: este marco se ubica sobre el plano de eje 3, con un largo del eje A al B, y guarda similitud geométrica con el marco ubicado sobre el plano del eje 4 , 5, 6, 7 y 8. Lo componen vigas primarias apoyadas sobre columnas.

Marco 5: este marco se ubica sobre el plano intermedio entre los ejes A y B. Lo componen vigas secundarias apoyadas sobre vigas primarias.

Marco 6: este marco se ubica sobre el plano del eje 2, con un largo del eje A al B. Compuesto por vigas secundarias apoyadas sobre vigas primarias.

De acuerdo con los marcos mencionados se realizará el diseño para cada uno de ellos de manera independiente.

Diseño a flexión para tramo 1, marco 1

Diagrama de envolvente de momentos

El diagrama de momentos se presenta a continuación y despliega solamente los valores máximos para cada viga entre columnas según los datos analizados en ETABS, ubicando los mismos a los lados y el centro, según se observa y corresponda; dichos datos son referentes únicamente al nivel inferior, debido a que el segundo presenta esfuerzos menores que serán absorbidos con un diseño similar al del primero.

Ver plano 35/82 en apéndices.

No se debe olvidar que el equilibrio de los esfuerzos para un análisis estructural tridimensional no presenta diagramas balanceados en una sola dirección, sino que toma en cuenta la sumatoria de las tres dimensiones, bajo esfuerzos axiales, cortantes, momentos y torsionales, siendo la razón por lo que dichos diagramas parecen muchas veces desequilibrados.

Momentos de diseño

De acuerdo con el diagrama de momentos presentado y conociendo de antemano el dimensionamiento de las secciones de viga, se puede determinar lo siguiente:

- Las vigas ubicadas dentro de los ejes 1 al 3 tiene las mismas dimensiones de 35 cm x 50 cm, y también dentro de ellas se ubican los valores máximos de momento negativo y positivo, siendo estos los momento de diseño de -10 234 kgf · m para los laterales y -8 300 kgf · m para el centro.
- Para las demás vigas del marco, todas coinciden con una sección de 25 cm x 40 cm, debiendo considerar los valores máximos desarrollados dentro de las mismas, los cuales son: -4 041 kgf · m para los laterales y 1 530 kgf · m para el centro.

Los momentos negativos corresponden al requerimiento en cama superior y los positivos a la cama inferior.

Área de acero requerido

Con los momentos de diseño se calculan las áreas de acero con la fórmula básica de la flexión, así:

$$M = 0,9 \cdot A_s \cdot f' y \left(d - \frac{A_s \cdot f' y}{1,7 \cdot b \cdot f' c} \right)$$

Donde M es el momento de diseño, A_s el área de acero, d la altura efectiva de sección igual a la altura real menos el recubrimiento, b es la base de la sección y f'_c, f'_y las resistencias de los materiales.

Con los datos obtenidos hasta el momento se ejemplifica el procedimiento para el primer momento de diseño así:

Siendo el momento de diseño $M = -10\,234 \text{ kgf} \cdot \text{m}$, correspondiente a una sección de $35 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$, con un recubrimiento al centro de la varilla de 4 cm .

$$d = 50 \text{ cm} - 4 \text{ cm} = 46 \text{ cm}$$

$$M = 1\,023\,400 \text{ kgf} \cdot \text{cm} = 0,9 A_s \cdot 2\,810 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \left(46 \text{ cm} - \frac{A_s \cdot 2\,810 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{1,7 \cdot 35 \text{ cm} \cdot 281 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} \right)$$

Resolviendo para $A_s = 9,1 \text{ cm}^2$.

Chequeando el acero mínimo:

$$A_{s_{\min}} = 0,8 \cdot \frac{\sqrt{281 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}}{2\,810 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} 35 \text{ cm} \cdot 46 \text{ cm} = 7,68 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = 14,5 \cdot \frac{35 \text{ cm} \cdot 46 \text{ cm}}{2\,810} = 8,31 \text{ cm}^2$$

De acuerdo con lo anterior $A_{s_{\min}} = 8,31 \text{ cm}^2$

Verificando el acero máximo:

$$\rho_{bal} = 0,85^2 \cdot \frac{281 \frac{kgf}{cm^2}}{2810 \frac{kgf}{cm^2}} \cdot \frac{0,003}{2810 \frac{kgf}{cm^2} / (2,03 \cdot 10^6 + 0,003)} = 0,04944$$

$$\rho_{max} = 0,5 \cdot 0,04944 = 0,02472$$

$$A_{s,max} = 0,02472 \cdot 35 \text{ cm} \cdot 46 \text{ cm} = 39,8 \text{ cm}^2$$

Se debe recordar que si el acero requerido es menor al acero mínimo, se debe utilizar el acero mínimo para el diseño; y si el acero requerido es mayor al acero máximo, se debe colocar una sección más grande para que la falla balanceada que determine la fluencia se dé ante un mayor momento.

De acuerdo con el ejemplo anterior se realiza el cálculo para todos los momentos de diseño, variando de acuerdo a su sección previamente dimensionada.

Tabla IX. **Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 1**

Momento de diseño kgf-m	Sección cm			Recubrimiento cm	As cm ²	As min cm ²	As max cm ²	As diseño cm ²	Ubicación
10 234	35	X	50	4	9,10	8,31	39,80	9,10	Cama superior
8 300	35	X	50	4	7,33	8,31	39,80	8,31	Cama inferior
4 041	25	X	40	4	4,58	4,64	22,25	4,64	Cama superior
1 530	25	X	40	4	1,70	4,64	22,25	4,64	Cama inferior

Fuente: elaboración propia.

Es importante observar que las secciones parecieran sobre diseñadas desde el punto de vista de la flexión y efectivamente es obvio al solamente cumplir con el acero mínimo; sin embargo, esta viga no solamente debe cumplir con los requisitos a flexión, sino también los respectivos esfuerzos de corte, quienes, según las nuevas tecnologías del concreto, le dan mucha más importancia a los esfuerzos cortantes que flexionantes, de acuerdo al análisis de incidencia estructural de terremotos similares al del '76 en Guatemala.

Armado de vigas en marco 1

De acuerdo con las consideraciones del código ACI, expone que deben existir 2 varillas corridas como mínimo, armando cada una de las camas; por tanto para poder calcular el tamaño y número de varillas que se necesitan, se debe dividir el acero de diseño dentro de 2, para distribuir el mismo en 2 varillas o bien dos paquetes de varillas, según se necesite.

También se debe recordar que en el diagrama de momentos se muestran solamente los valores máximos por ubicación, sin embargo, sobre toda la viga se desarrollan esfuerzos, bien sean muy grandes o insignificantes, pero no se puede obviar la recomendación del código respecto al acero mínimo el cual debe ir corrido en todo lo largo de la viga, por tanto el procedimiento a seguir, es:

- Proponer un armado del acero mínimo para toda la longitud de la viga.
- Restar el armado de acero mínimo al acero de diseño, el cual se convertirá en bastón o riel según se ubique en la cama superior o inferior, correspondiente, velando porque cumpla con la longitud de desarrollo adecuada dentro del marco de las deformaciones esperadas.
- Velar por generar continuidad del armado, entre las secciones de diseño.

Siguiendo estas directrices se realizó el siguiente armado.

Ver plano 27/82 en apéndices.

De acuerdo con el detalle mostrado se observa que se generó continuidad entre la sección de 25 cm x 40 cm y la de 35 cm x 40 cm al proponer los 2 No. 6 corridos correspondientes al acero mínimo de $25 \times 40 = 5,70 \text{ cm}^2$, para así generar continuidad en el armado de la sección 35 x 50 utilizando la misma propuesta más otro hierro No. 6, cumpliendo con $8,55 \text{ cm}^2$ para el hierro faltante se concentro este esfuerzo en los bastones.

Para la cama inferior de 35 x 50 se utilizaron 2 No. 8 corridos que suman 10 cm^2 , cubriendo así, el acero requerido.

Finalmente los 2 No. 3 corridos, centrales en la viga 35 x 50, son una consideración que facilita el armado de estas secciones por la altura que presentan, es decir, que para todas las vigas de 50 cm de altura se colocarán dichos hierros, los cuales no cumplen ninguna función estructural, sino más bien funcional.

Diseño a flexión para tramo 1, marco 2

Diagrama de envolvente de momentos

El diagrama de momentos se presenta a continuación bajo las mismas condiciones determinantes en el marco 1.

Ver plano 37, 38/82 en apéndices.

Para el marco 2, se presentan dos marcos los cuales son similares en su geometría y a pesar de variar un poco ambos marcos en su respuesta sísmica se toman como un solo tipo. No se olvide que esta simetría es también entre niveles.

Momentos de diseño

De acuerdo con el diagrama de momentos y el dimensionamiento en secciones de viga, se determina lo siguiente:

- Las vigas ubicadas dentro de los ejes 1 al 3 en los marcos similares tiene las mismas dimensiones de 25 cm x 50 cm y en ellas se ubican los valores máximos de momento negativo y positivo (para ambos marcos) que serán ahora momentos de diseño con valores de $-12\ 772\ \text{kgf}\cdot\text{m}$ para los laterales y $12\ 796\ \text{kgf}\cdot\text{m}$ para el centro. Como se puede notar el mayor momento positivo no se da en una viga de primer nivel, sino que en una de segundo, pero tiene significancia en ambos.
- Para las demás vigas de los marcos, todas coinciden con una sección de 25 cm x 40 cm siendo similares, debiendo considerar los valores máximos desarrollados dentro de las mismas, los cuales son: $-58\ 400\ \text{kgf}\cdot\text{m}$ para los laterales y $2\ 558\ \text{kgf}\cdot\text{m}$ para el centro.

Área de acero requerido

Utilizando el mismo procedimiento desarrollado para el marco 1, se resumen los cálculos en la siguiente tabla para el marco 2.

Tabla X. **Resumen características del elemento área acero y su obligación marco 2**

Momento de diseño kg _r -m	Sección cm			Recubrimiento cm	As cm ²	As min cm ²	As max cm ²	As diseño cm ²	Ubicación
12 772	25	X	50	4	11,68	5,93	28,43	11,68	Cama superior
12 796	25	X	50	4	11,70	5,93	28,43	11,70	Cama inferior
5 400	25	X	40	4	6,18	4,64	22,25	6,18	Cama superior
2 558	25	X	40	4	2,86	4,64	22,25	4,64	Cama inferior

Fuente: elaboración propia.

Armado de vigas en marco 2

Siguiendo el mismo procedimiento y consideraciones planteadas anteriormente, se presenta el siguiente armado para las vigas del marco 2.

Ver plano 28/82 en apéndices.

De acuerdo con el detalle mostrado se observa que se generó continuidad entre la sección de 25 cm x 40 cm y la de 25 cm x 50 cm al proponer los 2 No. 6 corridos correspondiente al acero mínimo de $25 \times 40 = 5,70 \text{ cm}^2$, para así generar continuidad en el armado de la sección 25 x 50 utilizando la misma propuesta más otro hierro No. 3, cumpliendo con $6,41 \text{ cm}^2$ y para el hierro faltante se concentró este esfuerzo en los bastones y rieles No. 3, 5, 6, correspondientes.

Diseño a flexión para tramo 1, marco 3

Diagrama de envolvente de momentos

El diagrama de momentos se presenta a continuación bajo las mismas condiciones determinantes en el marco 1.

Ver plano 39/82 en apéndices.

Momentos de diseño

De acuerdo con el diagrama de momentos y el dimensionamiento en secciones de viga, se determina lo siguiente:

- La viga ubicada dentro del eje A al B tiene las dimensiones de $35 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$ y en ella se ubican los valores máximos de momento negativo y positivo $-12\,140 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ para los laterales y $8\,677 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ para el centro.

- Para la viga entre eje C y B se tiene una sección de 25 cm x 40 cm con valores máximos desarrollados de: -4 908 kgf·m para los laterales y 400 kgf·m para el centro.

Área de acero requerido

Utilizando el mismo procedimiento desarrollado en el marco 1, se resumen los cálculos en la siguiente tabla correspondientes al marco 3.

Tabla XI. **Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 3**

Momento de diseño kgf·m	Sección cm			Recubrimiento cm	As cm ²	As min cm ²	As max cm ²	As diseño cm ²	Ubicación
12 140	35	X	50	4	10,87	8,31	39,80	10,87	Cama superior
8 677	35	X	50	4	7,67	8,31	39,80	8,31	Cama inferior
4 908	25	X	40	4	5,60	4,64	22,25	5,60	Cama superior
400	25	X	40	4	0,44	4,64	22,25	4,64	Cama inferior

Fuente: elaboración propia.

Armado de vigas en marco 3

Siguiendo el mismo procedimiento y consideraciones planteadas anteriormente, se presenta el siguiente armado para las vigas del marco 3.

Ver plano 29/82 en apéndices.

De acuerdo con el detalle mostrado se observa que se generó continuidad entre la sección de 25 cm x 40 cm y la de 25 cm x 50 cm al proponer los 2 No. 6 corridos correspondiente al acero mínimo de $25 \times 40 = 5.7 \text{ cm}^2$, para así generar continuidad en el armado de la sección 35 x 50 utilizando la misma propuesta más otro hierro No. 6, cumpliendo con 8.55 cm^2 y para el hierro faltante se concentra este esfuerzo en los bastones y rieles No. 6.

Diseño a flexión para tramo 1, marco 4

Diagrama de envolvente de momentos

El diagrama de momentos se presenta a continuación bajo las mismas condiciones determinantes en el marco 1.

Ver planos 43, 47, 48, 49, 50/82 en apéndices.

Recordar que se pueden diseñar varios marcos a la vez (como este caso), siempre y cuando tengan simetría en sus secciones y que presenten condiciones de carga o trabajo similares. Se puede observar que para la mayoría de diagramas, el momento máximo positivo en la viga larga, se presenta en el segundo nivel de acuerdo con la redistribución de momentos que se genera.

Momentos de diseño

De acuerdo con el diagrama de momentos y el dimensionamiento en secciones de viga, se puede determinar lo siguiente:

- Las vigas ubicadas dentro de los ejes A y B, todas tienen las dimensiones de $25\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ y en una de ellas se ubican los valores máximos de momentos negativos y positivo – $14\,445\text{ kgf} \cdot \text{m}$ para los laterales y $14\,464\text{ kgf} \cdot \text{m}$ para el centro.
- Para las vigas entre ejes C y B tienen una sección de $25\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ con valores máximos desarrollados de: $-5\,504\text{ kgf} \cdot \text{m}$ para los laterales y $1\,300\text{ kgf} \cdot \text{m}$ para el centro.

Área de acero requerido

Utilizando el mismo procedimiento desarrollado en el marco 1, se resumen los cálculos en la siguiente tabla correspondientes al marco 4.

Tabla XII. **Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 4**

Momento de diseño kg _f -m	Sección cm			Recubrimiento cm	As cm ²	As min cm ²	As max cm ²	As diseño cm ²	Ubicación
14 445	25	X	50	4	13,33	5,93	28,43	13,33	Cama superior
14 464	25	X	50	4	13,34	5,93	28,43	13,34	Cama inferior
5 504	25	X	40	4	6,31	4,64	22,25	6,31	Cama superior
1 300	25	X	40	4	1,44	4,64	22,25	4,64	Cama inferior

Fuente: elaboración propia.

Armado de vigas en marco 4

Siguiendo el mismo procedimiento y consideraciones planteadas anteriormente, se presenta el siguiente armado para las vigas del marco 4.

Ver plano 29/82 en apéndices.

De acuerdo con el detalle mostrado se observa que se generó continuidad entre la sección de 25 cm x 40 cm y la de 25 cm x 50 cm al proponer los 2 No. 6 corridos correspondientes al acero mínimo de $25 \times 40 = 5,7 \text{ cm}^2$, para así generar continuidad en el armado de la sección 25 x 50 utilizando la misma propuesta más otro hierro No. 3, cumpliendo con $6,41 \text{ cm}^2$ y para el hierro faltante se concentro este esfuerzo en los bastones y rieles No. 6,4 para así chequear los $13,34 \text{ cm}^2$ de diseño.

Diseño a flexión para tramo 1, marco 5

Diagrama de envolvente de momentos

El diagrama de momentos se presenta a continuación bajo las mismas condiciones determinantes en el marco 1.

Ver plano 39/82 en apéndices.

No se debe olvidar que las vigas para este marco son secundarias y no van apoyadas en columnas, sino que van apoyadas en columnas primarias.

Además, se debe observar que los momentos máximos no sólo se ubican en las vigas del primer nivel, sino también las del segundo presentan esfuerzos determinantes en el diseño.

Momentos de diseño

De acuerdo con el diagrama de momentos y el dimensionamiento en secciones de viga, se puede determinar lo siguiente:

- Las vigas de todo el marco tienen las mismas dimensiones de 20 cm x 30 cm sin embargo, se debe observar la similitud en trabajo para las vigas que se ubican entre ejes 1-3, para ambos niveles del edificio, ubicando para el efecto deseado los valores máximos de momento negativo y positivo dentro de estos elementos, así: - 3 907 *kgf · m* para los laterales y 2 935 *kgf · m* para el centro.
- Las vigas restantes del marco no sólo tienen las mismas dimensiones, sino también se comportan bajo esfuerzos de trabajo similares, ubicando para ellas los momentos positivo y negativo máximos siguientes: -2 275 *kgf · m* para los laterales y 1 957 *kgf · m* para el centro.

Área de acero requerido

Utilizando el mismo procedimiento desarrollado en el marco 1, se resumen los cálculos en la siguiente tabla correspondientes al marco 5.

Tabla XIII. **Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 5**

Momento de diseño kgf-m	Sección cm			Recubri- miento cm	As cm ²	As min cm ²	As max cm ²	As diseño cm ²	Ubicación
3 907	20	X	30	3	6,13	2,79	13,35	6,13	Cama superior
2 935	20	X	30	3	4,52	2,79	13,35	4,52	Cama inferior
2 275	20	X	30	3	3,46	2,79	13,35	3,46	Cama superior
1 957	20	X	30	3	2,96	2,79	13,35	2,96	Cama inferior

Fuente: elaboración propia.

Armado de vigas en marco 5

Siguiendo el mismo procedimiento y consideraciones planteadas anteriormente, se presenta el siguiente armado para las vigas del marco 5.

Ver plano 30/82 en apéndices.

De acuerdo con el detalle mostrado se nota que se debe calcular primero al acero mínimo, el cual corresponde al armado corrido 1 No. 5 + 1 No. 4 igual a 3,24 cm² y que es el mismo para toda la viga, porque no cambia su sección.

Luego se diseñan los bastones y rieles necesarios, de acuerdo con la diferencia entre el acero requerido y el mínimo.

Diseño a flexión para tramo 1, marco 6

Diagrama de envolvente de momentos

El diagrama de momentos se presenta a continuación bajo las mismas condiciones determinantes en el marco 1.

Ver plano 42/82 en apéndices.

Momentos de diseño

De acuerdo con el diagrama de momentos y el dimensionamiento en secciones de viga, se puede determinar lo siguiente:

- Todas las vigas de este marco tienen una sección de 20 cm x 30 cm.
- La viga ubicada dentro del eje A al B tiene valores máximos de momento negativo y positivo $-3\,455\text{ kgf} \cdot \text{m}$ para los laterales y $2\,900\text{ kgf} \cdot \text{m}$ para el centro.
- Para la viga entre eje B y C los momentos máximos desarrollados son: $-2\,576\text{ kgf} \cdot \text{m}$ para los laterales y $625\text{ kgf} \cdot \text{m}$ para el centro.

Área de acero requerido

Utilizando el mismo procedimiento desarrollado en el marco 1, se resumen los cálculos en la siguiente tabla correspondientes al marco 6.

Tabla XIV. **Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 6**

Momento de diseño kg _r -m	Sección Cm			Recubri- miento cm	As cm ²	As min cm ²	As max cm ²	As diseño cm ²	Ubicación
		X							
3 455	20	X	30	3	5,37	2,79	13,35	5,37	Cama superior
2 900	20	X	30	3	4,46	2,79	13,35	4,46	Cama inferior
2 576	20	X	30	3	3,94	2,79	13,35	3,94	Cama superior
625	20	X	30	3	0,92	2,79	13,35	2,79	Cama inferior

Fuente: elaboración propia.

Armado de vigas en marco 6

Siguiendo el mismo procedimiento y consideraciones planteadas anteriormente, se presenta el siguiente armado para las vigas del marco 6.

Ver plano 31/82 en apéndices.

De acuerdo con el detalle mostrado se nota que igual que al marco 5, se debe calcular primero al acero mínimo, el cual corresponde al armado corrido 1 No.5 + 1 No. 4 igual a 3.24 cm² y que es el mismo para toda la viga, porque no cambia su sección.

Luego se diseñan los bastones y rieles necesarios de acuerdo con la diferencia entre el acero requerido y el mínimo.

Tramo 2

De acuerdo con la correlación previa del procedimiento de diseño, el dimensionamiento para el segundo tramo quedó de la siguiente manera.

Ver plano 25/82 en apéndices.

Los criterios de dimensionamiento son los mismos adoptados para el tramo uno.

Marcos estructurales de diseño

Contando con la información anterior, se procede a analizar los marcos similares de diseño con base a su geometría y condiciones de carga, quedando establecidos de la siguiente manera, numerando sobre la base del tramo 1.

Marco 7: este marco de diseño se ubica sobre el plano del eje 1, con un largo del eje D al J y guarda similitud con el marco ubicado sobre el plano del eje 3 y 4 de acuerdo al criterio de geometría. Lo componen vigas primarias apoyadas sobre columnas.

Marco 8: este marco de diseño se ubica sobre el plano del eje D, con un largo del eje 1 al 4 y guarda similitud con el marco ubicado sobre los planos del eje E, F, G, H, I y J de acuerdo con criterio de geometría. Lo componen vigas primarias apoyadas sobre columnas.

Marco 9: este marco se ubica sobre el plano del eje 2, con un largo del eje D al J. Compuesto por vigas secundarias apoyadas sobre vigas primarias.

De acuerdo con los marcos mencionados se realiza el diseño a flexión para cada uno de ellos de manera independiente.

Diseño a flexión para tramo 2, marco 7

Diagrama de envolvente de momentos

El diagrama de momentos se presenta a continuación bajo las mismas condiciones determinantes en el marco 1.

Ver plano 40, 45,46/82 en apéndices.

Momentos de diseño

De acuerdo con el diagrama de momentos y el dimensionamiento en secciones de viga, determinar lo siguiente:

- Todas las vigas de este marco tienen una sección de 25 cm x 40 cm.
- Las vigas ubicadas dentro de los ejes D-E; I-J son similares en el trabajo que desarrollan y tiene valores máximos de momento negativo y positivo de $-4\ 363\ \text{kgf} \cdot \text{m}$ para los laterales y $1\ 700\ \text{kgf} \cdot \text{m}$ para el centro; además se debe notar que según el diagrama el momento en los laterales debe ser similar en las dos camas, es decir, $\pm 4\ 363\ \text{kgf} \cdot \text{m}$.

- Las vigas entre ejes E-F y H-I, también son similares en trabajo y los momentos máximos desarrollados son: - 6 151 $\text{kgf} \cdot \text{m}$ para los laterales y 4 482 $\text{kgf} \cdot \text{m}$ para el centro.
- Las vigas restantes, entre ejes F-H guardan trabajos similares con momentos máximos de: -4 918 $\text{kgf} \cdot \text{m}$ y 2 283 $\text{kgf} \cdot \text{m}$, para los laterales y el centro de la viga, correspondientemente.

Área de acero requerido

Utilizando el mismo procedimiento desarrollado en el marco 1, se resumen los cálculos en la siguiente tabla correspondientes al marco 7.

Tabla XV. **Resumen características del elemento área de acero y su ubicación marco 7**

Momento de diseño Kg-m	Sección Cm			Recubri- miento cm	As cm ²	As min cm ²	As max cm ²	As diseño cm ²	Ubicación
4 363	25	X	40	4	4,95	4,64	22,25	4,95	Cama superior
1 700	25	X	40	4	1,89	4,64	22,25	4,64	Cama inferior
6 151	25	X	40	4	7,08	4,64	22,25	7,08	Cama superior
4 482	25	X	40	4	5,09	4,64	22,25	5,09	Cama inferior
4 918	25	X	40	4	5,61	4,64	22,25	5,61	Cama superior
2 283	25	X	40	4	2,55	4,64	22,25	4,64	Cama Inferior

Fuente: elaboración propia.

Armado de vigas en marco 7

Siguiendo el mismo procedimiento y consideraciones planteadas anteriormente, se presenta el siguiente armado para las vigas del marco 7.

Ver plano 32/82 en apéndices.

De acuerdo con el detalle mostrado se calcula primero al acero mínimo, el cual corresponde a 2 No. 6 igual a $5,7 \text{ cm}^2$ y que es el mismo para toda la viga, porque no cambia su sección.

Luego se diseñó el bastón No. 5, con la diferencia de $7,08 \text{ cm}^2$ (acero de diseño) y $5,7 \text{ cm}^2$ (acero mínimo).

Diseño a flexión para tramo 2, marco 8

Diagrama de envolvente de momentos

El diagrama de momentos se presenta a continuación bajo las mismas condiciones determinantes en el marco 1.

Ver plano 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57/82 en apéndices.

Momentos de diseño

De acuerdo con el diagrama de momentos y el dimensionamiento en secciones de viga, se determina lo siguiente:

- Las vigas ubicadas dentro de los ejes 1-3, sobre los planos D, E, F, G, H, I y J son similares en su trabajo estructural, con una sección de 25 cm x 50 cm y desarrollan valores máximos de momento negativo y positivo de $-13\ 518 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ para los laterales y $12\ 944 \text{ kgf} \cdot \text{m}$ para el centro.

- Las vigas restantes, ubicadas entre ejes 3-4, sobre los planos D, E, F, G, H, I y J son también similares, con una sección de 25 cm x 40 cm, con valores máximos de momento negativo y positivo de -6 113 kgf · m para los laterales y 2 500 kgf · m para el centro.

Área de acero requerido

Utilizando el mismo procedimiento desarrollado en el marco 1, se resumen los cálculos en la siguiente tabla correspondientes al marco 8.

Tabla XVI. **Resumen características del elemento área de acero y ubicación marco 8**

Momento de diseño Kg _f -m	Sección cm			Recubrimiento cm	As cm ²	As min cm ²	As max cm ²	As diseño cm ²	Ubicación
13 518	25	X	50	4	12,41	5,93	28,43	12,41	Cama superior
12 944	25	X	50	4	11,84	5,93	28,43	11,84	Cama inferior
6 113	25	X	40	4	7,04	4,64	22,25	7,04	Cama superior
2 500	25	X	40	4	2,80	4,64	22,25	4,64	Cama inferior

Fuente: elaboración propia.

Armado de vigas en marco 8

Siguiendo el mismo procedimiento y consideraciones planteadas anteriormente, se presenta el siguiente armado para las vigas del marco 8.

Ver plano 33/82 en apéndices.

Como se observa el armado, se procedió al cálculo del acero mínimo, correspondiente a 2 No. 6 para las vigas de 25 x 40 y se le dio continuidad a las vigas de 25 x 50 colocando 1 No. 4 extra. Luego de ello, se procedió a restar (según la sección) el acero de diseño menos el mínimo colocado, dando esta diferencia los bastones y rieles No. 6 restantes.

Diseño a flexión para tramo 2, marco 9

Diagrama de envolvente de momentos

El diagrama de momentos se presenta a continuación bajo las mismas condiciones determinantes en el marco 1.

Ver plano 41/82 en apéndices.

Momentos de diseño

De acuerdo con el diagrama de momentos y el dimensionamiento en secciones de viga, se puede determinar lo siguiente:

- Todas las vigas de este marco tienen una sección de 20 cm x 30 cm.
- Las vigas ubicadas dentro de los ejes D-E; I-J son similares en el trabajo que desarrollan y tiene valores máximos de momento negativo y positivo de $-1\,979\text{ kgf} \cdot m$ para los laterales y $1\,270\text{ kgf} \cdot m$ para el centro.
- Las vigas entre ejes E-F y H-I, también son similares en trabajo y los momentos máximos desarrollados en ellas son: $3\,129\text{ kgf} \cdot m$ para los laterales y $2\,431\text{ kgf} \cdot m$ para el centro.

- Las vigas restantes, entre ejes F-H guardan trabajos similares con momentos máximos de: $-2\,779\text{ kgf} \cdot \text{m}$ y $1\,213\text{ kgf} \cdot \text{m}$, para los laterales y el centro de la viga, correspondiente.

Área de acero requerido

Utilizando el mismo procedimiento desarrollado en el marco 1, se resumen los cálculos en la siguiente tabla correspondientes al marco 9.

Tabla XVII. **Resumen características del elemento área de acero y ubicación marco 9**

Momento de diseño kg-m	Sección cm			Recubrimiento cm	As cm ²	As min cm ²	As max cm ²	As diseño cm ²	Ubicación
1 979	20	X	30	3	3,00	2,79	13,35	3,00	Cama superior
1 270	20	X	30	3	1,90	2,79	13,35	2,79	Cama inferior
3 129	20	X	30	3	4,84	2,79	13,35	4,84	Cama superior
2 431	20	X	30	3	3,71	2,79	13,35	3,71	Cama inferior
2 779	20	X	30	3	4,27	2,79	13,35	4,27	Cama superior
1 213	20	X	30	3	1,81	2,79	13,35	2,79	Cama inferior

Fuente: elaboración propia.

Armado de vigas en marco 9

Siguiendo el mismo procedimiento y consideraciones planteadas anteriormente, se presenta el siguiente armado para las vigas del marco 9.

Ver plano 34/82 en apéndices.

De acuerdo con el detalle mostrado se calcula primero al acero mínimo, el cual corresponde a 1 No.5 + 1 No.4 igual a $3,25 \text{ cm}^2$ y que es el mismo para toda la viga, porque no cambia su sección.

Luego se diseñó el bastón No. 5, con la diferencia de $4,84 \text{ cm}^2$ (acero de diseño) y $3,25 \text{ cm}^2$ (acero mínimo). De igual manera se calculó el riel No. 3.

3.2.4.2. Diseño a corte

Además de cumplir con las exigencias de flexión, las vigas deben poseer una seguridad contra la rotura prematura producida por tracción diagonal en el concreto, resultante de la combinación de los esfuerzos cortantes y de la tensión longitudinal de flexión. Las vigas pueden ser proyectadas con secciones suficientemente grandes para que el concreto resista toda la tracción diagonal. Sin embargo, se conseguirá generalmente un proyecto más económico si se utilizan secciones más pequeñas con una armadura suplementaria en el alma de la viga.

El refuerzo por cortante restringe la formación de agrietamiento inclinado y, por consiguiente, aumenta la ductilidad y advierte el peligro de falla. De lo contrario, en un alma sin refuerzo, la formación súbita del agrietamiento inclinado puede conducir directamente a una falla repentina.

Este refuerzo resulta de gran valor si un elemento es sometido a una fuerza de tracción imprevista o a una sobrecarga. Por lo tanto, siempre que la cortante mayorada (V_u), sea mayor que la resistencia del concreto (V_c , reducido) se requiere un área mínima de refuerzo igual a la tensión cortante en exceso, la cual se calcula con:

$$s = \frac{A_v f'y}{(V_u - V_c)b_w}$$

Donde s es la separación de los estribos, $f'y$ es la resistencia del acero, V_u es el esfuerzo cortante mayorado, V_c la resistencia al concreto reducida y b_w la base gruesa de la viga (con recubrimientos).

El esfuerzo al corte mayorado deriva del diagrama de cortes bajo todas las combinaciones de resistencia requerida; la resistencia al concreto viene dada por $V_c = 0,5 \cdot 0,75 \cdot \sqrt{f'c}$, ambas en kgf/cm^2

Aun cuando V_u sea menor que V_c es recomendable el empleo de algún tipo de armadura, como mínimo el código exige que esté separada de manera que cualquier línea trazada a 45° , que representa a un potencial fisura diagonal, trazada desde la mitad del canto $d/2$ del elemento hasta las barras longitudinales de tracción, cruzada por lo menos por una barra de la armadura transversal.

Además, de las consideraciones antes mencionadas se debe cumplir con las disposiciones especiales para el diseño sísmico, que según el código ACI indica que para el refuerzo transversal en marcos ubicados en zonas sísmicas, deben disponerse estribos cerrados de confinamiento en una longitud igual a dos veces la altura del elemento, medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento a flexión. El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 50 mm de la cara del apoyo y de los estribos de confinamiento no debe exceder el menor de: $d/4$, ocho veces el diámetro de las barras longitudinales más pequeñas (\varnothing_L), 24 veces el diámetro de la barra del estribo de confinamiento (\varnothing_E) y 300 mm.

Utilizando cada uno de los criterios y ecuaciones presentadas, se realizó el siguiente proceso de diseño:

- Con base en la selección de marcos en diseño a flexión, se realizaron los diagramas de cortes mayorados, para determinar de esta manera los cortes máximos mayorados y su ubicación dentro de la viga.
- Los cortes máximos mayorados se comparan con el esfuerzo cortante reducido que soporta el concreto y se determina su diferencia positiva, si existiera.
- Se determinan las zonas de confinamiento y las no confinadas.
- Para zonas no confinadas, si existe diferencia entre cortes, se calcula la separación de estribos con la fórmula presentada, de lo contrario, la separación será la máxima ($d/2$).

- Para zonas confinadas, sí existe diferencia entre cortes, se calcula la separación de estribos y luego se compara con los mínimos especificados, siendo el mínimo de todosm, la separación del armado. Si no existe diferencia, se tomará el menor de los mínimos especificados en el código.
- Finalmente se armará la viga de acuerdo con las separaciones encontradas.

De acuerdo con el proceso de diseño descrito se presenta el procedimiento para cada uno de los tramos y marcos, correspondientes.

Tramo 1

Los criterios de dimensionamiento y marcos estructurales de diseño son los mismos usados en flexión.

Diseño a corte para tramo 1, marco 1

Diagrama de cortes mayorados

Con base en el análisis estructural, se presenta el diagrama de esfuerzos cortantes mayorados, para el marco 1, sobre el cual se colocaron únicamente los valores de corte máximos que presentan sus elementos.

Ver plano 71/82 en apéndices.

Cortes de diseño

De acuerdo con el diagrama de cortante y el dimensionamiento en secciones de viga, se pueden determinar los siguientes valores de diseño:

- Las vigas ubicadas dentro de los ejes 1 al 3 tienen las mismas dimensiones de $35\text{ cm} \times 50\text{ cm}$, y dentro de ellas se ubica el valor máximo de cortante, correspondiente a $8\,389\text{ kgf} \cdot \text{m}$ ubicado en los laterales de la viga y por ende en la zona de confinamiento.
- Para las demás vigas del marco, todas coinciden con una sección de $25\text{ cm} \times 40\text{ cm}$, ubicando un cortante máximo de $3\,609\text{ kgf} \cdot \text{m}$ en los laterales y por ende en la zona de confinamiento.

Separaciones de diseño

De acuerdo con los anteriores valores de diseño al corte, se nota que el cortante requerido por las cargas mayoradas solamente se presenta en los laterales siendo una afirmación congruente, debiendo chequear en ellas los requerimientos de refuerzo confinado. Sin embargo, en las partes centrales de la viga, el esfuerzo cortante es pequeño y por tanto no representativo para el análisis de separación, de esta cuenta solamente se debe colocar la separación máxima $d/2$.

Para ejemplificar el procedimiento para el cálculo de la separación de diseño, se desarrolló el primer corte de diseño: $8\,389\text{ kgf} \cdot \text{m}$ a continuación.

Primero se determinó la zona de confinamiento (ZC) según requisito sísmico, consistente en la longitud medida desde la cara de los elementos de apoyo.

$$ZC = 2D_w = 2 \times 50 \text{ cm} = 100 \text{ cm} = 1 \text{ m}$$

Donde d_w es la altura gruesa de la viga.

Luego se calcula la separación requerida por el corte mayorado, usando estribos No. 3, siendo así:

$$V_u = \frac{8\,389 \text{ kgf}}{b_w \cdot d} = \frac{8\,389 \text{ kgf}}{35 \text{ cm} \cdot 46 \text{ cm}} = 5,21 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$V_c = 0,5 \cdot 0,75 \cdot \sqrt{281 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} = 6,29 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$s = \frac{A_v f'_y}{(V_u - V_c) b_w} = \frac{2 \cdot 0,71 \text{ cm}^2 \cdot 2\,810 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{\left(5,21 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} - 6,29 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}\right) 35 \text{ cm}} = -105 \text{ cm}$$

Siendo, A_v el área de acero del estribo (No. 3) y se multiplica por 2, porque dos ramas del mismo atraviesan la sección transversal en la dirección del corte.

El signo negativo indica que el corte resistido por el concreto es mayor que el corte mayorado de diseño y por ende no es necesario colocar estribos.

Sin embargo, como se ubica en una sección confinada, los requisitos máximos de armado sísmico son:

$$\frac{d}{4} = \frac{46 \text{ cm}}{4} = 11,5 \text{ cm}$$

$$8 \cdot (\phi_L) = 8 \cdot 1,9 \text{ cm} = 15,2 \text{ cm}$$

$$24 \cdot (\phi_E) = 24 \cdot 0,95 \text{ cm} = 22,8 \text{ cm}$$

30 cm

Siendo el menor entre los requisitos y la separación requerida: **11,5 cm**, siendo esta la separación del armado S_a en una longitud de 1 metro desde los apoyos.

De acuerdo con el mismo procedimiento se presenta el siguiente cuadro de resumen con los datos calculados para cada corte de diseño.

Tabla XVIII. **Resumen características del elemento área de acero y ubicación marco 10**

Corte de diseño Kg _f	Sección cm			Rec. cm	As cm ²	ZC M	Vu kg _f /cm ²	Vc Kg _f /cm ²	S cm	Requisitos sísmicos (cm)				Sa cm
										d/4	8 φ _L	24 φ _E	30 cm	
8 389	35	X	50	4	1,42	1,0	5,21	6,29	106,0	11,5	15,2	22,8	30,0	11,5
3 609	25	X	40	4	1,42	0,8	4,01	6,29	-70,1	9,0	15,2	22,8	30,0	9,0

Fuente: elaboración propia.

Armado de vigas en marco 1

De acuerdo con las separaciones de diseño para el armado en corte, se adjuntó dicha información en el detalle a flexión quedando el detalle final plasmado en el plano 29/82 de los apéndices.

Describiendo el armado, se nota que el primer estribo siempre estará a los 5 cm, luego se colocarán los estribos de confinamiento a la distancia calculada y distribuida sobre toda la zona de confinamiento; finalmente, los estribos restantes se colocan espaciados al máximo permisible $d/2$.

Diseño a corte para tramo 1, marco 2

Diagrama de cortes mayorados

Con base en el análisis estructural, se presenta el diagrama de esfuerzos cortantes mayorados, para el marco 2, sobre el cual se colocaron únicamente los valores de corte máximos que presentan sus elementos.

Ver plano 72, 73/82 en apéndices.

Cortes de diseño

De acuerdo con el diagrama de cortante y el dimensionamiento en secciones de viga, se pueden determinar los siguientes valores de diseño:

- Las vigas ubicadas dentro de los ejes 1 al 3 tienen las mismas dimensiones de 25 cm x 50 cm, y dentro de ellas se ubica el valor máximo de cortante, correspondiente a 12 608 kgf · m ubicado en los laterales de la viga y por ende en la zona de confinamiento.
- Para las demás vigas del marco, todas coinciden con una sección de 25 cm x 40 cm, ubicando un cortante máximo de 5 821 kgf · m en los laterales y por ende en la zona de confinamiento.

Separaciones de diseño

De acuerdo con el procedimiento presentado en el marco 1 se muestra el siguiente cuadro de resumen con los datos calculados para cada corte de diseño correspondiente al marco 2.

Tabla XIX. **Resumen características del elemento área de acero y ubicación marco 11**

Corte de diseño kg _f	Sección			Rec.	As	ZC	Vu	Vc	S	Requisitos sísmicos (cm)				Sa
	cm	cm	cm							d/4	8 ∅ _L	24 ∅ _E	30 cm	
12 608	25	X	50	4	1,42	1,0	10,96	6,29	34,12	11,5	15,2	22,8	30	11,5
b5 821	25	X	40	4	1,42	0,8	6,47	6,29	878,7	9,0	15,2	22,8	30	9,0

Fuente: elaboración propia.

Armado de vigas en marco 2

De acuerdo con las separaciones de diseño para el armado en corte, se adjuntó dicha información en el detalle a flexión quedando el detalle final del armado como se presenta en el plano 30/82 en apéndices.

Diseño a corte para tramo 1, marco 3

Diagrama de cortes mayorados

Con base en el análisis estructural, se presenta el diagrama de esfuerzos cortantes mayorados, para el marco 3, sobre el cual se colocaron únicamente los valores de corte máximos que presentan sus elementos.

Ver plano 39/82 en apéndices.

Cortes de diseño

De acuerdo con el diagrama de cortante y el dimensionamiento en secciones de viga, se puede determinar lo siguientes valores de diseño:

- Las vigas ubicadas dentro de los ejes B al C tiene las mismas dimensiones de $25\text{ cm} \times 40\text{ cm}$, y dentro de ellas se ubica el valor máximo de cortante, correspondiente a $4\,447\text{ kgf} \cdot \text{m}$ ubicado en los laterales de la viga y por ende en la zona de confinamiento.
- Para las demás vigas del marco, coincide una sección de $35\text{ cm} \times 50\text{ cm}$, ubicando un cortante máximo de $8\,879\text{ kgf} \cdot \text{m}$ en los laterales y por ende en la zona de confinamiento.

Separaciones de diseño

De acuerdo con el procedimiento mostrado en el marco 1 se presenta el siguiente cuadro de resumen con los datos calculados para cada corte de diseño correspondiente al marco 3.

Tabla XX. **Resumen características del elemento área de acero y ubicación**

Corte de Diseño	Sección			Rec.	As	ZC	Vu	Vc	S	Requisitos sísmicos (cm)				Sa	
	cm	cm	cm ²							M	kgf/cm ²	kgf/cm ²	cm		d/4
4 447	25	X	40	4	1,42	0,8	4,94	6,29	119	-	9,0	15,2	22,8	30	9,0
8 879	35	X	50	4	1,42	1	5,51	6,29	148	-	11,5	15,2	22,8	30	11,5

Fuente: elaboración propia.

Armado de vigas en marco 3

De acuerdo con las separaciones de diseño para el armado en corte, se adjuntó dicha información en el detalle a flexión quedando el detalle final del armado como se presenta en el plano 29/82.

Diseño a corte para tramo 1, marco 4

Diagrama de cortes mayorados

Con base en el análisis estructural, se presenta el diagrama de esfuerzos cortantes mayorados, para el marco 4, sobre el cual se colocaron únicamente los valores de corte máximos que presentan sus elementos.

Ver plano 60, 65, 66, 67, 68, 69/82 en apéndices.

Cortes de diseño

De acuerdo con el diagrama de cortante y el dimensionamiento en secciones de viga, se pueden determinar los siguientes valores de diseño:

- Las vigas ubicadas dentro de los ejes B al C tienen las mismas dimensiones de 25 cm x 40 cm y dentro de ellas se ubica el valor máximo de cortante, correspondiente a 5 578 $kgf \cdot m$ en los laterales de la viga y por ende en la zona de confinamiento.
- Para las demás vigas del marco, coincide una sección de 25 cm x 50 cm, ubicando un cortante máximo de 13 806 $kgf \cdot m$ en los laterales y por ende en la zona de confinamiento.

Separaciones de diseño

De acuerdo con el procedimiento presentado en el marco 1 se muestra el siguiente cuadro de resumen con los datos calculados para cada corte de diseño correspondiente al marco 4.

Tabla XXI. **Resumen características del elemento área de acero y ubicación marco 4 a corte**

Corte de diseño kg _r	Sección cm			Rec. cm	As cm ²	ZC M	Vu kg/cm ²	Vc kg/cm ²	S Cm	Requisitos sísmicos (cm)				Sa cm
	d/4	8 Ø _L	24 Ø _E							30 cm				
5 578	25	X	40	4	1,42	0,8	6,20	6,29	-1806,0	9,0	15,2	22,8	30	9,0
13 806	25	X	50	4	1,42	1,0	12,01	6,29	27,91	11,5	15,2	22,8	30	11,5

Fuente: elaboración propia.

Armado de vigas en marco 4

De acuerdo con las separaciones de diseño para el armado en corte, se adjuntó dicha información en el detalle a flexión quedando el detalle final del armado como se presenta en el plano 31/82 en apéndices.

Diseño a corte para tramo 1, marco 5

Diagrama de cortes mayorados

Con base en el análisis estructural, se presenta el diagrama de esfuerzos cortantes mayorados, para el marco 5, sobre el cual se colocaron únicamente los valores de corte máximos que presentan sus elementos.

Ver plano 70/82 en apéndices.

Cortes de diseño

De acuerdo con el diagrama de cortante y el dimensionamiento en secciones de viga, se puede determinar los siguientes valores de diseño:

- Las vigas ubicadas dentro de los ejes 1 al 3 tienen las mismas dimensiones de 20 *cm* x 30 *cm*, y dentro de ellas se ubica el valor máximo de cortante, correspondiente a 3 577 *kgf · m* ubicado en los laterales de la viga y por ende en la zona de confinamiento.
- Para las demás vigas del marco, coincide una sección de 20 *cm* x 30 *cm*, ubicando un cortante máximo de 3 045 *kgf · m* en los laterales y por ende en la zona de confinamiento.

Separaciones de diseño

De acuerdo con el procedimiento muestra en el marco 1 se muestra el siguiente cuadro de resumen con los datos calculados para cada corte de diseño correspondiente al marco 5.

Tabla XXII. **Características del elemento marco 5 a corte**

Corte de diseño	Sección			Rec.	As	ZC	Vu	Vc	s	Requisitos sísmicos (cm)				Sa
										d/4	8 ϕ_L	24 ϕ_E	30 cm	
Kg _f	cm			cm	cm ²	M	kg _f /cm ²	kg _f /cm ²	cm					cm
3 577	20	X	30	3,0	1,42	0,6	6,62	6,29	590,4	6,75	15,2	22,8	30,0	6,75
3 045	20	X	30	3,0	1,42	0,6	5,64	6,29	308,0	6,75	15,2	22,8	30,0	6,75

Fuente: elaboración propia.

Armado de vigas en marco 5

De acuerdo con las separaciones de diseño para el armado en corte, se adjuntó dicha información en el detalle a flexión quedando el detalle final del armado como se presenta en los apéndices.

Diseño a corte para tramo 1, marco 6

Diagrama de cortes mayorados

Con base en el análisis estructural, se presenta el diagrama de esfuerzos cortantes mayorados, para el marco 6, sobre el cual se colocaron únicamente los valores de corte máximos que presentan sus elementos.

Ver plano 58/82 de apéndices.

Cortes de diseño

De acuerdo con el diagrama de cortante y el dimensionamiento en secciones de viga, se pueden determinar los siguientes valores de diseño:

- Las vigas ubicadas dentro de los ejes B al C tienen las mismas dimensiones de 20 *cm* x 30 *cm*, y dentro de ellas se ubica el valor máximo de cortante, correspondiente a 2 552 *kgf · m* ubicado en los laterales de la viga y por ende en la zona de confinamiento.
- Para las demás vigas del marco, coincide una sección de 20 *cm* x 30 *cm*, ubicando un cortante máximo de 3 364 *kgf · m* en los laterales y por ende en la zona de confinamiento.

Separaciones de diseño

De acuerdo con el procedimiento presentado en el marco 1 se muestra el siguiente cuadro de resumen con los datos calculados para cada corte de diseño correspondiente al marco 6.

Tabla XXIII. **Características del elemento, marco 6 a corte**

Corte de diseño	Sección			Rec.	As	ZC	Vu	Vc	S	Requisitos sísmicos (cm)				Sa
										d/4	8 ϕ_L	24 ϕ_E	30 cm	
Kg _f	cm			cm	cm ²	M	kg _f /cm ²	kg _f /cm ²	cm					cm
2 552	20	X	30	3,0	1,42	0,6	4,73	6,29	-128	6,75	15,2	22,8	30,0	6,75
3 364	20	X	30	3,0	1,42	0,6	6,23	6,29	-3 530	6,75	15,2	22,8	30,0	6,75

Fuente: elaboración propia.

Armado de vigas en marco 6

De acuerdo con las separaciones de diseño para el armado en corte, se adjuntó dicha información en el detalle a flexión quedando el detalle final del armado como se presenta en los apéndices.

Tramo 2

Diseño a corte para tramo 2, marco 7

Diagrama de cortes mayorados

Con base en el análisis estructural, se presenta el diagrama de esfuerzos cortantes mayorados, para el marco 7, sobre el cual se colocaron únicamente los valores de corte máximos que presentan sus elementos.

Ver plano 40, 63, 64/82 en apéndices.

Cortes de diseño

De acuerdo con el diagrama de cortante y el dimensionamiento en secciones de viga, se pueden determinar los siguientes valores de diseño:

- Las vigas ubicadas dentro de los ejes D-E; I-J tienen las mismas dimensiones de $25\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ con trabajos similares y dentro de ellas se ubica el valor máximo de cortante, correspondiente a $5\,190\text{ kgf}$ ubicado en los laterales de la viga y por ende en la zona de confinamiento.
- Las vigas ubicadas dentro de los ejes E-F y H-I tienen las mismas dimensiones de $25\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ con trabajos similares y dentro de ellas se ubica el valor máximo de cortante, correspondiente a $7\,414\text{ kgf} \cdot m$ ubicado en los laterales de la viga y por ende en la zona de confinamiento.
- Para las demás vigas del marco, coincide una sección de $25\text{ cm} \times 40\text{ cm}$, ubicando un cortante máximo de $5\,314\text{ kgf} \cdot m$ en los laterales y por ende en la zona de confinamiento.

Separaciones de diseño

De acuerdo con el procedimiento en el marco 1 se muestra el siguiente cuadro de resumen con los datos calculados para cada corte de diseño correspondiente al marco 7.

Tabla XXIV. **Características del elemento marco 7 a corte**

Corte de diseño Kg _f	Sección cm			Rec. cm	As cm ²	ZC M	Vu kg _f /cm ²	Vc kg _f /cm ²	S cm	Requisitos sísmicos (cm)				Sa cm
										d/4	8 Ø _L	24 Ø _E	30 cm	
5 190	25	X	40	4,0	1,42	0,8	5,77	6,29	-370,0	9,0	15,2	22,8	30,0	9,0
7 414	25	X	40	4,0	1,42	0,8	8,24	6,29	81,78	9,0	15,2	22,8	30,0	9,0
5 314	25	X	40	4,0	1,42	0,8	5,90	6,29	-418,0	9,0	15,2	22,8	30,0	9,0

Fuente: elaboración propia.

Armado de vigas en marco 7

De acuerdo con las separaciones de diseño para el armado en corte, se adjuntó dicha información en el detalle a flexión quedando el detalle final del armado como se presenta en los apéndices.

Diseño a corte para tramo 2, marco 8

Diagrama de cortes mayorados

Con base en el análisis estructural, se presenta el diagrama de esfuerzos cortantes mayorados, para el marco 8, sobre el cual se colocaron únicamente los valores de corte máximos que presentan sus elementos.

Ver plano 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57/82 en apéndices.

Cortes de diseño

De acuerdo con el diagrama de cortante y el dimensionamiento en secciones de viga, se pueden determinar los siguientes valores de diseño:

- Las vigas ubicadas dentro de los ejes 1 al 3 tienen las mismas dimensiones de 25 cm x 50 cm y dentro de ellas se ubica el valor máximo de cortante, correspondiente a 12 679 kgf · m ubicado en los laterales de la viga y por ende en la zona de confinamiento.
- Para las demás vigas del marco, coincide una sección de 25 cm x 40 cm, ubicando un cortante máximo de 6 089 kgf · m en los laterales y por ende en la zona de confinamiento.

Tabla XXV. **Características del elemento marco 8 a corte**

Corte de diseño kgf	Sección cm			Rec. cm	As cm ²	ZC M	Vu kgf/cm ²	Vc kgf/cm ²	S cm	Requisitos sísmicos (cm)				Sa cm
	d/4	8 Ø _L	24 Ø _E							30 cm				
12 679	25	X	50	4	1,42	1,0	1 103	6,29	33,68	11,5	15,2	22,8	30,0	11,5
6 089	25	X	40	4	1,42	0,8	6,77	6,29	332,9	9,0	15,2	22,8	30,0	9,0

Fuente: elaboración propia.

Separaciones de diseño

De acuerdo con el procedimiento en el marco 1 se muestra el siguiente cuadro de resumen con los datos calculados para cada corte de diseño correspondiente al marco 8.

Armado de vigas en marco 8

De acuerdo con las separaciones de diseño para el armado en corte, se adjuntó dicha información en el detalle a flexión quedando el detalle final del armado como se presenta en los apéndices.

Diseño a corte para tramo 2, marco 9

Diagrama de cortes mayorados

Con base en el análisis estructural, se presenta el diagrama de esfuerzos cortantes mayorados, para el marco 9, sobre el cual se colocaron únicamente los valores de corte máximos que presentan sus elementos.

Ver plano 59/82 en apéndices.

Cortes de diseño

De acuerdo con el diagrama de cortante y el dimensionamiento en secciones de viga, se pueden determinar los siguientes valores de diseño:

- Las vigas ubicadas dentro de los ejes D-E; I-J tienen las mismas dimensiones de 20 cm x 30 cm con trabajos similares y dentro de ellas se ubica el valor máximo de cortante, correspondiente a 2 494 *kgf · m* ubicado en los laterales de la viga y por ende en la zona de confinamiento.
- Las vigas ubicadas dentro de los ejes E-F y H-I tienen las mismas dimensiones de 20 cm x 30 cm con trabajos similares y dentro de ellas se ubica el valor máximo de cortante, correspondiente a 3 311 *kgf · m* ubicado en los laterales de la viga y por ende en la zona de confinamiento.
- Para las demás vigas del marco, coincide una sección de 20 cm x 30 cm, ubicando un cortante máximo de 2 816 *kgf · m* en los laterales y por ende en la zona de confinamiento.

Corte de diseño kgf	Sección			Rec. Cm	As cm ²	ZC m	Vu kgf/cm ²	Vc kgf/cm ²	s cm	Requisitos sísmicos (cm)				Sa cm
	20	X	30							d/4	8 ØL	24 ØE	30 cm	
2 494	20	X	30	3,0	1,42	0,6	4,62	6,29	-120	6,75	15,2	22,8	30,0	6,75
3 311	20	X	30	3,0	1,42	0,6	6,13	6,29	-1 290	6,75	15,2	22,8	30,0	6,75
2 816	20	X	30	3,0	1,42	0,6	5,21	6,29	-186	6,75	15,2	22,8	30,0	6,75

Tabla XXVI. **Característica del elemento marco 9 a corte**

Fuente: elaboración propia.

Separaciones de diseño

De acuerdo con el procedimiento presentado en el marco 1 se presenta el siguiente cuadro de resumen con los datos calculados para cada corte de diseño correspondiente al marco 9.

Armado de vigas en marco 9

De acuerdo con las separaciones de diseño para el armado en corte, se adjuntó dicha información en el detalle a flexión quedando el detalle final del armado como se presenta en los apéndices.

3.2.5. Diseño de columnas

Se define el término columna como el elemento estructural sometido a fuerzas axiales de compresión sin tener en cuenta si los cálculos de proyecto indican que se halle presente una flexión simultánea.

De acuerdo con el armado, se pueden evidenciar dos cálculos para su respectivo diseño, como el refuerzo longitudinal y transversal, los cuales derivan de los respectivos diagramas de fuerza axial mayorada y envolvente de momentos en las dos direcciones locales de la columna, para el caso longitudinal; así como, los diagramas de cortes mayorados para refuerzo transversal (estribos).

Tomando en cuenta las anteriores consideraciones y los requisitos del código ACI se realizó el diseño respectivo, de acuerdo con los siguientes procedimientos.

3.2.5.1. Diseño de refuerzo longitudinal

Como ya se mencionó, los esfuerzos que determinan el refuerzo longitudinal de las columnas son las fuerzas axiales mayoradas y la envolvente de momentos en las dos direcciones del área transversal del elemento.

De acuerdo con lo anterior resulta obvio (al igual que en los elementos vigas o losas), que es muy laborioso y poco representativo el diseño de todos y cada uno de los elementos por separado; por tanto, se consideró tomar rangos de valores que determinarán el comportamiento de un número definido de columnas tomando como referencia sus diagramas de fuerzas axiales y envolvente de momentos (ver gráficas de fuerzas axiales y envolvente de momentos para tramo 1 y 2) y con base en ello, se les asignó el mismo diseño, tanto para los elementos del tramo 1, como el tramo 2, los cuales se establecieron de la siguiente manera:

Tabla XXVII. **Fuerzas auxiliares y envolvente de momentos**

Rango No.	Sección (cm)	Fuerza axial última (Kg _f)	Momento último en eje 2-2 (Kg _f -m)	Momento último en eje 3-3 (Kg _f -m)
1	40 X 40	30 000	4 500	3 700
2	40 X 40	60 000	6 600	5 600
3	40 X 40	80 000	8 000	8 000

Fuente: elaboración propia.

La selección establecida responde para los elementos de primer nivel, los cuales tendrán continuidad en el segundo nivel debido a que en este se presentan menores fuerzas axiales pero mayores momentos, por lo cual se estableció como criterio imparcial esta selección.

Con los valores de diseño se realizó el procedimiento correspondiente de acuerdo con lo establecido en el código para columnas con fuerza axial y 2 momentos, realizando el diagrama de interacción para un armado inicial y luego colocar los valores de diseño para su chequeo dentro del diagrama.

Así, de manera consecuente, el primer diagrama de interacción que se presenta es el del acero mínimo, el cual se ejemplifica a continuación:

Datos de diseño

Sección: 40 x 40 cm

Recubrimiento: 4 cm al centro de la varilla

Acero propuesto

En este caso será el acero mínimo y luego se irá incrementando:

$$A_{s_{\min}} = 0,01 A_g = 0,01 \cdot 40 \text{ cm} \cdot 40 \text{ cm} = 16 \text{ cm}^2$$

Donde A_g es el área gruesa de la sección y por lo cual un armado de 4 No. 6 + 4 No. 5 dan un área de acero de 19 cm², para cubrir el mínimo.

Luego se verifica que el armado no exceda el acero máximo, así:

$$A_{s_{\min}} = 0,08 A_g = 0,01 \cdot 40 \text{ cm} \cdot 40 \text{ cm} = 128 \text{ cm}^2$$

Donde $128 \text{ cm}^2 > 19 \text{ cm}^2$ y por tanto verificar.

Con base en los anteriores datos se calcula el diagrama interacción que cuenta de manera general con tres puntos clave; en primer lugar, puntos de comprensión pura correspondiente al eje de las abscisas; en segundo lugar, el punto de flexión pura para las ordenadas; y como punto de unión, el punto de falla balanceada, lo cual se presenta a continuación.

Comprensión pura

Se calcula con la siguiente fórmula propuesta en el código ACI 318, así:

$$P_1 = \phi [0,85 f'_c A_g + f'_y A_s]$$

Donde f'_c y f'_y definen los esfuerzos a compresión y tensión para el concreto y acero longitudinal correspondientemente, A_g es el área gruesa de la sección y A_s el área de acero propuesta, así:

$$P_1 = 0,70 \left[0,85 \cdot 281 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot 1600 \text{ cm}^2 + 2810 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot 19 \text{ cm}^2 \right] = 304885 \text{ Kgf.}$$

Flexión pura

Por el código ACI, se tiene para flexión pura:

$$P_2 = \frac{\phi A_s F_y \left(d - \frac{A_s f_y}{0,85 f'_c b} \right)}{100}$$

Donde d es el ancho de la columna sin un lado del recubrimiento (ancho efectivo), b el ancho total y A_s la mitad del área de acero correspondiente a uno de los lados del elemento, así se tiene:

$$P_2 = \frac{0,9 \cdot \frac{19 \text{ cm}^2}{2} \cdot 2810 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot \left[36 \text{ cm} - \frac{\frac{19 \text{ cm}^2}{2} \cdot 2810 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{0,85 \cdot 281 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot 40 \text{ cm}} \right]}{100} = 7978 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Falla balanceada

Esta condición define la combinación de compresión y flexión que garantiza que falle el concreto al mismo tiempo que el acero, estableciendo de esta manera su valor máximo en combinación y garantizando que el acero presente la fluencia requerida ante la falla.

Así, el primer paso es encontrar el valor c , que defina el cambio de compresión a tensión con las deformaciones permitidas para el concreto y el acero dentro del elemento:

$$c = \frac{0,003 \frac{\text{mm}}{\text{mm}}}{0,003 \frac{\text{mm}}{\text{mm}} + 0,0014 \frac{\text{mm}}{\text{mm}}} \cdot 36 \text{ cm} = 24,5 \text{ cm}$$

Donde 0,003 y 0,0014 son las deformaciones internas permitidas para el concreto y acero, correspondientemente, 36 cm es el ancho efectivo.

Chequeo de fluencia

Para garantizar la fluencia del acero se debe chequear la misma relación de deformaciones en la zona de fluencia, comparándola con las deformaciones del concreto en dicha zona, así:

$$\varepsilon_s = \text{deformación del acero} = \frac{0,003 \frac{\text{mm}}{\text{mm}} \cdot (24,5\text{cm} - 4\text{cm})}{24,5\text{cm}} = 0,0025 \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$$

Por tanto como $0,0025 \frac{\text{mm}}{\text{mm}} > 0,0014 \frac{\text{mm}}{\text{mm}}$, el acero presenta fluencia.

Puntos de falla balanceada

Habiendo verificado lo anterior, se procede a calcular los puntos dentro del diagrama de interacción para el estado de falla balanceada, así:

$$F_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a \qquad F_s = A_s F_y$$

Donde, F_c, F_y es la resistencia del concreto y el acero; así como $a = 0,85 c$, entonces:

$$F_c = 0,85 \cdot 281 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot 40 \text{ cm} \cdot (0,85 \cdot 24,5 \text{ cm}) = 199\,331 \text{ kgf}$$

$$F_s = \frac{19 \text{ cm}^2}{2} \cdot 2\,810 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} = 2\,6695 \text{ kgf}$$

Haciendo sumatoria de fuerzas de compresión y momentos se tiene:

$$\Sigma F = 199\,331\text{ kgf} + 26\,695\text{ kgf} - 26\,695\text{ kgf} = 199\,331\text{ kgf}$$

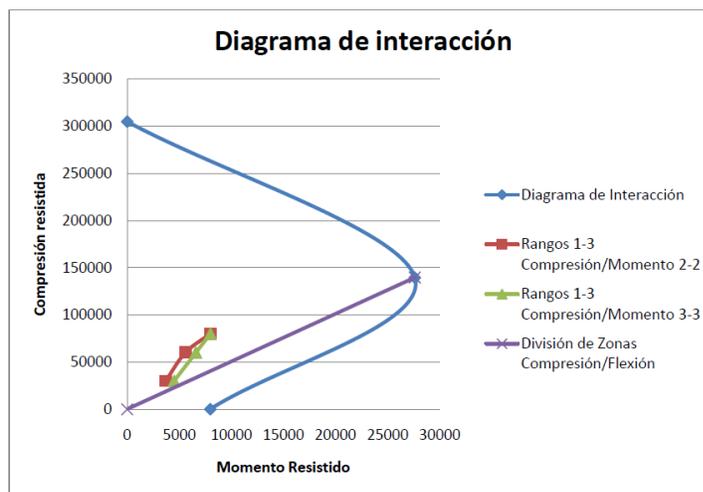
$$\text{Reducido se tiene } \Sigma F = 199\,331\text{ kgf} \cdot 0,7 = 139\,532\text{ kgf}$$

$$\Sigma M = \left[\left(0,2 - \frac{0,85 \cdot 0,245\text{m}}{2} \right) \cdot (199\,331\text{ kgf}) \right] + [2 \cdot (0,2 - 0,04) \cdot 26\,695\text{ kgf}]$$

$$\Sigma M = 27\,615\text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Con estos valores se dibuja el diagrama de interacción para la columna de 40 cm x 40 cm, con recubrimiento de 4 cm y reforzada por acero mínimo de 19 cm².

Figura 6. **Integración compresión resistencia vrs momento resistido**



Fuente: Código ACI 318, cap. 21.4.4. p. 334.

En donde se dibuja, no solo el diagrama, sino también los diferentes rangos que se establecieron al inicio del diseño, con lo cual se observa que todas las columnas verificadas con el acero mínimo propuesto debido a que se encuentran encerradas dentro de la curva del diagrama de interacción; y

fallarán a compresión, debido a que los valores se encuentran sobre la línea de división de zonas.

Además, se puede observar que los puntos de cada rango están muy alejados de la curva del diagrama de interacción, lo cual dice que se tienen elementos sobrediseñados; sin embargo, no hay que olvidar que parte de los requisitos a cumplir en cualquier proyecto sismo-resistente es el criterio de columna fuerte viga débil, con el objeto de evitar fallas por inestabilidad que junto a las fallas frágiles como las de adherencia y corte son responsables de la falla catastrófica o ruina de las estructuras.

Por lo tanto, para poder realizar el prediseño se iteró el análisis del criterio mencionado hasta chequear en la sección propuesta, con lo cual se garantiza una mejor solución estructural.

3.2.5.2. Diseño de refuerzo transversal

Para realizar el diseño del refuerzo transversal (estribos), se deben ubicar inicialmente dos zonas de refuerzo en la columna: la zona confinada y la zona sin confinamiento, la cual define el código, no sólo en capítulo de corte, sino también en el capítulo 21 sobre disposiciones especiales para diseño sísmico.

Con base en esto, es necesario entender que el proceso será en primer lugar, determinar el largo de la zona de confinamiento, luego el refuerzo necesario en zona no confinada de acuerdo con el diagrama de cortes (ver diagrama de cortes mayorados para tramo 1 y 2) y finalmente agregar al refuerzo anterior los requisitos en zona de confinamiento.

Además, habiendo ubicado una sola sección para refuerzo longitudinal, resulta obvio que el refuerzo transversal también será igual para todos los elementos columnas, con lo cual se propondrá el armado, considerando el esfuerzo de corte máximo presente en las columnas, solamente que se dividirán las columnas de arriba con las de abajo, para no exceder el sobrediseño.

Zona de confinamiento

De acuerdo con el código se define la zona de confinamiento como el mayor valor entre:

Primer nivel:

$$\frac{\text{altura}}{6} = \frac{4,5m}{6} = 0,75m$$

lado largo = 0,4 m y, *longitud mínima = 0,45 m*

Por lo tanto, la zona de confinamiento debe ser de 75 cm arriba y abajo para las columnas del primer nivel.

Segundo nivel:

$$\frac{\text{altura}}{6} = \frac{3,0m}{6} = 0,5m$$

lado largo = 0,4 m y, *longitud mínima = 0,45 m*

Por lo tanto, la zona de confinamiento debe ser de 50 cm arriba y abajo para las columnas del segundo nivel.

Corte en zona no confinada

Como se mencionó, el refuerzo en esta zona lo define el diagrama de cortes mayorados (ver apéndices) tanto para el tramo 1 como 2, así como sobre cualquiera de los ejes transversales (2-2 o 3-3) sobre los cuales se ubican los máximos valores para el primer y segundo nivel, quienes definirán el armado de todos los elementos en sus respectivas ubicaciones por nivel.

De esta manera y de acuerdo con los gráficos respectivos, se puede definir que el valor máximo en primer nivel corresponde a un corte de 3 870 kgf y para las columnas del segundo nivel 9 208 kgf, siendo mayor en el segundo nivel por las condiciones de servicio que tienen algunos elementos.

Con los datos de diseño se procede a realizar el procedimiento establecido a continuación por el código ACI:

Primer nivel

Se calcula la separación requerida por el corte mayorado, utilizando las mismas fórmulas en vigas:

$$V_u = \frac{3\,870\text{ kgf}}{b_w \cdot d} = \frac{3\,870\text{ kgf}}{40\text{ cm} \cdot 40\text{ cm}} = 2,42 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$V_c = 0,5 \cdot 0,75 \cdot \sqrt{281 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} = 6,29 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$s = \frac{A_v f'y}{(V_u - V_c)b_w} = \frac{2 \cdot 0,71 \text{ cm}^2 \cdot 2810 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{\left(2,42 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} - 6,29 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}\right) 40 \text{ cm}} = -25,77 \text{ cm}$$

Siendo, A_v el área de acero del estribo (No. 3) y se multiplica por 2, porque dos ramas del mismo atraviesan la sección transversal en la dirección del corte.

El signo negativo indica que el corte resistido por el concreto es mayor que el corte mayorado de diseño y por ende no es necesario colocar estribos.

Sin embargo, el código exige una separación mínima de:

$$\frac{d}{2} = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ m}$$

Por tanto la separación en zona no confinada para las columnas del primer nivel es 20 cm.

Segundo nivel

Utilizando estribos No. 3 se tiene:

$$V_u = \frac{9208 \text{ kgf}}{b_w \cdot d} = \frac{9208 \text{ kgf}}{40 \text{ cm} \cdot 40 \text{ cm}} = 5,755 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$V_c = 0,5 \cdot 0,75 \cdot \sqrt{281 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}} = 6,29 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$s = \frac{A_v f' y}{(V_u - V_c) b_w} = \frac{2 \cdot 0,71 \text{ cm}^2 \cdot 2810 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}{\left(5,755 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} - 6,29 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}\right) 40 \text{ cm}} = -186,46 \text{ cm}$$

Entonces, el código exige una separación mínima de:

$$\frac{d}{2} = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ m}$$

Por tanto la separación en zona no confinada para las columnas del segundo nivel es 20 cm.

Corte en zona de confinamiento

De acuerdo con los anteriores cálculos, se nota que los cortes mayorados no exigen ningún refuerzo transversal extra, sin embargo, el código ACI exige cumplir con los requerimientos en la zona de confinamiento, para garantizar la respuesta sísmica de la estructura, por tanto, la separación máxima requerida será el menor valor entre:

$$\frac{d}{4} = \frac{0,4}{4} = 0,1 \text{ m}$$

6 veces el diámetro la varilla longitudinal más pequeña = $6 \cdot 1,59 \text{ cm} = 9,54 \text{ cm}$
0,15 m.

$10 + \left(\frac{35-hx}{3}\right)$ donde hx es la separación entre varillas longitudinales, así

$$10 + \left(\frac{35 - 32}{3}\right) = 11 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se debe armar con acero No. 3, separados 9,5 cm.

3.2.6. Diseño de cimentación

La cimentación, es la parte de la estructura situada generalmente por debajo de la superficie del terreno y que transmite las cargas al suelo. Todos los terrenos se comprimen cuando son cargados, dando lugar a que las estructuras que sustentan se asienten. Las dos condiciones esenciales que hay que tratar de satisfacer cuando se diseña una cimentación se reduce a que el asiento total de la estructura no exceda de una magnitud admisible y a que los asientos relativos entre los distintos elementos parciales sean lo más próximos a cero.

Para que los asientos que se produzcan sean reducidos y se ajusten a las condiciones que se acaban de indicar, será necesario, por una parte conseguir que las cargas de la estructura se transmitan a un estrato de terreno de suficiente resistencia y, por otra parte, obligar a que la carga se reparta sobre una superficie suficientemente grande del citado estrato con objeto de que la presión ejercida sobre el terreno sea mínima.

Para el presente diseño, se debe recordar que la cimentación tendrá un valor soporte del suelo de 25 t/m^2 , caracterizándose como un suelo de características regulares.

Además, se considera colocar una cimentación conformada por zapatas aisladas trabajando concéntricamente y zapatas combinadas para las columnas pares entre módulos, las cuales por su distancia entre centros se aproximan al diseño aislado concéntrico, tomando dicho criterio en el mismo, sin olvidar los rangos de presión que pueda sufrir el elemento (ver planta de cimentación).

Así, tomando los mismos criterios de diseño generales, se procede inicialmente a establecer rangos de valores que integren los elementos de una manera más discreta y significativa, generando para ello, la tabla con los esfuerzos máximos correspondientes sobre la cimentación, derivados de las gráficas de fuerza axial sobre las columnas y el diagrama de momentos últimos sobre los dos ejes de la sección transversal (ver los mismos gráficos de fuerza axial y momentos utilizados en el diseño de columnas):

Tabla XXVIII. Esfuerzos máximos de las fuerzas axiales

Rango No.	Tipo de zapata	Fuerza axial última (Kgf)	Momento último en eje 2 -2 (Kgf-m)	Momento último en eje 3-3 (Kgf-m)
1	Aislada concéntrica	30 000	7 400	5 600
2	Aislada concéntrica	60 000	8 900	6 550
3	Aislada concéntrica	80 000	8 250	6 250
4	Combinada	51 100	14 300	10 900

Fuente: elaboración propia.

Con los valores presentados, se procede a realizar el diseño de cada zapata planteada de acuerdo con los rangos establecidos y bajo los lineamientos del código ACI, ejemplificando el procedimiento detallado al rango 1 a continuación.

Diseño de zapatas aisladas (Ejemplificadas en rango 1)

El diseño de zapatas aisladas concéntricas conlleva 4 procesos que definen las dimensiones y el armado del elemento, siendo:

- El chequeo de presiones sobre el suelo que define el área de la zapata, en donde el objetivo es asegurar que la presión positiva máxima no exceda el valor soporte del suelo para evitar asentamientos excesivos y que no existan presiones negativas que vuelvan inestable la estructura.
- Chequeo de corte simple el cual actúa en cada lado de la zapata, valor que determina inicialmente el espesor de la misma.
- Chequeo de corte punzonante que actúa alrededor de la columna y que determina de manera definitiva el espesor del elemento zapata.
- Diseño del armado con base en los esfuerzos de flexión que presenta el elemento.

Chequeo de presiones

Cargas y momentos de servicio

Se determinan en función del factor de carga última (*FCU*), el cual es acorde a la importancia de la obra dentro del concepto de factor de seguridad, adoptando para el efecto un valor de 1,5, así:

$$P' = \text{carga de trabajo} = \frac{P_u}{FCU} = \frac{30\,000\text{kgf}}{1,5 \cdot 1\,000} = 20\text{ t}$$

$$M_{tx} = \text{momento de trabajo en } 2 - 2 = \frac{M_{ux}}{FCU} = \frac{7\,400\text{ kgf} \cdot \text{m}}{1,5 \cdot 1\,000} = 4,93\text{ t} \cdot \text{m}$$

$$M_{ty} = \text{momento de trabajo en } 3 - 3 = \frac{M_{uy}}{FCU} = \frac{5\,600\text{ kgf} \cdot \text{m}}{1,5 \cdot 1\,000} = 3,73\text{ t} \cdot \text{m}$$

Área de zapata preliminar

Inicialmente el código ACI establece que el área no puede ser menor a:

Por tanto se utilizará un predimensionamiento de $1,5\text{ m} \times 1,5\text{ m} = 2,25\text{ m}^2$.

Chequeo de presiones sobre el suelo

La presión sobre el suelo se chequea de acuerdo con el código ACI con:

$$q = \text{presión} = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} \pm \frac{M_{ty}}{S_y}$$

Donde P es el peso total sobre el suelo (carga de trabajo P' + peso del suelo de desplante P_s + peso de la zapata P_z), S_x = módulo de sección sobre el eje 2-2, S_y = módulo de sección sobre el eje 3-3.

Así, se tiene:

$$P_s = 2,25m^2 \cdot 1,5m \cdot 1,6 \frac{t}{m^3} = 5,4 t$$

$$P_z = 2,25 m^2 \cdot 0,4 m \cdot 2,4 \frac{t}{m^3} = 2,16 t$$

Donde $1,5 m$ y $0,4 m$ son la altura de desplante y el espesor de la zapata; también, $1,6 \frac{t}{m^3}$ y $2,4 \frac{t}{m^3}$ los pesos específicos del suelo y del concreto correspondientemente. Por tanto:

$$P = P' + P_s + P_z = 20 t + 5,4 t + 2,16 t = 27,56 t$$

También,

$$S_x = \frac{1}{6} b h^2 = \frac{1}{6} (1,5 m)(1,5 m)^2 = 0,56m^3 = S_y$$

Entonces,

$$q = \text{presión} = \frac{27,56 t}{2,25 m^2} \pm \frac{4,93 t \cdot m}{0,56m^3} \pm \frac{3,73 t \cdot m}{0,56 m^3}$$

La cual se dividirá en dos estados de presión máximo y mínimo, así:

$$q_{max} = \text{presión máxima} = \frac{27,56 \text{ t}}{2,25 \text{ m}^2} + \frac{4,93 \text{ t} \cdot \text{m}}{0,56 \text{ m}^3} + \frac{3,73 \text{ t} \cdot \text{m}}{0,56 \text{ m}^3} = 27,66 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

$$q_{min} = \text{presión mínima} = \frac{27,56 \text{ t}}{2,25 \text{ m}^2} - \frac{4,93 \text{ t} \cdot \text{m}}{0,56 \text{ m}^3} - \frac{3,73 \text{ t} \cdot \text{m}}{0,56 \text{ m}^3} = -3,16 \frac{\text{t}}{\text{m}^2}$$

En donde la presión máxima no debe exceder el valor soporte y la presión mínima debe ser mayor a 0 para garantizar presiones positivas en donde:

$$q_{max} = 27,66 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} > 25 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} = VS, \text{ entonces No chequea.}$$

$$q_{min} = -3,16 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} < 0, \text{ entonces No chequea.}$$

Por tanto, si algunas de las anteriores condiciones no chequea, se debe aumentar el área de la zapata y chequear nuevamente las presiones de suelo hasta cumplir ambas condiciones.

Así, luego de realizar las iteraciones correspondientes hasta chequear las presiones se tienen dimensiones finales de 1,7 m x 1,7 m con presiones correspondientes a:

$$q_{max} = 20,87 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} < 25 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} = VS$$

$$q_{min} = 0,00 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} = 0$$

Y de manera resumida para los rangos de diseño se tiene:

Tabla XXIX. **Resumen de dimensiones de zapatas y presiones máximas y mínimas**

Rango No.	Tipo de zapata	Dimensiones finales (m)	Presión máxima (t/m ²)	Presión mínima (t/m ²)
1	Aislada concéntrica Z-1	1,7 x 1,7	20,87	0,00
2	Aislada concéntrica Z-2	1,9 x 1,9	23,45	5,43
3	Aislada concéntrica Z-3	2,0 x 2,0	24,06	9,56
4	Combinada Z-4	1,9 x 2,3	22,50	0,05

Fuente: elaboración propia.

Donde se puede chequear su ubicación final, en la planta de cimentación (ver planta de cimentación).

Chequeo de corte simple

Este chequeo consiste en comparar el corte actuante (V_{act}) versus el corte resistido (V_r), el cual debe ser mayor ($V_r > V_{act}$), para garantizar que el elemento no presente falla.

Entonces, para calcular corte actuante en dirección 2-2 y 3-3 se procede:

$$V_{actx} = q_d \cdot A_{csx}$$

$$V_{acty} = q_d \cdot A_{csy}$$

En donde q_d es la presión de diseño, igual a la presión máxima por el FCU; A_{csx} el área de corte simple en dirección 2-2 y A_{csy} el área de corte simple en dirección 3-3, la cual se calcula (para una dirección) multiplicando uno de los lados completos, por el lado perpendicular a una distancia d (espesor efectivo) del rostro de la columna sin pasar por ella para garantizar el corte a 45° .

$$q_d = q_{max} \cdot FCU = 20,87 \frac{t}{m^2} \cdot 1,5 = 31,30 \frac{t}{m^2}$$

Asumiendo un espesor inicial de espesor 40 cm y recubrimiento a centro de varilla de 10 cm, se tiene:

$$d = 40cm - 10cm = 30cm$$

$$A_{csx} = 1,7m * \left(\frac{(1,7m - 0,4m)}{2} - 0,3m \right) = 0,6 m^2 = A_{csy} \text{ por simetría.}$$

Así,

$$V_{actx} = 31,30 \frac{t}{m^2} \cdot 0,6 m^2 = 18,62 t = V_{acty}$$

Ahora, se procede para el cálculo de corte resistente en direcciones 2-2 y 3-3 con:

$$V_{rx} = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f'_c} \frac{b_x \cdot d}{1000}$$

$$V_{ry} = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f'_c} \frac{b_y \cdot d}{1000}$$

Donde b_x y b_y es la longitud de ambos lados de la zapata que generan un área resistente del concreto con el espesor efectivo.

$$V_{rx} = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{281 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \frac{150 \text{ cm} \cdot 30 \text{ cm}}{1\,000}} = 33,98 \text{ t} = V_{ry}$$

Por tanto, si $V_{actx} = V_{acty} = 18,62 \text{ t} < 33,98 \text{ t} = V_{rx} = V_{ry}$ entonces el espesor chequea bien, aunque se podría optimizar reduciendo un poco más y chequeando nuevamente, con el objetivo que el corte actuante se acerque más al resistente. Y si no se hubiéramos cumplido con la condición anterior se debe aumentar el espesor hasta cumplir con lo establecido. Así se mantendrá la iteración correspondiente hasta afinar el cálculo y por ende el diseño.

Entonces, luego de realizar las iteraciones correspondientes para cada uno de los rangos de diseño se tiene el resumen final para el chequeo de corte simple.

Tabla XXX. **Resumen final para el chequeo de corte simple**

Rango No.	Tipo de zapata	Espesor con corte simple (cm)	Corte actuante x, 2-2 (t)	Corte resistente x, 2-2 (t)	Corte actuante y, 3-3 (t)	Corte resistente y, 3-3 (t)
1	Aislada concéntrica Z-1	35	21,16	28,31	21,16	28,31
2	Aislada concéntrica Z-2	40	30,08	37,98	30,08	37,98
3	Aislada concéntrica Z-3	45	32,49	46,64	32,49	46,64
4	Combinada z-4	45	31,06	53,63	38,48	44,31

Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, el espesor final queda condicionado también con el corte punzonante el cual se detalla a continuación.

Chequeo de corte punzonante

El punzonamiento es un esfuerzo producido por tracciones en una pieza debidas a los esfuerzos tangenciales originados por cargas localizada en una superficie pequeña de un elemento bidireccional de concreto (zapata) alrededor de su soporte (columna), lo cual produce un efecto puntual sobre el plano de apoyo.

La superficie crítica de punzonamiento es la superficie de rotura, que abarca el perímetro de la columna y se eleva un ángulo aproximado de 30° , por lo cual se ubica dicha condición a $d/2$ (medio espesor efectivo) de cada cara de la columna.

Como se mencionó anteriormente, este chequeo debe agregarse al diseño del espesor por corte simple según se indica en el código ACI, realizando un chequeo similar solo que no se tendrán cortes en 2-2 y 3-3, sino que uno solo alrededor de la columna y sobre dichos ejes al mismo tiempo, calculando para el efecto el corte actuante (V_{act}) y el resistente (V_r), chequeando que el actuante no sobrepase lo resistido ($V_{act} < V_r$).

Con lo anterior se procede de la siguiente manera para calcular el corte actuante:

$$V_{act} = A_{pun} \cdot q_d$$

Donde, A_{pun} es el área de punzonamiento donde actúa la presión, es decir el área de toda la zapata menos el área encerrada a $d/2$ alrededor de la columna, así:

$$A_{pun} = (1,7 \text{ m} \cdot 1,7 \text{ m}) - \left(0,4 \text{ m} + 2 \left(\frac{0,25 \text{ m}}{2} \right) \right)^2 = 2,47 \text{ m}^2$$

Se debe recordar que de acuerdo con la optimización del corte simple el espesor del rango 1 quedó definido con 35 cm. Entonces el corte actuante en punzonamiento será:

$$V_{act} = 2,47 \text{ m}^2 \cdot 31,30 \frac{\text{t}}{\text{m}^2} = 76,79 \text{ t}$$

Ahora, para realizar el cálculo de corte resistente, se tiene que:

$$V_r = 0,75 \cdot 1,06 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \frac{b_o \cdot d}{1\ 000}$$

Donde b_o representa el perímetro de la sección crítica en punzonamiento y se calcula a través del perímetro alrededor de columnas a una distancia $d/2$.

$$b_o = \left(4 \cdot \left(40 \text{ cm} + 2 \cdot \left(\frac{25 \text{ cm}}{2} \right) \right) \right) = 260 \text{ cm}$$

Entonces se tendrá,

$$V_r = 0,75 \cdot 1,06 \cdot \sqrt{281 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{260 \text{ cm} \cdot 25 \text{ cm}}{1\,000}} = 86,60 \text{ t}$$

Por lo tanto, como $V_r = 86,6 \text{ t} > 76,79 \text{ t} = V_{act}$ entonces el espesor planteado en corte simple (35 cm) también chequea por punzonamiento.

Si no existiera dicha condición es necesario aumentar el espesor aún más, hasta chequear el elemento; y si existiera un sobre diseño NO se puede disminuir el espesor, debido a que el corte simple se alteraría.

Así, luego de haber chequeado todas las zapatas con el mismo procedimiento, se resumen los datos finales en la siguiente tabla.

Tabla XXXI. **Resumen datos finales del análisis de las zapatas**

Rango No.	Tipo de zapata	Espesor final (cm)	Corte actuante por punzonamiento	Corte resistente al punzonamiento
1	Aislada concéntrica Z-1	35	76,79	86,60
2	Aislada concéntrica Z-2	40	109,75	111,92
3	Aislada concéntrica Z-3	45	124,08	139,91
4	Combinada Z-4	45	128,52	139,91

Fuente: elaboración propia.

Diseño de refuerzo por flexión

Finalmente, habiendo definido las dimensiones de cada una de las zapatas resta calcular el refuerzo por flexión correspondiente de acuerdo con los momentos que genera la presión del suelo sobre los elementos de cimentación de la siguiente manera.

Primero se procede a calcular el momento de diseño para las direcciones 2-2 en x y 3-3 en y según lo establece el código y los métodos de análisis estructural con la fórmula básica, recordando que para el rango 1, se tiene condiciones de simetría:

$$M_x = M_y = \frac{wl^2}{2}$$

Donde w es igual a la presión de diseño por franja unitaria (1m) y l representa la distancia desde el rostro de la columna al final de la zapata.

$$w = q_{dis} \cdot 1m = 31,30 \frac{t}{m^2} \cdot 1m = 31,30 \frac{t}{m}$$

$$l = \frac{(1,7 m - 0,4 m)}{2} = 0,65 m$$

$$M_x = M_y = \frac{31,30 \frac{t}{m} \cdot (0,65 m)^2}{2} * 1\ 000 = 6\ 573,86\ kgf \cdot m$$

Con el momento de diseño se procede a calcular el acero requerido para cada dirección (A_{sx} y A_{sy}), en la franja unitaria por medio de la fórmula de flexión general, donde:

$$M_x = 0,9 \cdot A_{sx} \cdot f'_y \left(d - \frac{A_{sx} \cdot f'_y}{1,7 \cdot b \cdot f'_c} \right)$$

Donde d es el espesor efectivo y b representa la franja unitaria, así:

$$\begin{aligned} M_x &= 657\ 386\ kgf \cdot cm \\ &= 0,9 \cdot A_{sx} \cdot 2\ 810 \frac{kgf}{cm^2} \left(25\ cm - \frac{A_{sx} \cdot 2\ 810 \frac{kgf}{cm^2}}{1,7 \cdot 100\ cm \cdot 281 \frac{kgf}{cm^2}} \right) \end{aligned}$$

$$A_{sx} = 10,67\ cm^2 = A_{sy} \text{ (por simetría)}$$

Luego, se debe chequear que el acero requerido no sea menor al acero mínimo según lo exige el código, entonces:

$$A_{s_{min}} = 0,002 b d = 0,002 \cdot 100 \text{ cm} \cdot 25 \text{ cm} = 5,00 \text{ cm}^2$$

En donde $A_{sx} = A_{sy} = 10,67 \text{ cm}^2 > 5 \text{ cm}^2 = A_{s_{min}}$ por lo cual se debe utilizar el acero requerido para calcular el espaciamiento.

No olvidar que si $A_{s_{min}} > A_s$ se debe utilizar $A_{s_{min}}$ para calcular el espaciamiento.

Con la anterior información y proponiendo utilizar varillas No. 5 ($A_v = 1,98 \text{ cm}^2$) para el armado, el cálculo del espaciamiento entre dichas varillas es:

$$S = \frac{A_v \cdot 1 \text{ m}}{A_s} = \frac{1,98 \text{ cm}^2 \cdot 1 \text{ m}}{10,67 \text{ cm}^2} = 0,18 \text{ m}$$

Por lo tanto, el armado para la zapata Z-1 del rango 1 será con varillas No. 5 @ 0,18 m en ambos sentidos debido a la simetría del elemento.

Y así, con base al procedimiento anterior se presenta la tabla de resumen para los armados de los rangos restantes incluyendo el ejemplificado, calculando todas las separaciones con varillas No. 5.

Tabla XXXII. **Resumen de resultados tabla 27 y 28**

Ran go No.	Tipo de zapata	Momen to diseño en X, 2-2 (kgf-m)	Acero requerido en X, 2-2 (cm ²)	Acero mínimo (cm ²)	Momento diseño en Y, 3-3 (kgf-m)	Acero requerido en Y, 3-3 (cm ²)	Separa ción en X, 2-2 (m)	Separa ción en Y, 3-3 (m)
1	Aislada concéntrica Z-1	6 573,86	10,67	5,0	6 573,86	10,67	0,18	0,18
2	Aislada concéntrica Z-2	9 893,86	13,39	6,0	9 893,58	13,39	0,14	0,14
3	Aislada concéntrica Z-3	11 550,86	13,35	7,0	11 550,86	13,35	0,14	0,14
4	Combinada Z-4	9 493,63	10,93	7,0	15 231,99	17,74	0,14	0,11

Fuente: elaboración propia.

Luego, se puede observar los detalles finales de las zapatas para comprender la forma integral del elemento (ver detalles de zapatas).

Cimentaciones adicionales

De acuerdo con la tipología estructural (marcos dúctiles) solamente se debe chequear las zapatas. Sin embargo, no se puede olvidar que existirán muros para la división de espacios físicos, los cuales no tendrán ninguna función estructural pero si deberán cimentarse, para los cuales se colocará cimiento corrido según establece el FHA para viviendas de 1 nivel, con 15 cm de peralte por 30 cm de ancho, reforzado con 2 No. 3 corridos y estribos No. 2 @ 15 cm.

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

Datos de informe de laboratorio

Descripción del suelo =
Dimensión y tipo de la probeta =
Ángulo de fricción interna ϕ (D) = 23.46
Cohesión C_u (ton/m²) = 10.46
Base B (m) = 1.00
Peso específico suelo (ton/m³) = 1.07
Desplante Df (m) = 1.70
Factor de seguridad = 3.00

Formula:

$$1.3 * 2/3 * C_u * N'_c + \delta_{s1} * \text{Desplante} * N'_q + 0.4 * \delta_{\text{suelo}} * \text{Base} * N'_w$$

Factores de capacidad

$$N'_c = 8.57$$

$$N'_q = 2.59$$

$$N'_w = 1.33$$

Esfuerzo limite

$$q_d \text{ (ton/m}^2\text{)} = 82.95$$

Valor soporte del suelo

$$s \text{ (ton/m}^2\text{)} = 27.65$$

3.2.7. Diseño de juntas entre tramos

En el diseño de juntas entre tramos de edificaciones, el criterio normalmente utilizado en las construcciones de mediana envergadura, se recomienda dejar juntas en distancias no mayores a 40 metros y en lugares donde existan cambios fuertes en las formas estructurales básicas, siendo por esta razón que se realizó la división por tramos para la disposición final en la construcción del edificio (ver plano referencial del diseño).

Así, de acuerdo al código ACI en el apartado 6.4 para Diseño de Juntas de Construcción menciona que las juntas de construcción deben hacerse y ubicarse de manera que no perjudiquen la resistencia de la estructura, sin mencionar un cálculo extra para el chequeo de las mismas, siempre que no se requiera transferencia de cualquier tipo de esfuerzos. De esta manera, se puede observar en la distribución estructural que no existe ningún tipo de transferencia de esfuerzos, debido a que no existen uniones estructurales entre tramos, excepto en la cimentación, donde se realizó el diseño combinado específico para no permitir la redistribución de esfuerzos a los elementos superiores.

Con lo anterior, se puede argumentar que el diseño en las juntas queda solamente vinculado a las deflexiones presentes en el edificio ante las condiciones mayoradas de diseño, procedentes de la envolvente de momentos; en las ubicaciones donde exista continuidad entre tramos, chequeando solamente los puntos críticos.

Como valor inicial de la junta se utilizó una pulgada (2,54 cm), siendo un valor usualmente utilizado en el medio para la construcción de dichos elementos estructurales y recomendando como el mínimo.

En virtud de lo anterior se procedió al diseño/chequeo de juntas de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Se ubicaron los puntos críticos a chequear en la estructura, de acuerdo con la continuidad propia de la distribución de tramos.

- Se revisaron los diagramas de deformada en los puntos en mención para verificar los desplazamientos que presentan los tramos uno contra otro, colocando valores claves del marco en análisis, de acuerdo con los datos desplegados por el ETABS (ver análisis estructural).
- Se chequeó que las deformaciones de una a otra estructura, no excedieran la pulgada inicialmente asumida, guardando algún rango de seguridad y de lo contrario se debiera aumentar dicho valor de la junta.

De esta manera y con los valores del diseño se tiene que la deflexión en el punto A más la deflexión en el punto B es menor de dos pulgadas.

Punto crítico con continuidad en tramos

De acuerdo con la distribución arquitectónica y de ubicación de tramos, se ubican los siguientes puntos críticos entre juntas.

Dibujo en planta

Diagramas de deformada en tramos uno contra otro

De acuerdo con los puntos del numeral 1, se tienen los siguientes diagramas de deformación con los datos relevantes en el chequeo.

Ver plano 81 y 82 en apéndices.

Chequeo de deformación

De acuerdo con la información presentada en el paso 2 del procedimiento, se observa que el valor inicial asumido de una pulgada es adecuado para la edificación, debido a que las deformadas máximas presentadas (tramo uno contra otro), no exceden el valor de la junta, dejando aún así un valor de seguridad adecuado del rango de 1/2 del espaciamiento de la misma, siendo excelente para solventar cualquier criterio o código adicional a lo presentado.

3.3. Planos

- Planta amueblada
- Planta acotada
- Planta de instalaciones
- Planta de agua potable
- Planta de drenajes
- Planta eléctrica (iluminación)
- Planta eléctrica (fuerza)
- Planta de estructuras
- Planta de cimentación y columnas
- Planta de losas
- Elaboración de presupuesto



Nombre de Proyecto
**EDIFICIO ESCOLAR, EN ALDEA EL CARMEN,
SANTA CATARINA PINULA**



Figura 7. Presupuesto

No.	Renglón	Unidad	Cantidad	P.U.	MONTO DEL RENGLÓN
1	PRELIMINARES				
1.1	Limpieza Chapeo y Destronque, Nivelación de terreno y replanteo	unidad	1.00	2,498.82	Q2,498.82
2	CIMENTACIÓN				
2.1	Zapata Tipo Z-1	Unidad	55.00	940.00	Q61,700.00
2.2	Zapata Tipo Z-2	Unidad	6.00	1,020.00	Q6,120.00
2.3	Cimiento Corrido	ml	562.02	440.00	Q247,288.80
2.4	Muro de Cimentación	m²	224.81	409.05	Q91,956.59
3	COLUMNAS, VIGAS, SOLERAS Y LEVANTADO DE BLOCK				
3.1	Levantado de Block 0.14x0.19x0.39 m	m²	426.82	409.50	Q174,782.79
3.2	Columna Tipo C-1, 0.35x0.35 m	ml	448.96	448.65	Q201,424.03
3.3	Columna Tipo C-2, 0.15x0.15 m	ml	248.50	448.65	Q111,488.49
3.4	Solera Tipo 1	ml	3,288.12	448.65	Q1,475,201.34
4	TECHOS				
4.1	LOSA e 0.12 m	m²	780.17	720.00	Q561,722.40
5	ACABADOS				
5.1	Losa de concreto e=0.07	m²	1,168.17	600.00	Q700,902.00
5.2	Piso de Granito	m²	780.17	175.00	Q136,529.75
5.3	Pintura General	m²	896.32	25.56	Q22,909.99
5	INSTALACIÓN ELÉCTRICA				
5.1	Suministro e Instalación de lámparas fluorescentes de 2x40, Cableado, interruptores y ducto	Unidad	136.00	550.00	Q74,800.00
5.2	Suministro e Instalación de Tomacorrientes, Cableado, interruptores y ducto 31 de 120 Volts. + 3 de 240 volts.	Unidad	98.00	425.00	Q41,650.00
6	PUERTAS, VENTANAS				
6.1	Suministro e Instalación de Puertas Tipo P-1 de 1.00x 2.10 mts. Metal	Unidad	26.00	1,800.00	Q46,800.00
6.2	Suministro e Instalación de Puertas Tipo P-2 de 0.90x 2.10 mts.	Unidad	20.00	1,600.00	Q32,000.00
6.3	Suministro e Instalación de Ventanas de Aluminio Tipo V-1 de 1.00x1.20	Unidad	102.00	650.00	Q66,300.00
6.4	Suministro e Instalación de Ventanas de Aluminio Tipo V-2 de 1.00x0.80	Unidad	14.00	425.00	Q5,950.00
7	INSTALACIÓN HIDRÁULICA				
7.1	Circuito de Alimentación, incluye conexión a entronque Mpal.	Global	1.00	24,400.00	Q24,400.00
8	INSTALACIÓN DE DRENAJE				
8.1	Suministro e Instalación de Sanitarios	Unidad	20.00	1,650.00	Q33,000.00
8.2	Circuito de Desfogue, incluye conexión a entronque Mpal.	Global	1.00	27,375.00	Q27,375.00
8.3	Drenaje Pluvial	Global	1.00	21,440.00	Q21,440.00
9	MODULO DE GRADAS				
9.1	Modulo de Gradass	m²	84.00	640.00	Q53,760.00
10	BARANDALES				
10.1	BARANDALES	ml	60.00	810.00	Q48,600.00
COSTO TOTLA DEL PROYECTO					Q4,260,600.00

Fuente: elaboración propia.

4. RIESGO Y VULNERABILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

4.1. Análisis de vulnerabilidad

Si bien es cierto que los fenómenos naturales en sí, son iniciados por fuerzas mayores incontrolables y hasta ahora algunos impredecibles, el desastre que le sigue es la generada por la falta de previsión y de planificación.

En la construcción, los efectos económicos no se miden únicamente por el costo de los posibles daños que puedan causar los desastres futuros. La evaluación del costo en relación con la probabilidad de los eventos sísmicos correspondería a los problemas técnicos, rigurosos análisis de diseño y construcción, o bien, al marco de la planificación de los riesgos de desastres naturales exclusivamente desde el ángulo del costo de los auxilios y de la reconstrucción.

La cuantía del costo de los daños previstos y de las medidas de prevención depende del nivel de prevención que se decida adoptar en función del peligro sísmico, es decir, del riesgo de colapso que se este dispuesto a aceptar.

Es de esperar que, cuanto más resistente sea la construcción menor será el riesgo para una magnitud sísmica dada.

4.2. Naturaleza y probabilidad

Aunque las agitaciones sísmicas como terremotos no se puedan prevenir en la práctica, la ciencia y la ingeniería proporcionan las herramientas que se pueden utilizar para reducir sus efectos absolutamente y substancialmente. En primer lugar, la ciencia puede ahora identificar donde y cuando los terremotos son probables de ocurrir, en qué magnitud y determinar la probabilidad relativa de una gama de tierra que sacude niveles. Esta información es fácilmente disponible a los arquitectos, ingenieros, escritores del código, planificadores y al público en general.

En segundo lugar, los investigadores sísmicos y los ingenieros estructurales con experiencia en diseño sísmico tienen suficiente comprensión de los efectos del terremoto que sacuden sobre edificios para crear los diseños que serán seguros para las varias intensidades de la sacudida. Los códigos técnicos de la edificación modernos incorporan toda esta información y requieren edificios que tengan diseños de ingeniería estructurales apropiados para cada región.

Criterios de diseño sísmico

Estado límite de servicio: no se exceden deformaciones que ocasionen pánico a los ocupantes ni daños en elementos no estructurales.

Estado límite de integridad estructural: se puede presentar daño no estructural y daño estructural menor, sin alcanzar la capacidad de carga de los elementos estructurales.

Estado límite de supervivencia: puede haber daño estructural significativo, pero se mantiene la estabilidad general de la estructura y se evita el colapso.

Objetivos del diseño sísmico

Evitar que se exceda el estado límite de servicio para sismos de intensidad moderada que pueden presentarse varias veces en la vida de la estructura.

Evitar que se exceda el estado límite de integridad estructural para sismos severos que tienen una posibilidad significativa de presentarse en la vida de la estructura.

Evitar que se exceda el estado límite de supervivencia ni para sismos extraordinarios que tengan una muy pequeña probabilidad de ocurrencia.

Aspectos principales del diseño sísmico

Selección de un sistema estructural adecuado: que debe ser capaz de absorber y disipar energía introducida por el sismo.

El análisis sísmico: los reglamentos definen las acciones sísmicas para calcular la respuesta de la estructura, y proporcionan métodos de análisis.

El dimensionamiento de las secciones: métodos innovativos del diseño por capacidad.

Detallado de la estructura: para el comportamiento dúctil de los miembros de la estructura es necesario el detallado de los mismos y de sus conexiones para proporcionarles capacidad de deformación antes del colapso.

Reglamentos, códigos y Normas para El Diseño Sismo – Resistente

Estas son las herramientas de mayor utilización dentro del análisis y diseño sismorresistente, que proporcionan las recomendaciones más próximas para realizar un diseño que se comporte adecuadamente ante la incidencia de un suceso sísmico. Son el instrumento que nace de muchas de las experiencias pasadas y de pruebas de laboratorio de los cuales se sacó una aproximación a la realidad del comportamiento de las estructuras ante los sismos.

Expresiones para el cálculo del cortante basal (V), según algunas normativas.

Uniform Building Code (UBC)

$$V = \frac{ZICW}{R}$$

Z = Factor de zona

I = Factor de importancia

C = Factor de período y tipo de suelo

W = Peso total de la estructura

R_w = Factor de reducción de fuerzas

Código ACI para el Diseño Sísmico

El objetivo principal de las disposiciones especiales es garantizar una adecuada capacidad bajo los desplazamientos inelásticos oscilantes producidos por la carga sísmica.

Las disposiciones se aplican a pórticos, muros, diafragmas y cerchas en zonas de amenaza sísmica alta, correspondientes a las zonas 3 y 4 del UBC y a pórticos, incluyendo sistemas de losa en dos direcciones, en zonas de amenaza sísmica moderada correspondientes a la zona 2 del UBC. No se establecen requisitos especiales para estructuras sometidas a amenaza sísmica baja o nula.

Debe considerarse el efecto de elementos no estructurales en la respuesta global de la estructura, al igual que la respuesta de los elementos no estructurales mismos. También deben tenerse en cuenta los elementos estructurales que no están específicamente dimensionados para soportar cargas sísmicas.

Para garantizar una adecuada ductilidad y capacidad bajo rotación inelástica, el Código ACI 21.1.4 especifica una resistencia del concreto mínima de 21 MPA. Para concreto con agregados ligeros, se establece un límite superior en la resistencia del concreto de 35 MPA; este límite se basa en una falta de evidencia experimental para concretos ligeros con resistencias mayores.

La Ingeniería sismo-resistente es una propiedad o atributo de que se dota a una edificación, mediante la aplicación de técnicas de diseño de su configuración geométrica y la incorporación en su constitución física, de componentes estructurales especiales que la capacitan para resistir las fuerzas que se presentan durante un movimiento sísmico, lo que se traduce en protección de la vida de los ocupantes y de la integridad del edificio mismo.

Es una tecnología que diseña y ejecuta procesos constructivos con elementos estructurales, distribuidas previa aplicación de principios básicos como la simplicidad, simetría, resistencia, rigidez y continuidad de las obras, que les permita resistir los usos y las cargas sísmicas a que estarán sometidas durante su vida útil y también a los sismos.

4.2.1. Conceptos generales del diseño antisísmico

Se han de tener en cuenta:

- Propiedades de los materiales de construcción.
- Características dinámicas del sistema del edificio.
- Características de las cargas de flexión de los componentes del edificio.

Para un diseño adecuado del edificio se debe definir la categoría a la que pertenece el edificio y hacer una planificación adecuada del diseño que consistirá en:

Planificación del edificio, conceptos básicos a cumplir: simetría, regularidad, separación en bloques, simplicidad y área cerrada.

Escoger el lugar: es muy importante la estabilidad del suelo, estabilidad de la losa, arenas muy débiles y arcillas inestables.

Diseño estructural: depende mucho del material y es el factor más importante.

Para un buen diseño estructural sismo-resistente se ha de tener en cuenta lo siguiente:

- Un buen suelo de base.
- Utilizar un mortero de junta de ladrillos de buena calidad.
- Se han de poner paredes de cizalla en lugares concretos.
- Losas de techo y suelo han de estar suficientemente ligadas a las paredes.
- Siempre es mejor una estructura deformable que una muy rígida.

Diseño basado en desplazamiento

En los últimos años se ha implementado el diseño basado en desplazamiento dentro del diseño sísmico de puentes. La razón de adoptar este procedimiento obedece a que los estados límites de daño pueden relacionarse adecuadamente con los límites de deformación, que a su vez son convertidos en desplazamientos equivalentes, con los cuales el daño estructural puede ser controlado eficientemente mejor que con límites de resistencia.

Dentro de los métodos de diseño basado en desplazamiento existen diferentes enfoques: diseño basado en desplazamiento directo, espectro del punto de fluencia y espectro de capacidad.

Objetivo del reglamento para construcción sismo-resistentes

El objetivo puede resumirse en:

- Evitar pérdidas de vidas humanas y accidentes que pudieran originarse por la ocurrencia de cualquier evento sísmico.
- Evitar daños en la estructura y en los componentes de cada construcción, durante terremotos de frecuente ocurrencia.
- Evitar que se originen colapso total o parcial en las construcciones, que puedan poner en peligro la seguridad de las personas durante terremotos muy severos, de ocurrencia extraordinaria.

Los principios de la sismo resistencia

La geometría de la edificación debe ser sencilla en planta y en elevación. Las formas complejas, irregulares o asimétricas causan un mal comportamiento cuando la edificación es sacudida por un sismo. Una geometría irregular favorece que la estructura sufra torsión o que intente girar en forma desordenada. La falta de uniformidad facilita que en algunas esquinas se presenten intensas concentraciones de fuerza, que pueden ser difíciles de resistir.

Éxitos y fracaso del diseño sismo-resistente antecedentes

El diseño de sismo-resistente ha evolucionado desde sus planteamientos más primitivos establecidos a finales del siglo pasado en Japón y comienzos del presente en Italia, hasta el sistema de codificación actualmente predominante en muchos países el cual se denomina aquí codificación moderna.

Identificación de los factores que puedan causar impacto al ambiente durante la fase de la construcción.

4.2.2. Posible impacto ambiental generado

Durante los últimos años, el tema ambiental ha sido mencionado enormemente debido a los cambios negativos que se han producido y los cuales han afectado a muchos ecosistemas del planeta. Muchos de estos cambios generados por el ser humano en las múltiples actividades que este realiza con el fin de alcanzar un desarrollo tanto laboral como económico. Una actividad que ayuda a alcanzar ese crecimiento es propiamente la industria de la construcción, la cual afecta directamente al ambiente por generar cantidades de residuos de la construcción.

Por definición, estos residuos son todo aquel material de desecho generado por la actividad de remodelación, excavación, demolición o construcción de una obra, tanto pública como privada.

Actualmente, los ingenieros civiles, siguiendo el principio de construir obras que sean amigables con el ambiente, se han preocupado por limitar y lograr reutilizar la mayor cantidad de residuos posibles que se generan durante el proceso de construcción.

Se determinó el posible impacto ambiental que podría producir la obra, mediante la utilización de una matriz de impactos. En la misma se estiman los efectos de las acciones desarrolladas durante las etapas de construcción y operación del sistema propuesto, sobre los recursos naturales, sociales, la economía y desarrollo urbano del sector, los aspectos sanitarios, laborales y paisajísticos del área.

En esta matriz se señalan los principales impactos ambientales a considerar en las etapas de construcción y operación de la obra propuesta.

Debido al tipo de construcción que se quiere realizar en dicho proyecto, es que la matriz realizada para este proyecto tiende a abarcar la mayor cantidad de impactos posibles a producirse a través de las acciones necesarias a desarrollar para la construcción y operación de la obra propuesta, se destacan los siguientes aspectos:

Etapas de construcción

Ruidos y vibraciones

El proceso de movimiento de tierra, acopio de materiales y construcciones anexas, implican un movimiento de maquinarias que pueden ocasionar niveles de ruidos y altas vibraciones que sobrepasan la aceptación de los vecinos y colindantes al proyecto.

Emisión de material (partículas en suspensión)

Las operaciones de excavaciones (cimientos, etcétera) y los movimientos de tierra, así como los eventuales movimientos y/o acopio temporal de materiales, provocan la emisión de partículas al aire, emisión que es variable en función de las condiciones de trabajo.

Contaminación atmosférica

Las condiciones relacionadas con la emisión de contaminantes al aire son de efectos similares al anterior, debiéndose considerar fundamentalmente las emisiones producidas por las fuentes móviles (vehículos automotores), pinturas, solventes, etcétera.

Condiciones higiénicas sanitarias

Durante la etapa de construcción se generará material con partículas en suspensión así como compuestos orgánicos volátiles, que pueden afectar la salud de los vecinos al área de trabajo, razón por la cual se deberán tomar las precauciones para minimizar este efecto.

Generación de empleo

Durante esta etapa, y para la realización de las obras, se ocupará una importante cantidad de mano de obra, la cual redundará en un impacto positivo.

Accesibilidad

Para llegar al punto donde se ejecutará el proyecto la accesibilidad es muy amplia y fluida por lo que no generará impactos negativos de tráfico o congestión vial.

Destrucción de suelo y erosión

Los movimientos de tierra necesarios para la ejecución de la obra, el movimiento de maquinarias y las construcciones anexas, sumado a las características de los suelos del sector, provocan en mayor o menor grado destrucción del suelo superficial y erosión incipiente en épocas de lluvia. Deberán tomarse las medidas adecuadas para disminuir en lo posible estos efectos.

Arbolado urbano y alteración de la cubierta vegetal

Durante la ejecución del proyecto se removerá cubierta vegetal y extraerán ejemplares del arbolado urbano, incidiendo negativamente en las condiciones ambientales del sector (visuales, microclimáticas, en la presencia de fauna, etcétera).

Proliferación de insectos, roedores

Como consecuencia de los trabajos a realizar durante la construcción de la obra, no se espera que se agudice este problema tanto en el área de ejecución como en aledaños.

Alteración del entorno

Dado que el área en la que se construirá la obra es de predominancia urbano residencial, las tareas inherentes a la construcción, generarán un cambio negativo moderado y transitorio de las condiciones originales del entorno.

Generación de residuos

Se generarán residuos de construcción los cuales incluirán escombros, materiales áridos, plásticos, papeles, cartones, maderas, y su acumulación puede llegar a interferir con las actividades mismas de la construcción del proyecto.

4.2.3. Fase de servicios

La ejecución de un proyecto es un proceso genérico y universal, debiendo contener aspectos que reúnan el tamaño, tipo, complejidad, entorno y exigencias ambientales; para lograr el equilibrio de seguridad.

4.2.3.1. Conceptos generales

La vulnerabilidad estructural se refiere a la susceptibilidad que la estructura presenta frente a posibles daños en aquellas partes del establecimiento educativo que lo mantienen en pie ante un sismo intenso. Esto incluye cimientos, columnas, muros, vigas y losas.

Es fácil concluir que los edificios de centros educativos son vulnerables frente a un desastre. Las formas y estrategias para implementar las medidas de prevención y mitigación dependerán de si estos ya existen o están por construirse; por ejemplo, el componente estructural debe ser considerado durante la etapa de diseño y construcción, cuando se trata de un nuevo edificio, o durante una etapa de reparación, remodelación o mantenimiento, cuando se trata de un edificio ya construido.

Por otra parte, en la planificación de una estructura que su servicio nuevo es necesario tener en cuenta que una de las mayores causas de daños en edificaciones han sido los esquemas arquitectónico-estructurales nocivos.

Puede decirse de manera general que el alejamiento de formas y esquemas estructurales simples es castigado fuertemente por los sismos. De cualquier forma, dada la naturaleza errática de los sismos, así como la posibilidad de que se exceda el nivel de diseño, es aconsejable evitar el planteamiento de configuraciones riesgosas, independientemente del grado de sofisticación que sea posible lograr en el análisis de cada caso.

Lamentablemente, en muchos países de América Latina las normas de construcción sismo-resistente no han sido efectivamente aplicadas y en otros no se han considerado especificaciones especiales para las estructuras de edificaciones educativas. Situación que debe ser corregida total o parcialmente con el fin de evitar enormes pérdidas económicas y sociales, en particular en los países en desarrollo como Guatemala.

Debido a que muchas edificaciones de centros educativos fueron construidas hace mucho tiempo y otras no han sido diseñadas ni construidas con normas sismo-resistentes; diseños que se han adoptado desde ya varias décadas; surgen dudas con respecto a la certeza de que dichas edificaciones puedan seguir funcionando con posterioridad a un sismo. En estos casos se hace imperativa una revisión lo más detallada posible sobre la capacidad de la estructura de soportar sismos moderados y fuertes, mediante estudios de vulnerabilidad.

4.2.3.2. Daños estructurales

En general, las enseñanzas que han dejado los acontecimientos sísmicos indican que en los países donde se diseña de acuerdo con una buena normativa sismo-resistente, donde la construcción es sometida a una supervisión estricta y donde el sismo de diseño es representativo de la amenaza sísmica real de la zona, el daño sobre la infraestructura es marginal en comparación con el observado en sitios donde no se han dado estas circunstancias.

No obstante, es importante destacar que el solo hecho de diseñar de acuerdo con un código no siempre salvaguarda contra el daño producido por terremotos severos. Los códigos sísmicos establecen requisitos mínimos para proteger la vida de los ocupantes, requisitos que muchas veces no son suficientes para garantizar el funcionamiento de obras de este tipo después del sismo.

Desde una perspectiva histórica, un código por sí solo no puede garantizar la seguridad contra el daño excesivo, puesto que los códigos son reglamentos que establecen requisitos mínimos, los que a su vez experimentan actualizaciones continuas, de acuerdo con los avances tecnológicos y las enseñanzas que dejan las investigaciones y los estudios de los efectos causados por terremotos, que no son más que pruebas de laboratorio a escala real.

La ductilidad y redundancia estructural han resultado ser los medios más efectivos para proporcionar seguridad contra el colapso, especialmente si los movimientos resultan más severos que los anticipados por el diseño. El daño severo o colapso de muchas estructuras durante sismos importantes es, por lo general, consecuencia directa de la falla de un solo elemento o serie de elementos con ductilidad o resistencia insuficiente.

A causa de sismos fuertes es común que se presenten daños estructurales en columnas, tales como grietas diagonales causadas por cortante y torsión, grietas verticales, desprendimiento del recubrimiento, aplastamiento del concreto y deflexión de las barras longitudinales por exceso de esfuerzos de flexocompresión.

En vigas, se presentan grietas diagonales y rotura de estribos a causa de cortante y torsión, grietas verticales, rotura del refuerzo longitudinal y aplastamiento del concreto por la flexión que impone el sismo arriba y abajo de la sección como resultado de las cargas alternadas.

Las conexiones o uniones entre elementos estructurales son, por lo general, los puntos más críticos.

En las uniones viga-columna (nudos) el cortante produce grietas diagonales y es común ver fallas por adherencia y anclaje del refuerzo longitudinal de las vigas a causa del poco desarrollo del mismo y a consecuencia de esfuerzos excesivos de flexión. En las losas se pueden presentar grietas por punzonamiento alrededor de las columnas y grietas longitudinales a lo largo de la placa debido a la excesiva demanda por flexión que en ciertas circunstancias puede imponer el sismo.

Este tipo de daños se han visto reiteradamente en muchas edificaciones sometidas a movimientos sísmicos fuertes y moderados. Las observaciones realizadas en los últimos años, indican que las construcciones rígidas se desempeñan en general mejor que las flexibles; particularmente en lo que respecta a la protección de los componentes no estructurales, que sufren menos daños al limitarse el desplazamiento entre pisos.

Irregularidades en altura, traducidas en cambios repentinos de rigidez entre pisos adyacentes, hacen que la absorción y disipación de energía en el momento del sismo se concentren en los pisos flexibles, donde los elementos estructurales se ven sobre solicitados. Las irregularidades en planta de masa, rigidez y resistencia pueden originar vibraciones torsionales que generan concentraciones de esfuerzos difíciles de evaluar, razón por la cual una mayor exigencia en este tipo de aspectos debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar arquitectónicamente las edificaciones.

Pocos edificios se diseñan para resistir sismos severos en el rango elástico, por lo cual es necesario proporcionarle a la estructura capacidad de disipación de energía mediante tenacidad y ductilidad en los lugares en que se espera que la resistencia elástica pueda ser excedida.

Esto se aplica a los elementos y a las conexiones de los elementos, puntos que usualmente son los más débiles.

CONCLUSIONES

1. Para el desarrollo del proyecto se tomaron en cuenta las diferentes recomendaciones de los códigos constructivos que se aplican en el medio por lo que se considera un buen resultado, funcional y aceptable.
2. La utilización de programas automatizados de estructuras conllevan a una optimización del diseño estructural, facilitando, agilizando y minimizando errores en los resultados obtenidos.
3. De acuerdo con el diagnóstico respecto a las necesidades de servicios básicos e infraestructura, practicado en la aldea El Carmen, del municipio de Santa Catarina Pinula, están enfocadas hacia la infraestructura escolar, razón por la cual se realizó el diseño del edificio escolar.
4. Con la implementación del edificio escolar, se contribuirá a satisfacer las necesidades de crecimiento de la aldea El Carmen, municipio de Santa Catarina Pinula, beneficiando al sector educativo.

5. Dentro de los parámetros de costos de obras de infraestructura de gobierno en la ciudad capital y sus municipios, el costo por metro cuadrado oscila entre Q2 800,00 y Q3 200,00; según el presupuesto de este proyecto el costo por metro cuadrado es de Q3 150,00, encontrándose dentro de los parámetros establecidos, siendo esto importante para la municipalidad pudiendo, así gestionar el apoyo financiero para su ejecución.

6. El proyecto beneficiará a 360 alumnos por jornada de forma directa y a 2 160 de forma indirecta.

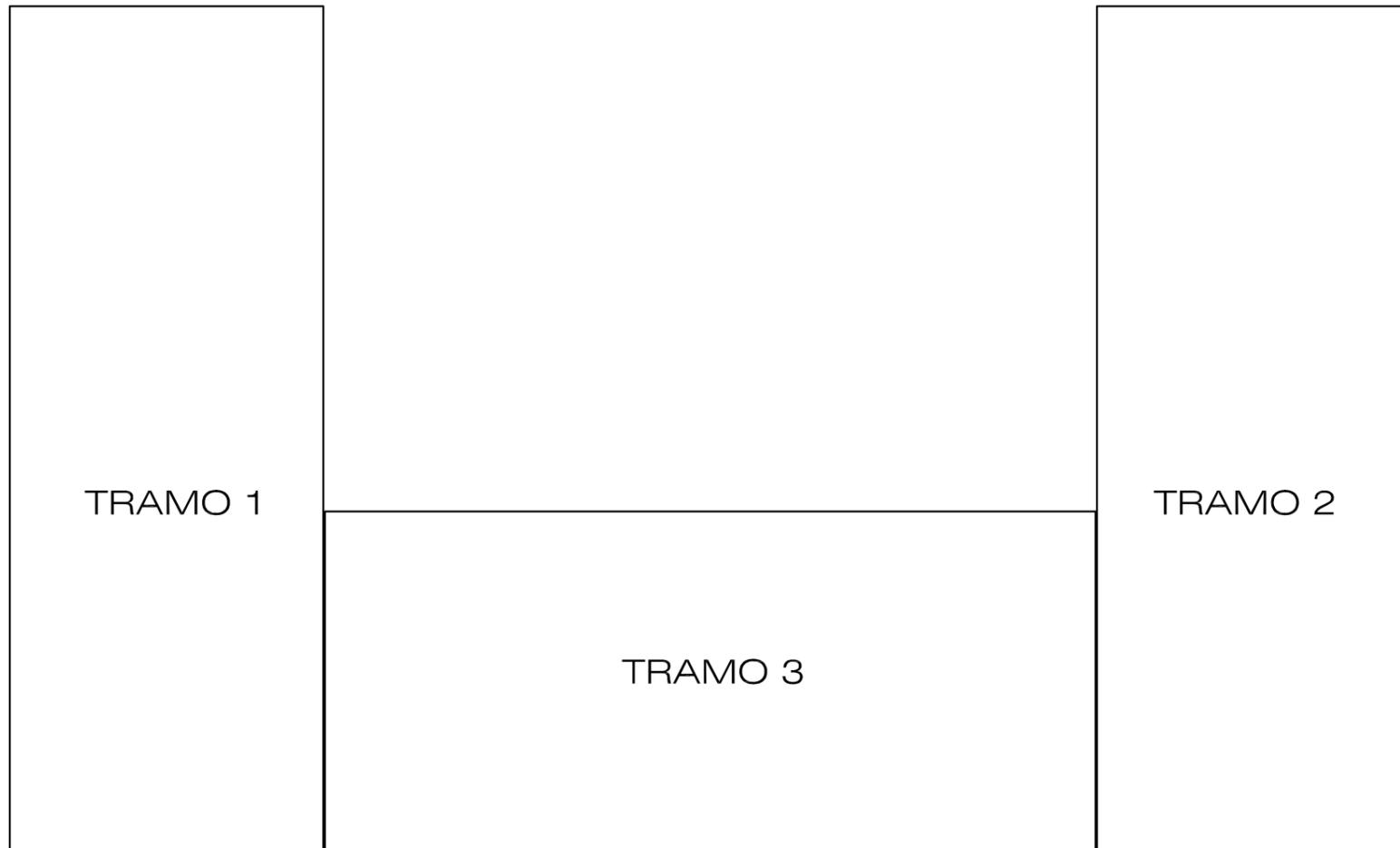
RECOMENDACIONES

1. A la Municipalidad de Santa Catarina Pinula se le recomienda utilizar el presente trabajo y no hacer alguna modificación tanto en la calidad y características de los materiales como dimensiones de las estructuras.
2. A la Universidad de San Carlos de Guatemala, continuar con la implementación de paquetes de computación *software* ya que facilitan el cálculo estructural.
3. Como es un proyecto de impacto social, analizar la posibilidad de alternar jornadas triples, pudiendo involucrar carreras técnicas.
4. Se recomienda pintar la escuela de color blanco hueso, ya que este tipo de color hace que la luz natural sea aprovechada de mejor manera.
5. Mantener un botiquín de primeros auxilios dotado de equipo necesario.
6. Como obra complementaria se recomienda implementar un área recreativa para distracción de los alumnos.

BIBLIOGRAFÍA

1. ÁLVAREZ ÁLVAREZ, Henry. *Diseño de dos edificaciones escolares de dos niveles para las aldeas Chajabal y Palomora, del municipio de San Andrés Xecul, Totonicapán*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 185 p.
2. Associate Concrete Institute. *Código de Diseño de Hormigón Armado, ACI 318-99*. Reglamento y comentarios. Argentina 1999. 15 p.
3. BALDEMAR RIVERA, Juan Carlos. *Normas para el diseño de edificaciones escolares*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1996. 138 p.
4. Mapas de escala 1:50 000 *Instituto Geográfico Militar* [en línea]. <http://www.deguate.com/cgi-bin/fotos/imageFolio.cgi?direct=Mapas/Mapas_departamentos_de_Guatemala>. [Consulta: enero de 2011].
5. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2009. 722 p. ISBN: 978-0073293493.

APÉNDICES



OBSERVACIONES:
 PARA ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y COMO LA ESTRUCTURA PRESENTA SIMETRÍA, SE TOMA EL DISEÑO DEL TRAMO 1 EQUIVALE AL ANÁLISIS DEL DISEÑO DEL TRAMO 2.
 EL TRAMO 3 SE TRABAJA DE FORMA INDEPENDIENTE

PLANO REFERENCIAL DE DISEÑO

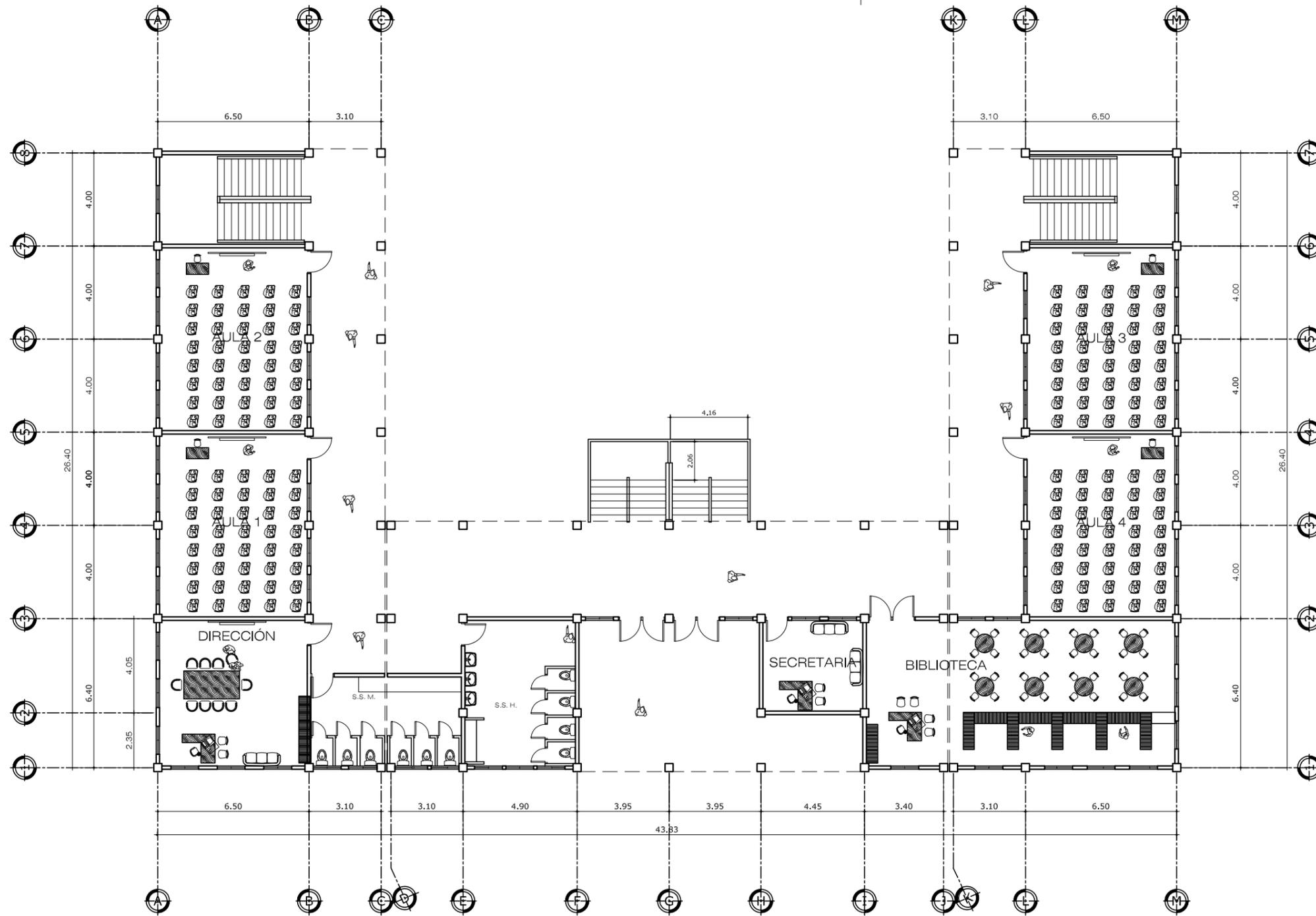


MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
 LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO: PLANO REFERENCIAL DISEÑO	PLANO DE: ESTRUCTURAS	DIBUJO: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: MAYO DE 2,010	
CALCULÓ: LCFR	ESCALA: 1:200	HOJA: 1 / 20
EPESISTA LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.B. ASESOR ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA





PLANTA BAJA AMUEBLADA

ESCALA 1/200

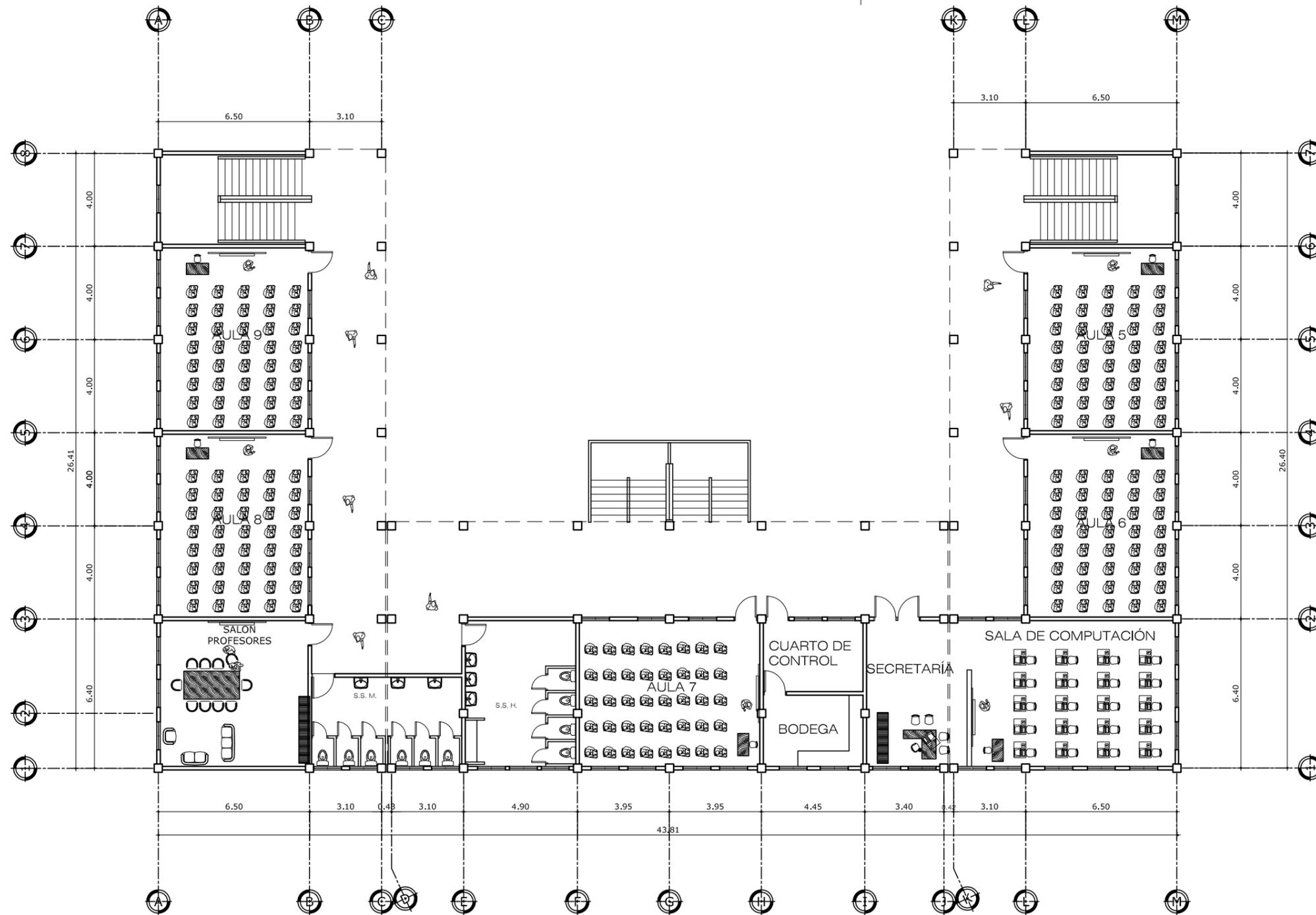


MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO: PLANTA BAJA	PLANO DE: PLANTA AMUEBLADA	DIBUJO: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: MAYO DE 2,010	
CALCULO: LCFR	ESCALA: 1:200	HOJA: 2 / 20
EFESISTA LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.B. ASESOR ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA





PLANTA ALTA AMUEBLADA

ESCALA 1/200

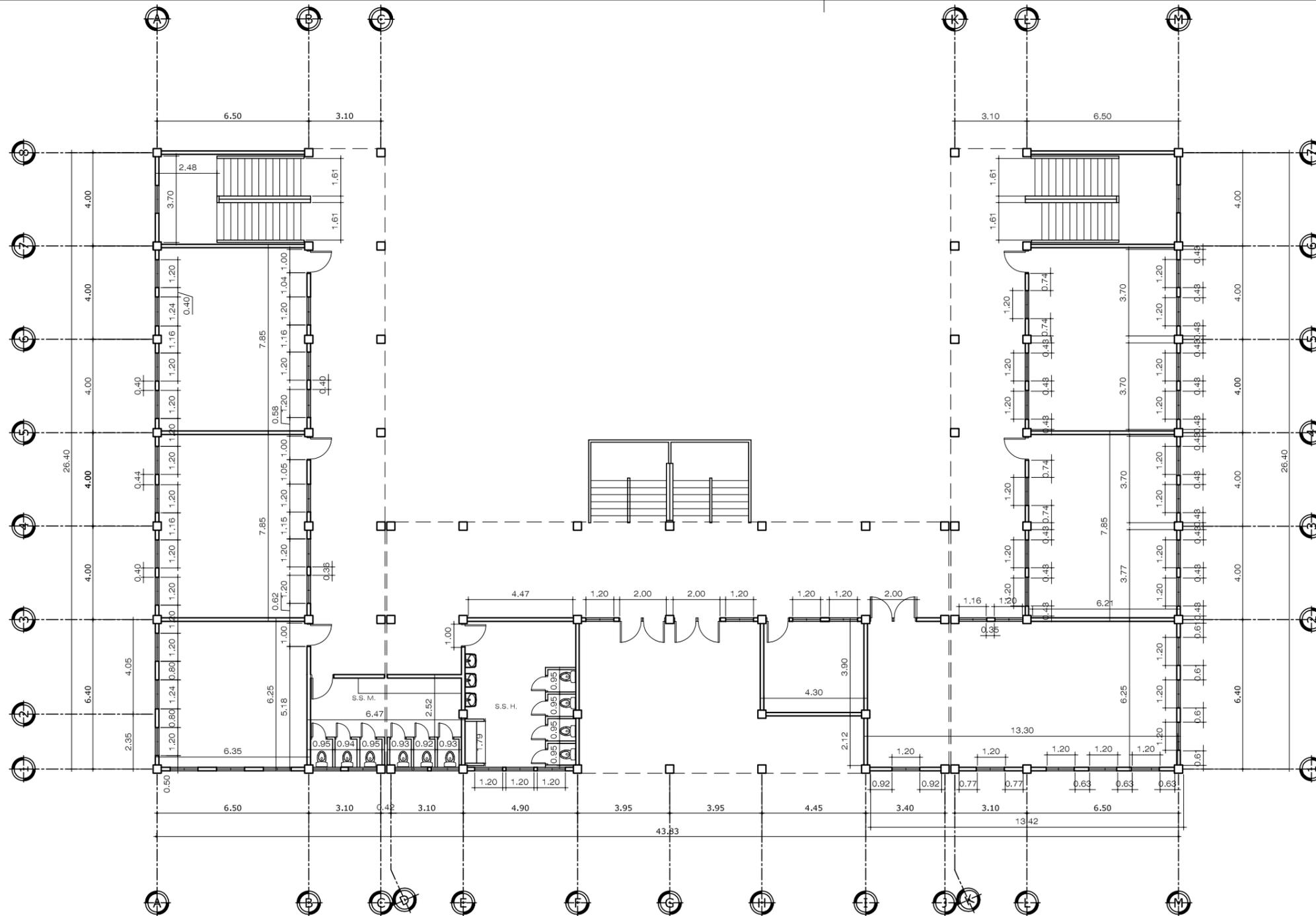


MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO: PLANTA ALTA	PLANO DE: PLANTA AMUEBLADA	DIBUJO: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: MAYO DE 2,010	
CALCULO: LCFR	ESCALA: 1:200	HOJA: 3 / 20
EPESISTA LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.B. ASESOR ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA





PLANTA BAJA DE COTAS

ESCALA 1/200

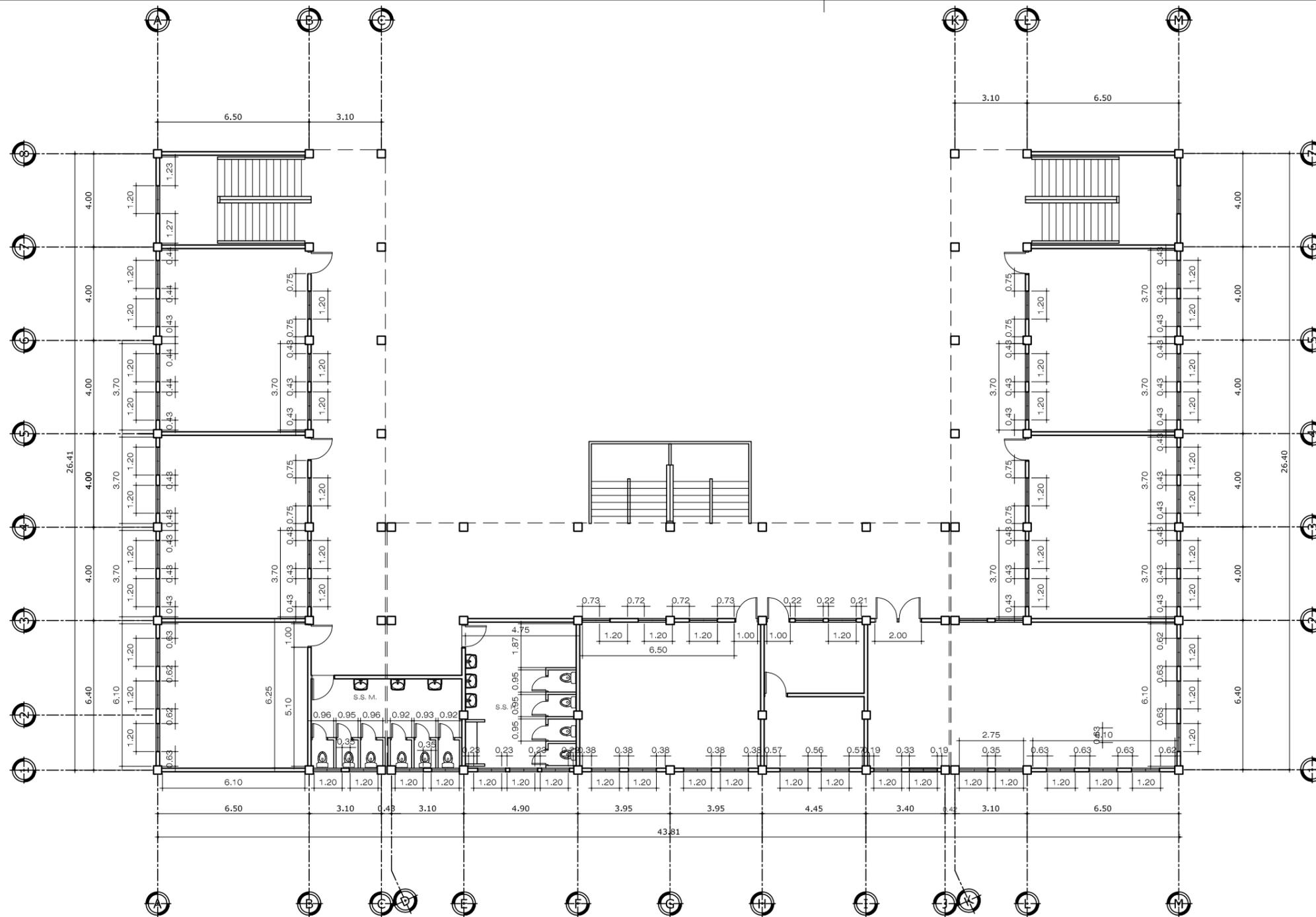


MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO: PLANTA BAJA	PLANO DE: PLANTA DE COTAS	DIBUJO: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: MAYO DE 2,010	
CALCULO: LCFR	ESCALA: 1:200	HOJA: 4 / 20
EFESISTA LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.B. ASESOR ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA





PLANTA ALTA DE COTAS

ESCALA 1/200

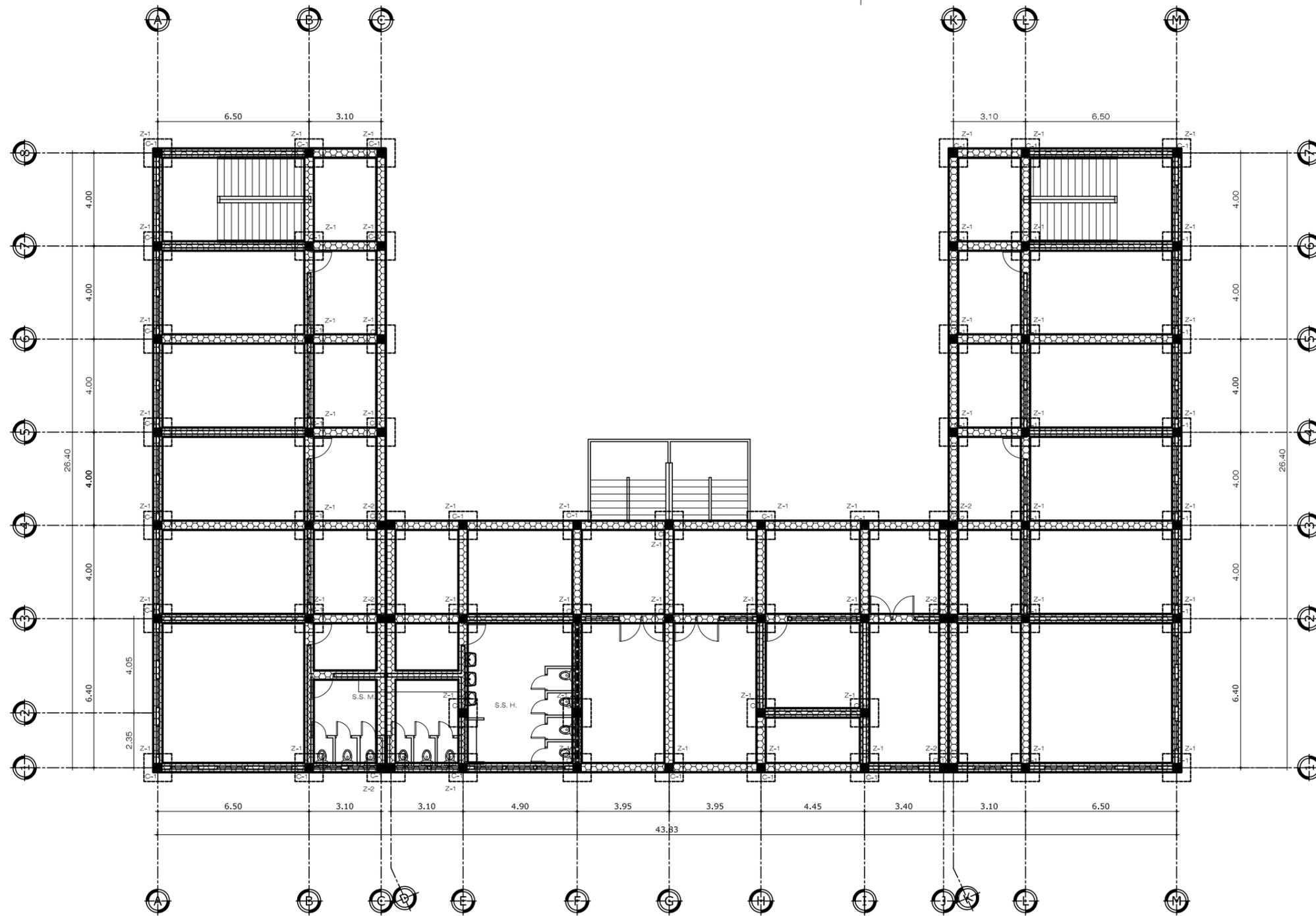


MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR:
ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO: PLANTA ALTA	PLANO DE: PLANTA DE COTAS	DIBUJO: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: MAYO DE 2,010	
CALCULO: LCFR	ESCALA: 1:200	HOJA: 5 / 20
EFESISTA LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.B. ASESOR ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA





PLANTA BAJA DE CIMENTACIÓN

ESCALA 1/200



MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
PLANTA BAJA

PLANO DE:
CIMENTACIÓN Y EST. VERTICALES

DIBUJO:
LCFR

DISEÑO:
LCFR

FECHA:
MAYO DE 2,010

CALCULO:
LCFR

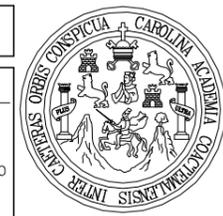
ESCALA:
1:200

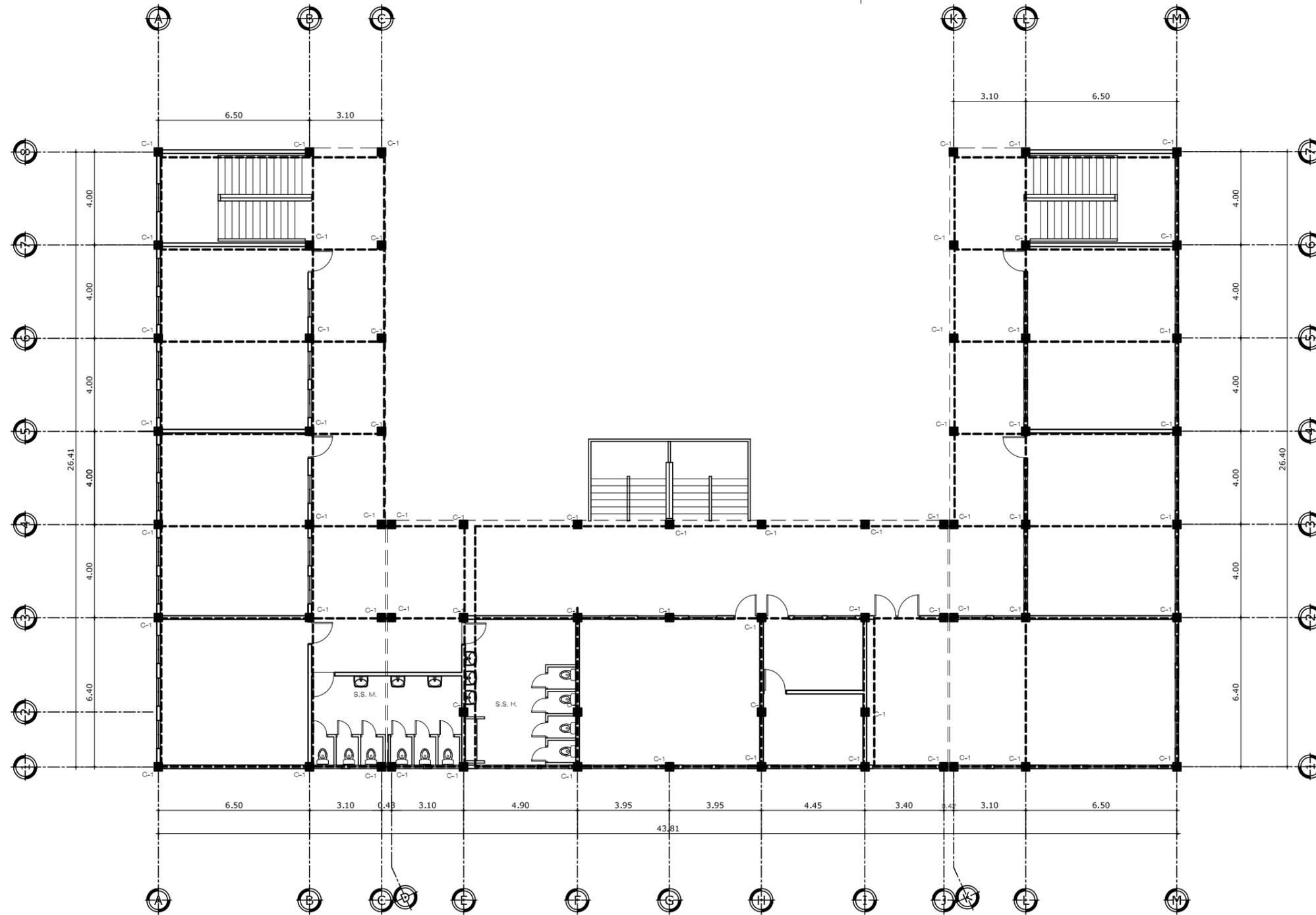
HOJA:
6

EPESISTA
LUIS CARLOS FLORES RODAS

V.B. ASESOR
ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA

20





PLANTA ALTA ESTRUCTURAS

ESCALA 1/200



MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
PLANTA ALTA

PLANO DE:
CIMENTACIÓN Y EST. VERTICALES

DIBUJO:
LCFR

DISEÑO:
LCFR

FECHA:
MAYO DE 2,010

CALCULO:
LCFR

ESCALA:
1:200

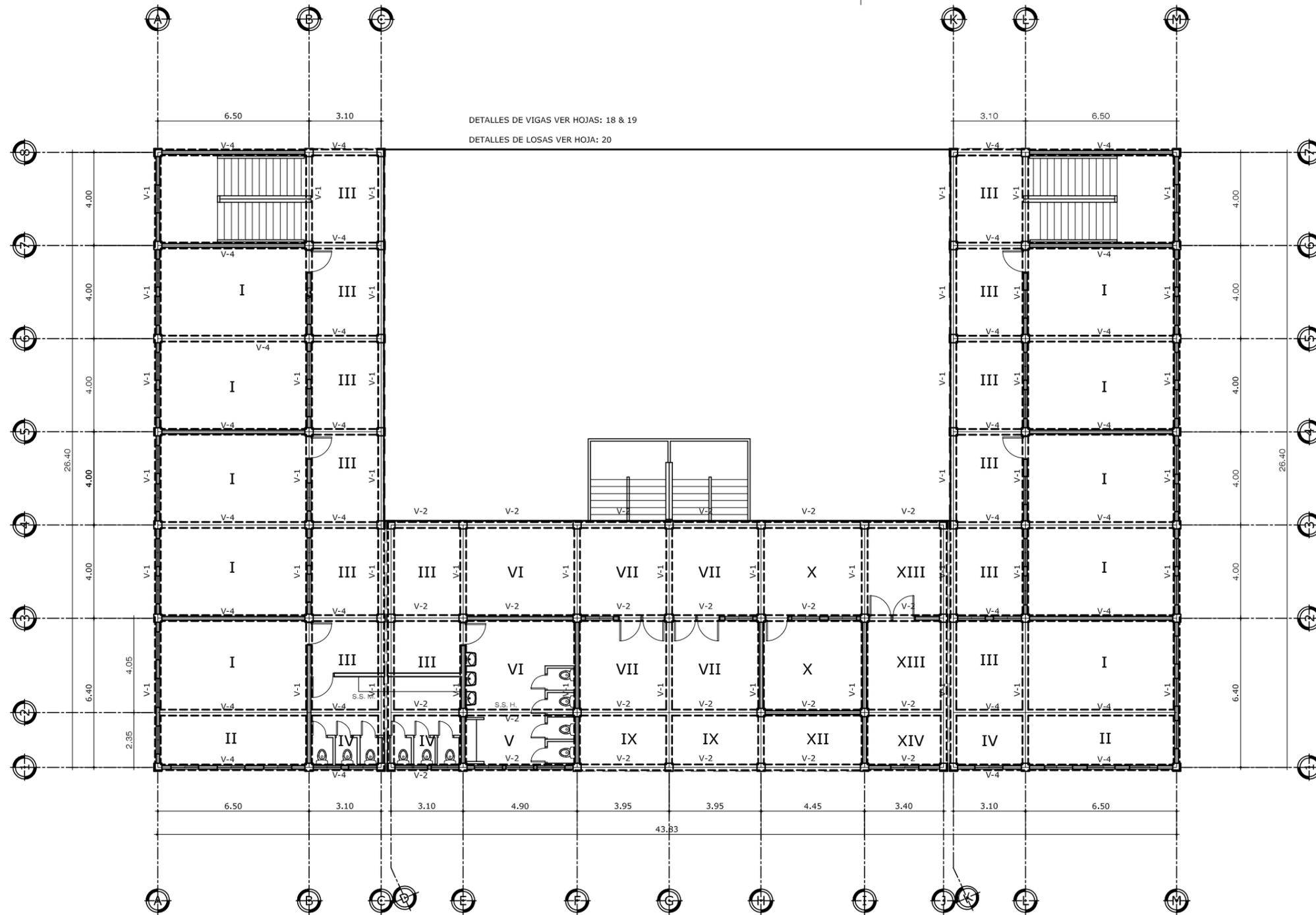
HOJA:

EPESISTA
LUIS CARLOS FLORES RODAS

V.B. ASESOR
ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA

7 / 20





DETALLES DE VIGAS VER HOJAS: 18 & 19
 DETALLES DE LOSAS VER HOJA: 20

PLANTA BAJA VIGAS Y LOSAS

ESCALA 1/200

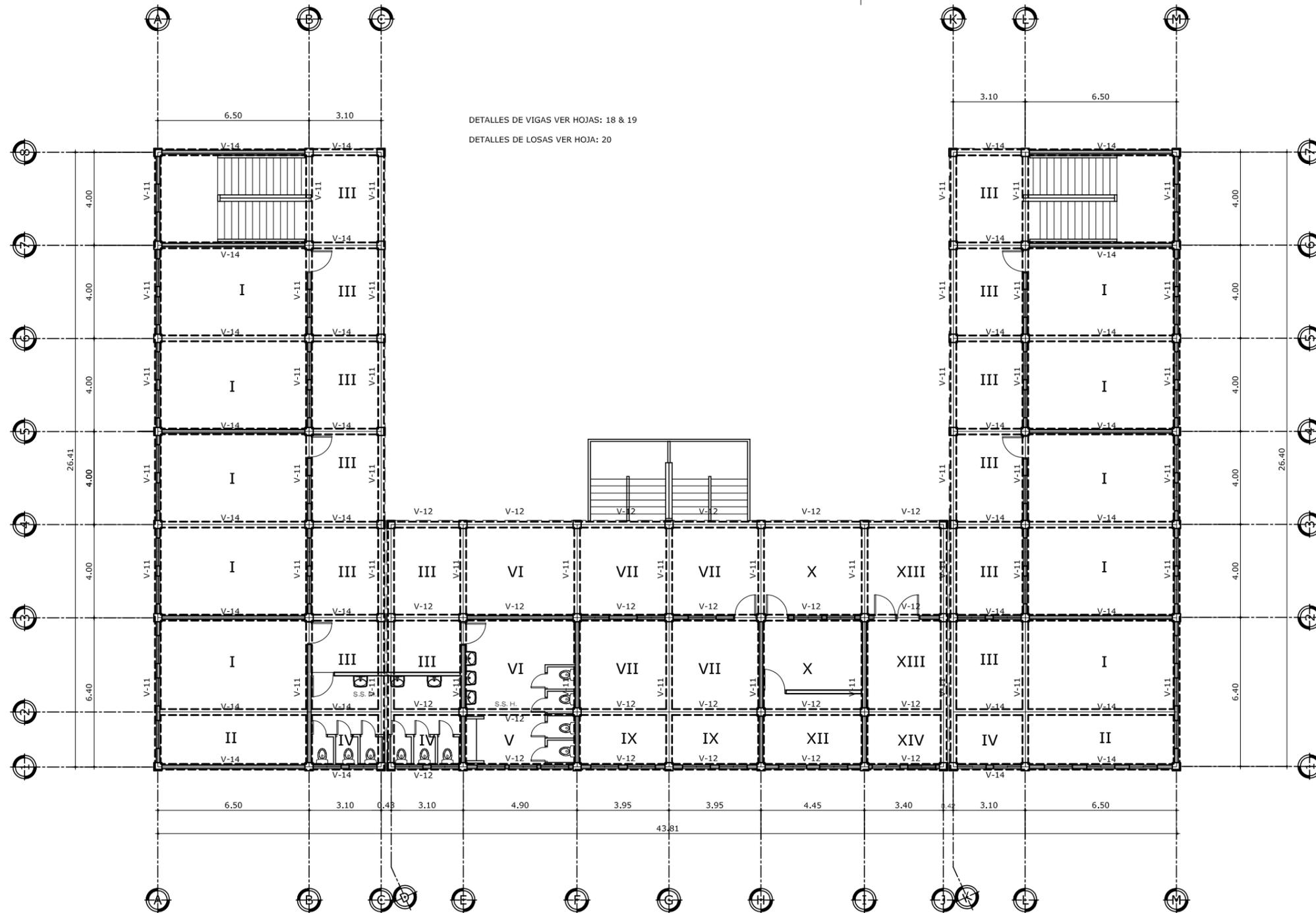


MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
 LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO: PLANTA BAJA	PLANO DE: PLANTA VIGAS Y LOSAS	DIBUJO: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: MAYO DE 2,010	
CALCULO: LCFR	ESCALA: 1:200	HOJA: 8 / 20
EPESISTA LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.B. ASESOR ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA





PLANTA ALTA VIGAS Y LOSAS

ESCALA 1/200



MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR:
ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
PLANTA ALTA

PLANO DE:
PLANTA VIGAS Y LOSAS

DIBUJO:
LCFR

DISEÑO:
LCFR

FECHA:
MAYO DE 2,010

CALCULO:
LCFR

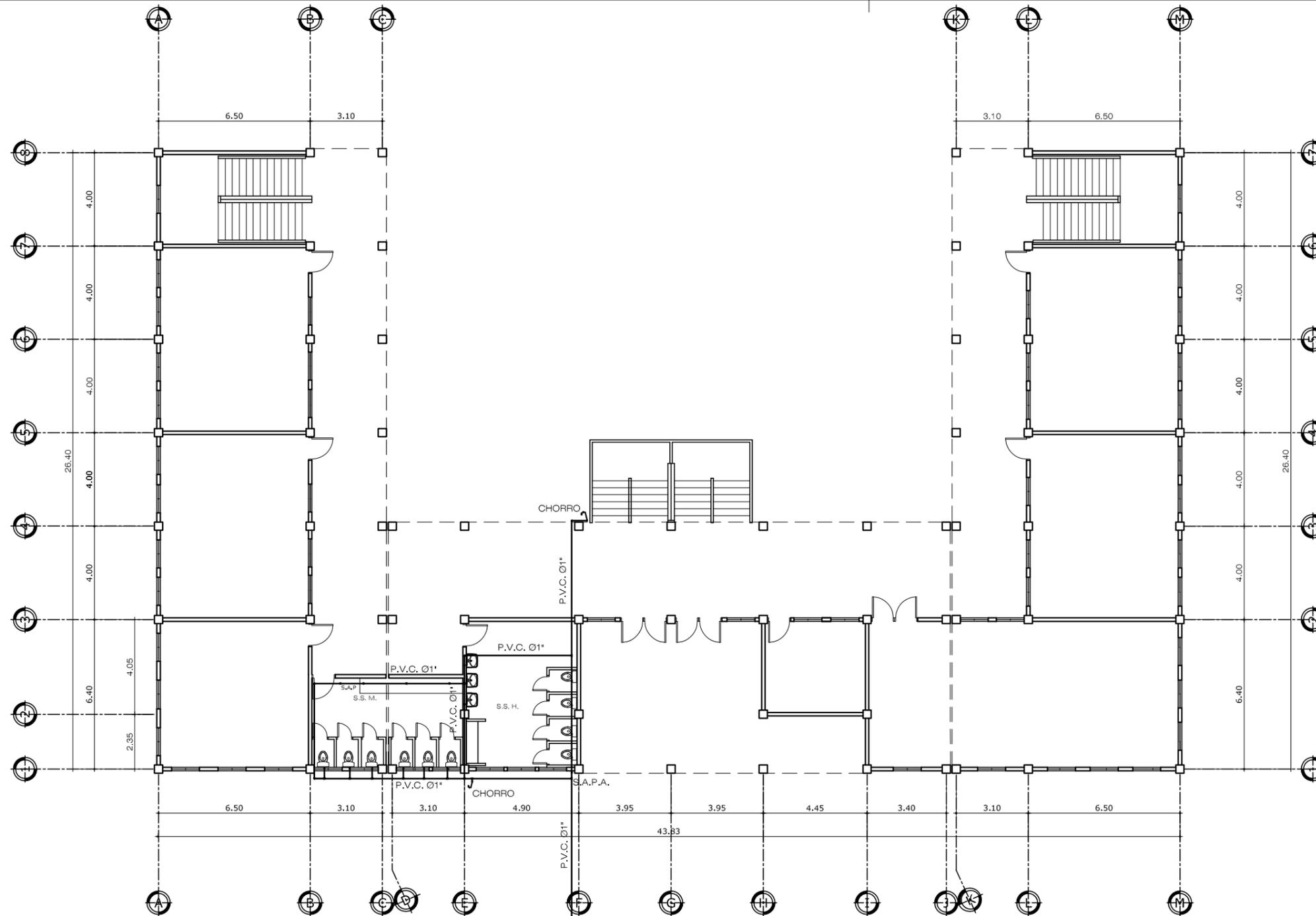
ESCALA:
1:200

HOJA:
9 / 20

EPESISTA
LUIS CARLOS FLORES RODAS

V.B. ASESOR
ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA





VIENE DE ENTRONQUE MUNICIPAL

PLANTA BAJA INST. HIDRÁULICA ESCALA 1/200



MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
PLANTA BAJA

PLANO DE:
INSTALACIONES HIDRAULICAS

DIBUJO:
LCFR

DISEÑO:
LCFR

FECHA:
MAYO DE 2,010

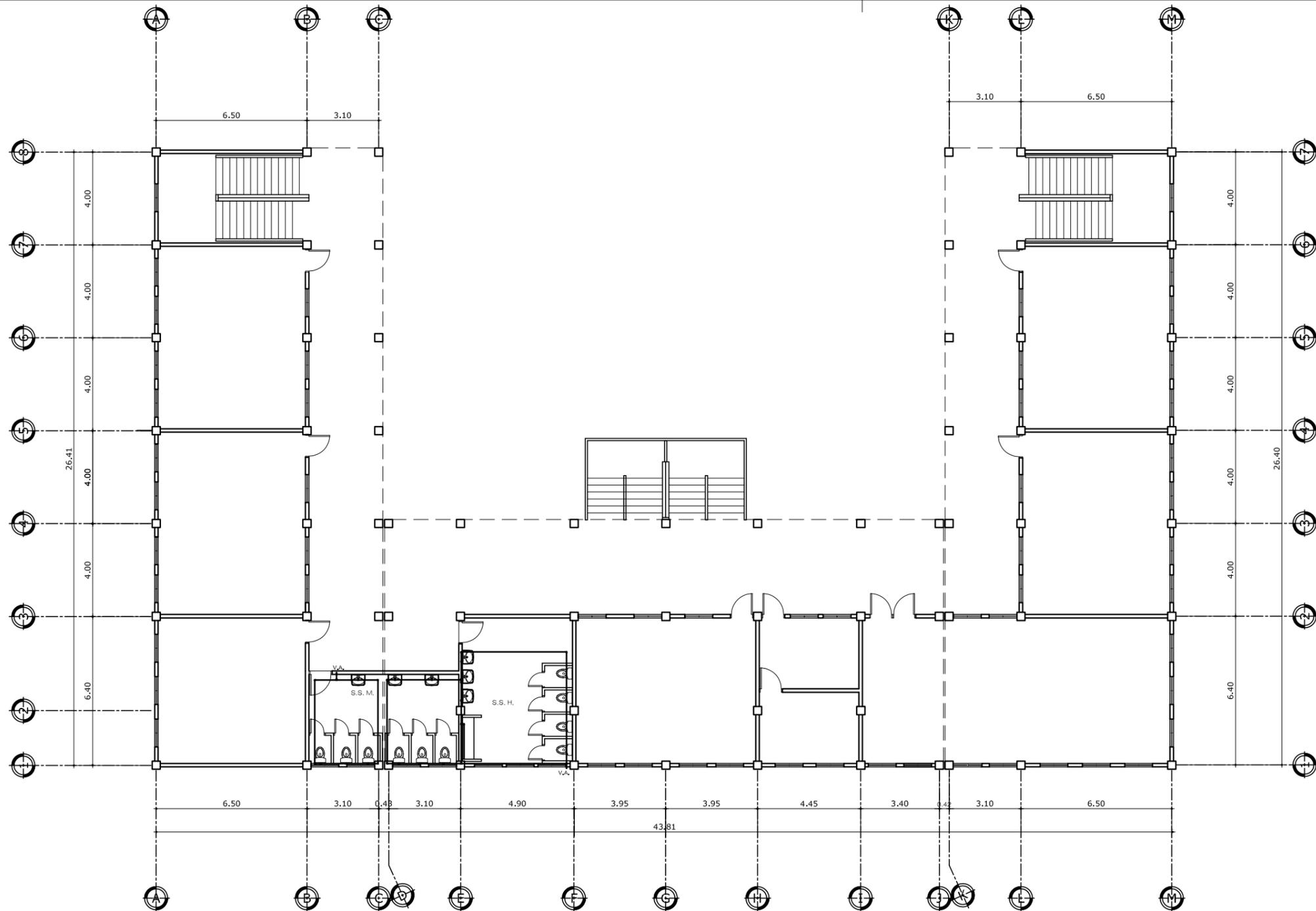
CALCULO:
LCFR

ESCALA:
1:200

HOJA:
10 / 20

EPESISTA: LUIS CARLOS FLORES RODAS
V.B. ASESOR: ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA





PLANTA ALTA INST. HIDRÁULICA ESCALA 1/200

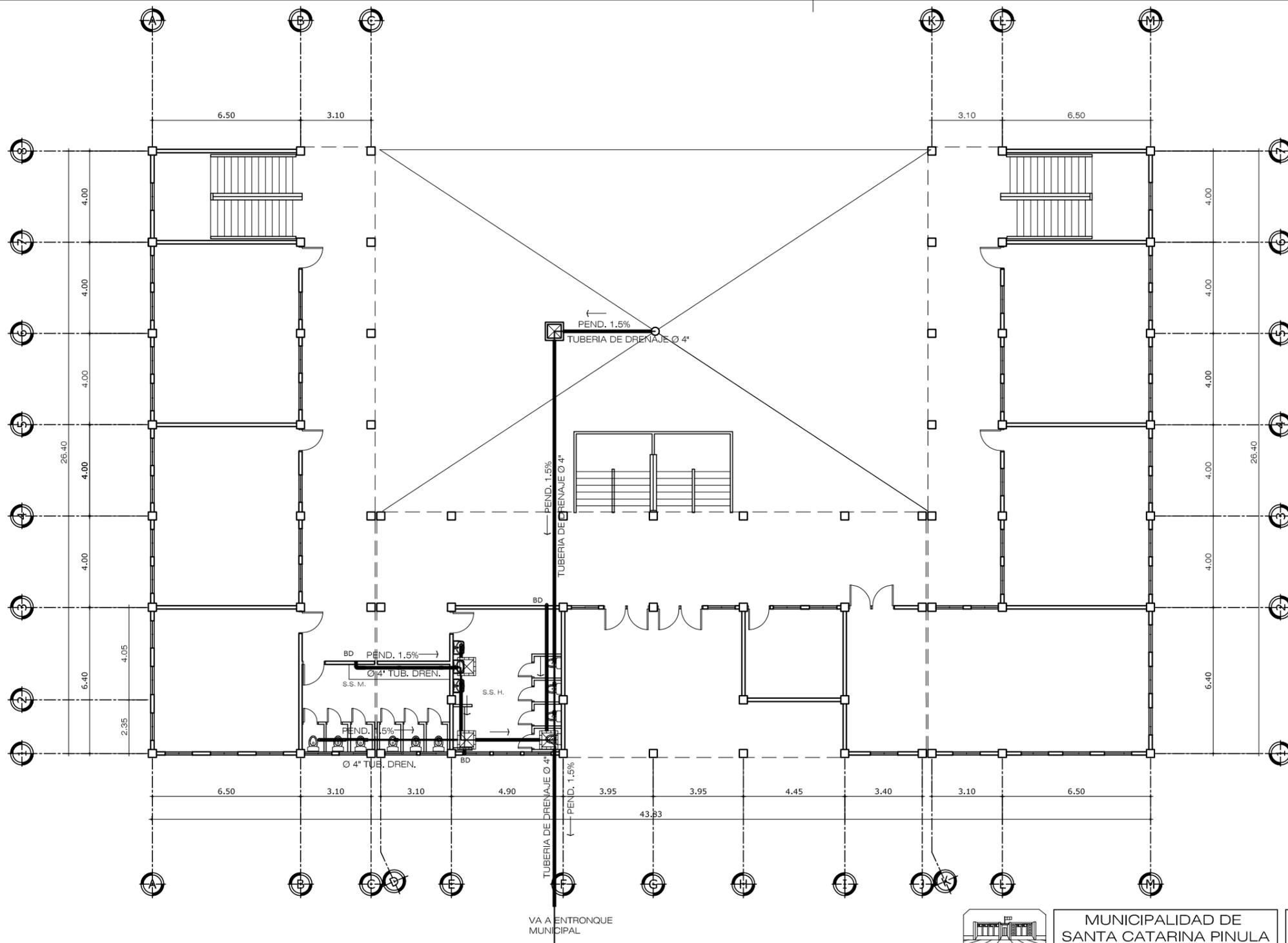


MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO: PLANTA ALTA	PLANO DE: INSTALACIONES HIDRAULICAS	DIBUJO: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: MAYO DE 2,010	
CALCULO: LCFR	ESCALA: 1:200	HOJA: 11 / 20
EPESISTA LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.B. ASESOR ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA





PLANTA BAJA DE DRENAJE

ESCALA 1/200



MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

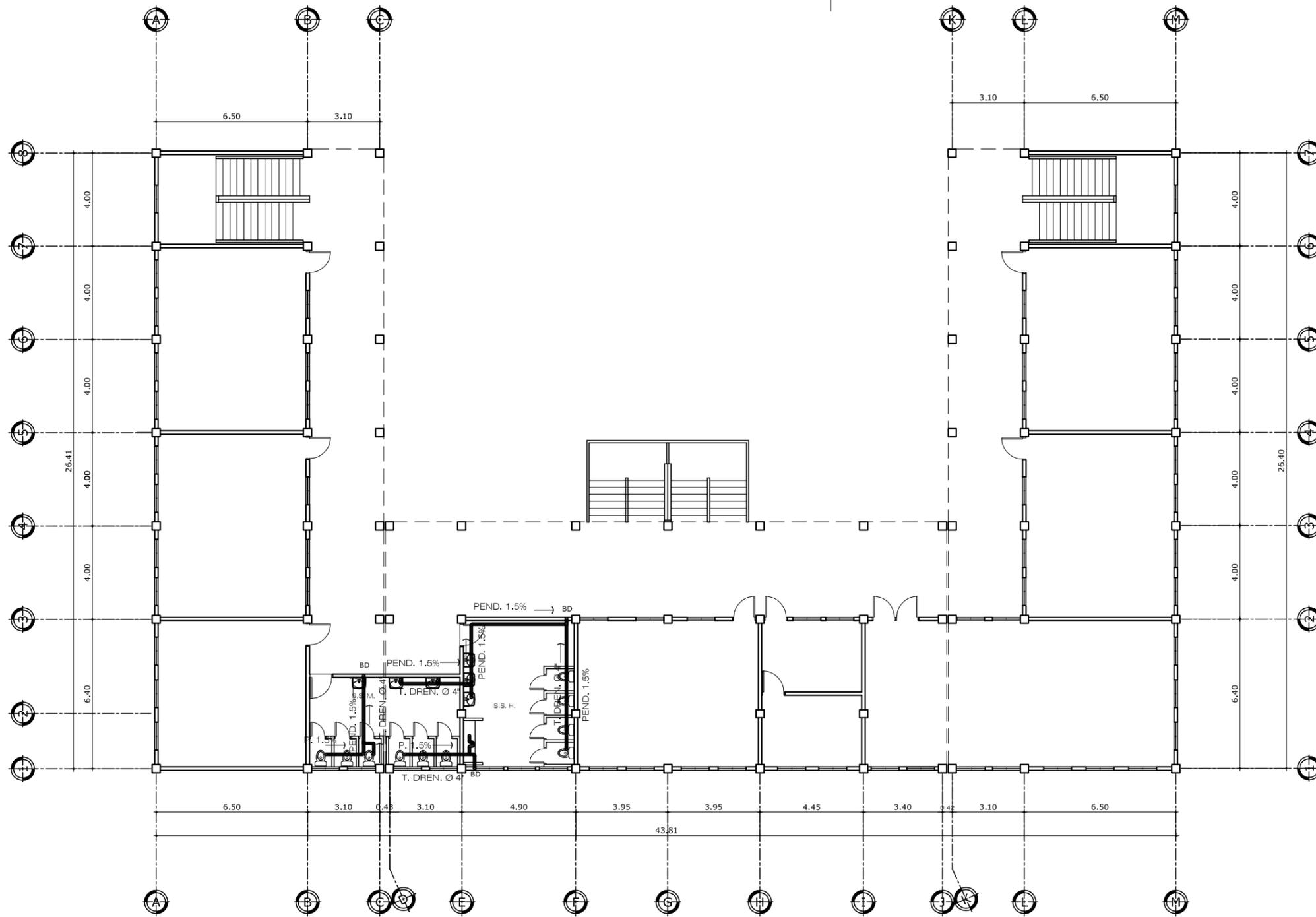
CONTENIDO: PLANTA BAJA	PLANO DE: INSTALACIONES DE DRENAJE	DIBUJO: LCFR
---------------------------	---------------------------------------	-----------------

DISEÑO: LCFR	FECHA: MAYO DE 2,010
-----------------	-------------------------

CALCULO: LCFR	ESCALA: 1:200	HOJA: 12 / 20
------------------	------------------	------------------

EPESISTA LUIS CARLOS FLORES RODAS	V.B. ASESOR ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA
--------------------------------------	--





PLANTA ALTA DE DRENAJE

ESCALA 1/200

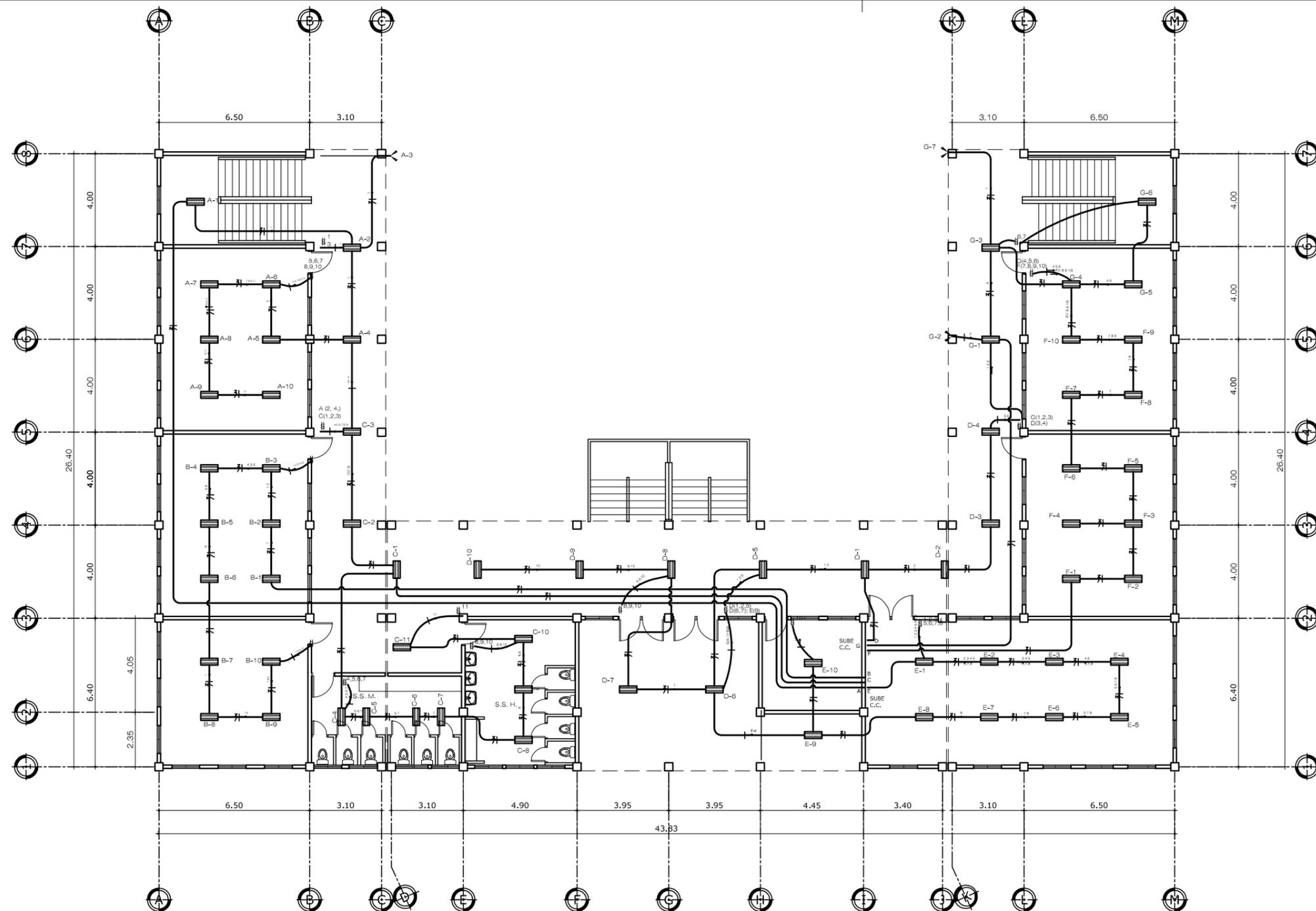


MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO: PLANTA ALTA	PLANO DE: INSTALACIONES DE DRENAJE	DIBUJO: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: MAYO DE 2,010	
CALCULO: LCFR	ESCALA: 1:200	HOJA: 13 / 20
EFESISTA LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.B. ASESOR ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA





NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.60
A-1	No. CIRCUITO
	INTERRUPTOR DOBLE h=1.20 MSNP
	INTERRUPTOR SENCILLO h=1.20 MSNP
	POLIDUCTO 3/4 EN CIELO
	CONDUCTOR POSITIVO
	CONDUCTOR NEGATIVO
	CONDUCTOR RETORNO
B-8	LAMPARA 2X40 GAS NEON
	REFLECTOR DOBLE EN PARED

PLANTA BAJA ILUMINACIÓN

ESCALA 1/200



MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR:
ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
PLANTA BAJA

PLANO DE:
PLANTA DE INSTALACIONES ELEC. ILUMINACIÓN

DIBUJO:
LCFR

DISEÑO:
LCFR

FECHA:
MAYO DE 2,010

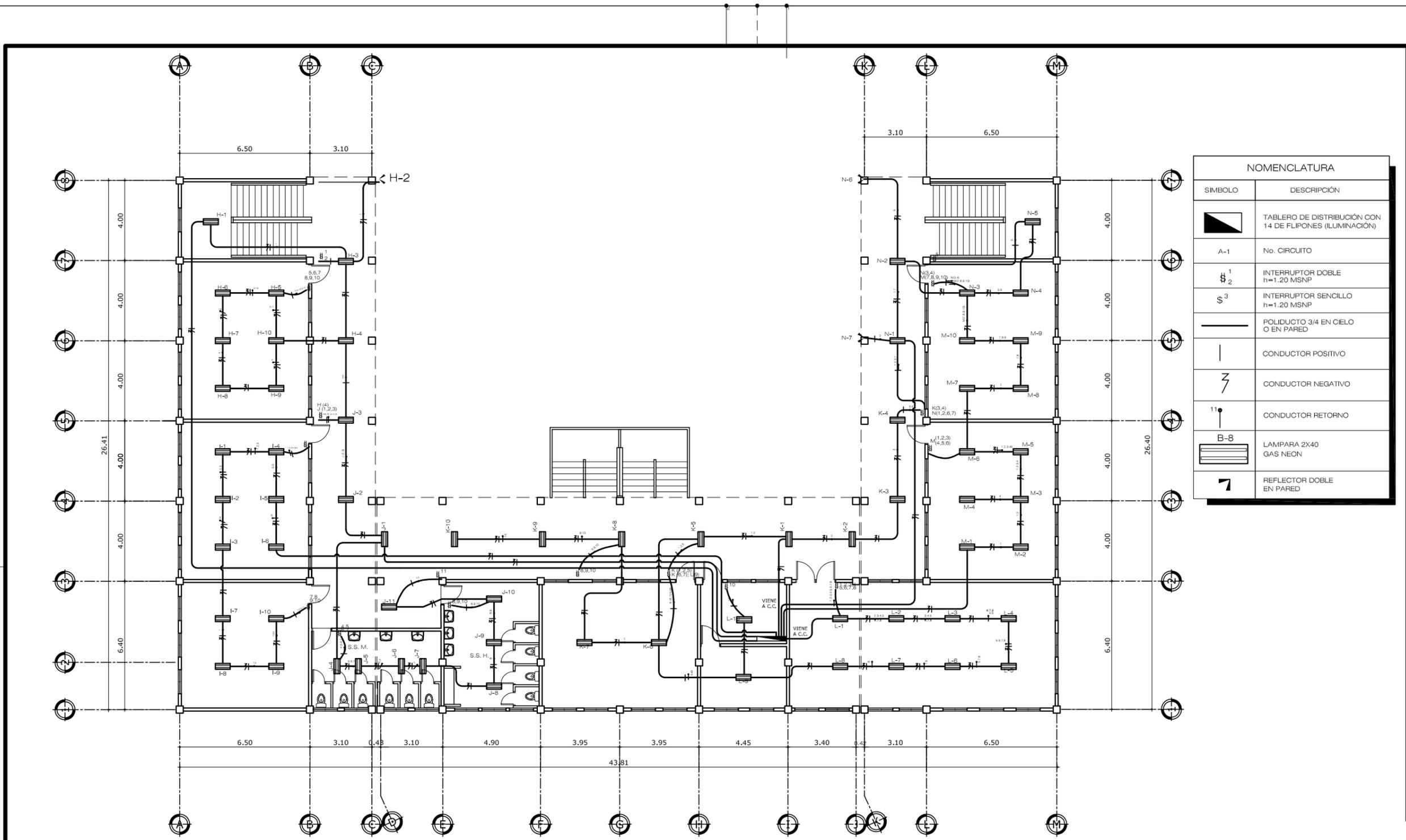
CALCULO:
LCFR

ESCALA:
1:200

HOJA:
14 / 20

EPESISTA: LUIS CARLOS FLORES RODAS
V.B. ASESOR: ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA





NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN CON 14 DE FLIPONES (ILUMINACIÓN)
A-1	No. CIRCUITO
	INTERRUPTOR DOBLE h=1.20 MSNP
	INTERRUPTOR SENCILLO h=1.20 MSNP
	POLIDUCTO 3/4 EN CIELO O EN PARED
	CONDUCTOR POSITIVO
	CONDUCTOR NEGATIVO
	CONDUCTOR RETORNO
	LAMPARA 2X40 GAS NEON
	REFLECTOR DOBLE EN PARED

PLANTA ALTA ILUMINACIÓN

ESCALA 1/200



MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
PLANTA ALTA

PLANO DE:
PLANTA DE INST. ELEC. ILUMINACIÓN

DIBUJO:
LUIS CARLOS FLORES

DISEÑO:
LUIS CARLOS FLORES

FECHA:
MAYO DE 2,010

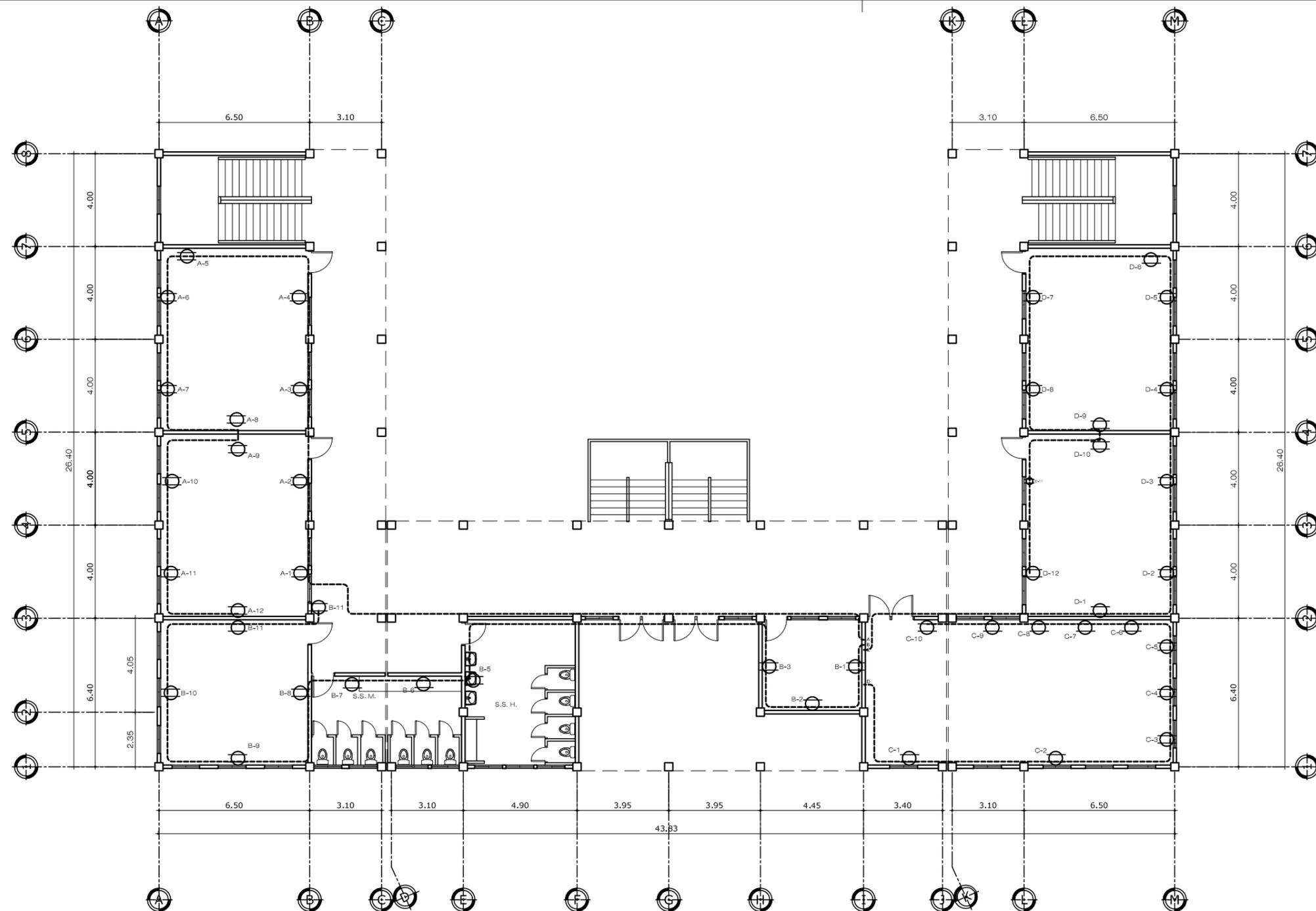
CALCULO:
LUIS CARLOS FLORES

ESCALA:
1:200

EPESISTA: LUIS CARLOS FLORES RODAS
V.B. ASESOR: ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA

HOJA:
15 / 20





NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	CONTADOR
	TABLERO DE DISTRIBUCION H=1.00
A-1	HO. CIRCUITO
	TOMACORRIENTE DOBLE EN PARED A 0.30 M DE SF
	POLIDUCTO 3/4 EN CIELO
	POLIDUCTO 3/4 PARED Y/O PISO 120 VOLTS.
	CONDUCTOR POSITIVO
	CONDUCTOR NEGATIVO
	CONDUCTOR NEUTRO
	POLIDUCTO 3/4 PARED Y/O PISO 240 VOLTS.
	TOMACORRIENTE 240 VOLTS.

PLANTA BAJA ELEC. FUERZA ESCALA 1/200

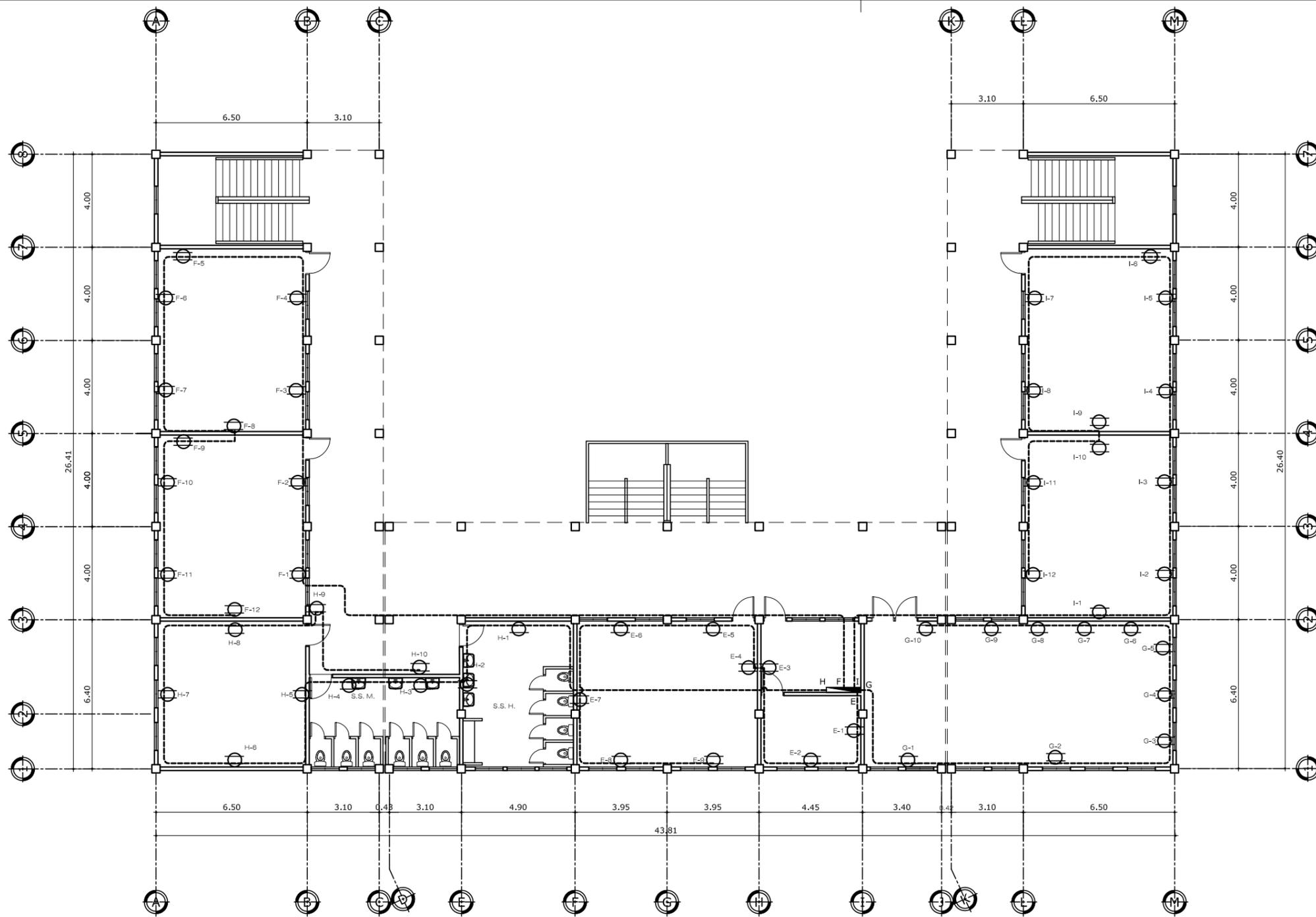


MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO: PLANTA BAJA	PLANO DE: PLANTA DE INSTALACIONES ELEC. FUERZA	DIBUJO: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: MAYO DE 2,010	
CALCULO: LCFR	ESCALA: 1:200	HOJA: 16 / 20
EFESISTA LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.B. ASESOR ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA





NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CONTADOR
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.00
A-1	RL. CIRCUITO
	TOMACORRIENTE DOBLE EN PARED A 0.30 M SFP
	POLIDUCTO 3/4 EN CIELO
	POLIDUCTO 3/4 PARED Y/O PISO 120 VOLTS.
	CONDUCTOR POSITIVO
	CONDUCTOR NEGATIVO
	CONDUCTOR NEUTRO
	POLIDUCTO 3/4 PARED Y/O PISO 240 VOLTS.
	TOMACORRIENTE 240 VOLTS.

PLANTA ALTA ELEC. FUERZA ESCALA 1/200



MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

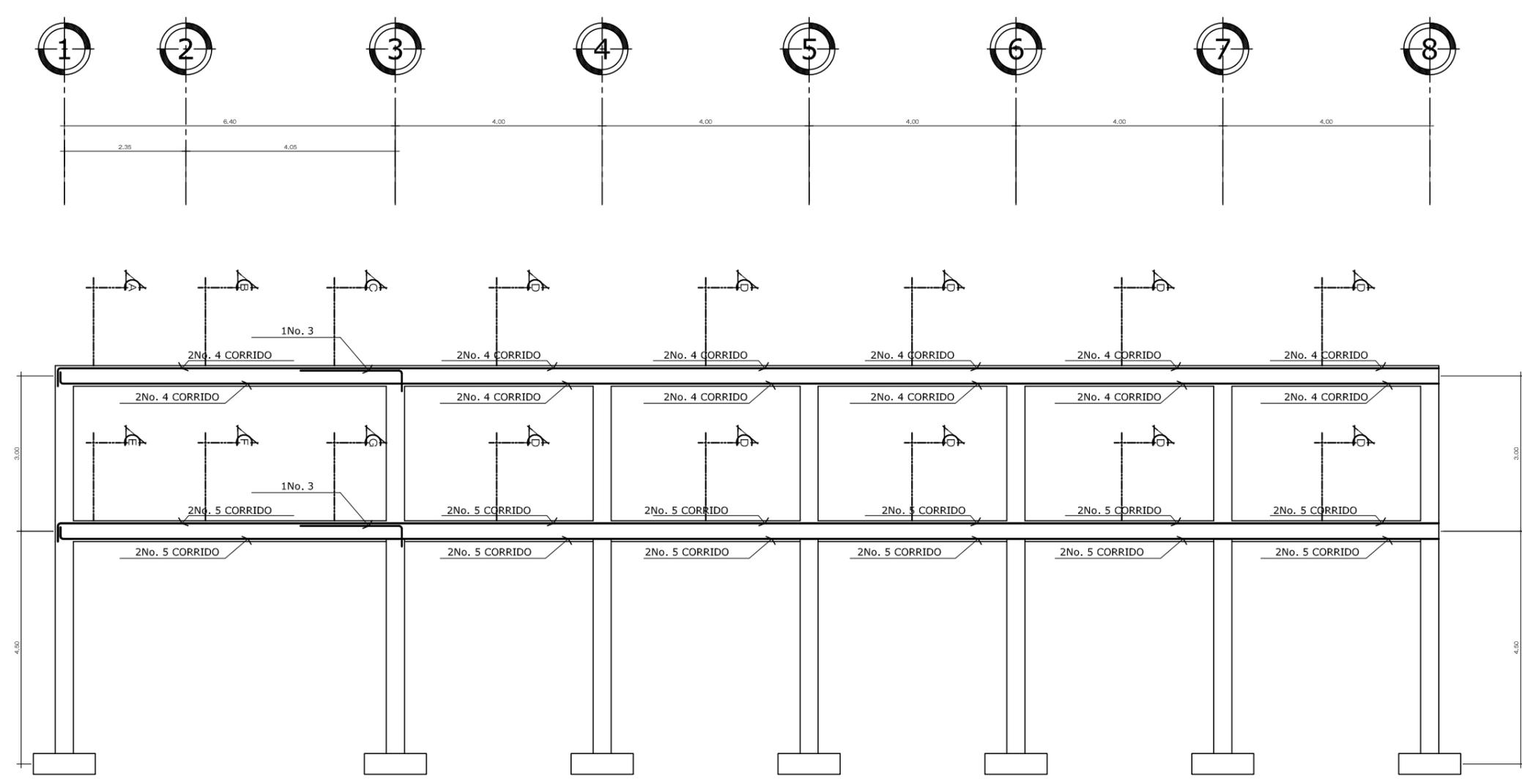
CONTENIDO: PLANTA ALTA	PLANO DE: PLANTA DE INST. ELEC. FUERZA	DIBUJO: LCFR
---------------------------	---	-----------------

DISEÑO: LCFR	FECHA: MAYO DE 2,010
-----------------	-------------------------

CALCULO: LCFR	ESCALA: 1:200	HOJA: 17 / 20
------------------	------------------	------------------

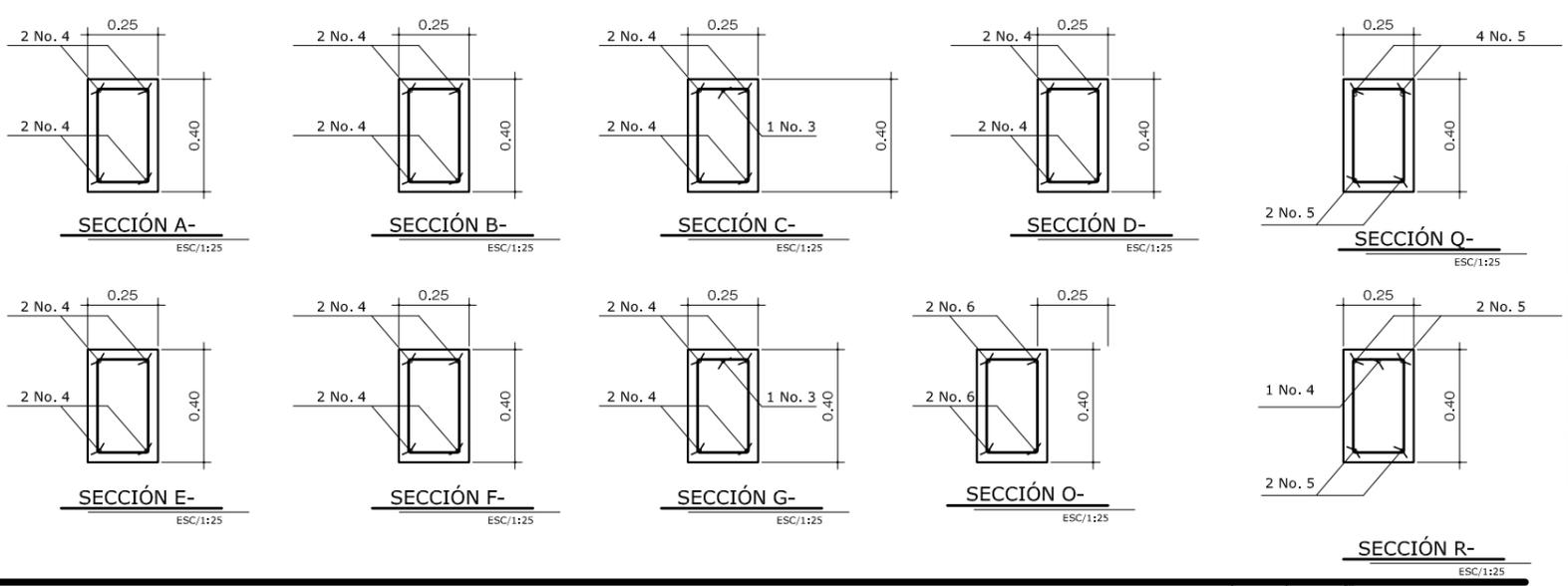
EPESISTA: LUIS CARLOS FLORES RODAS
V.B. ASESOR: ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA





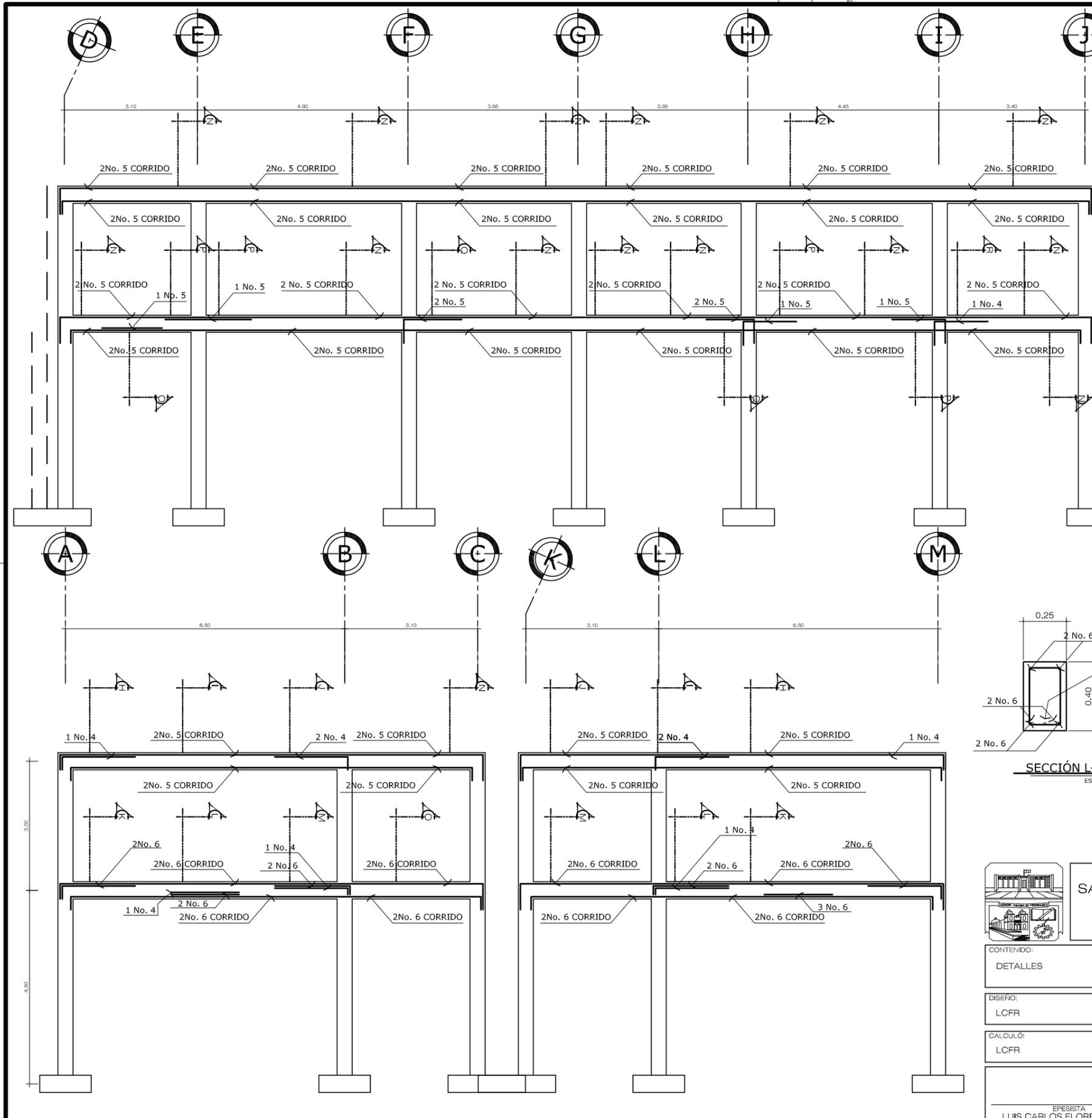
DETALLES DE VIGAS (ARMADO)

DETALLES DE VIGAS (SECCIONES)

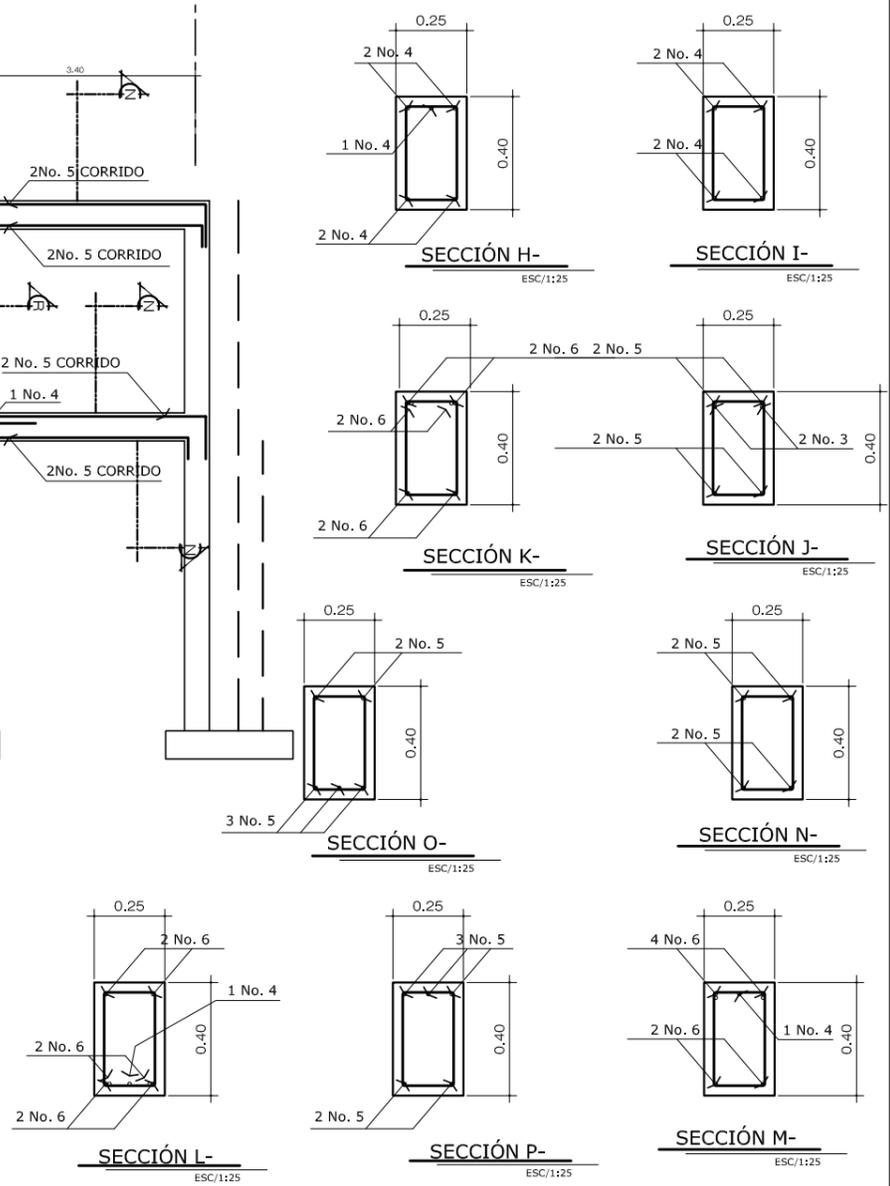


 <p>MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>		<p>PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN</p> <p>LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA</p>
<p>CONTENIDO: DETALLES</p>	<p>PLANO DE: VIGAS Y SECCIONES DE VIGAS</p>	<p>DIBUJO: LCFR</p>
<p>DISEÑO: LCFR</p>	<p>FECHA: MAYO DE 2,010</p>	
<p>CALCULO: LCFR</p>	<p>ESCALA: 1:200</p>	<p>HOJA: 18 / 20</p>
<p>EPESISTA LUIS CARLOS FLORES RODAS</p>		<p>V.B. ASESOR ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA</p>



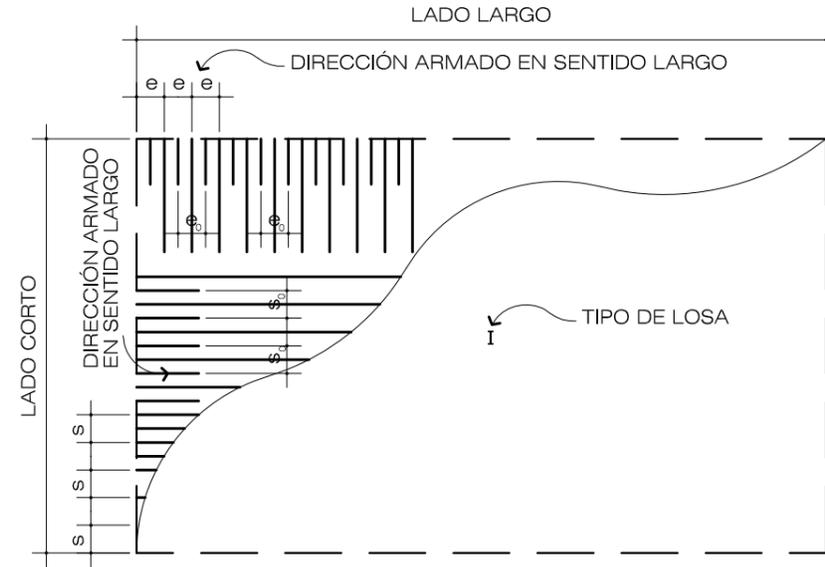
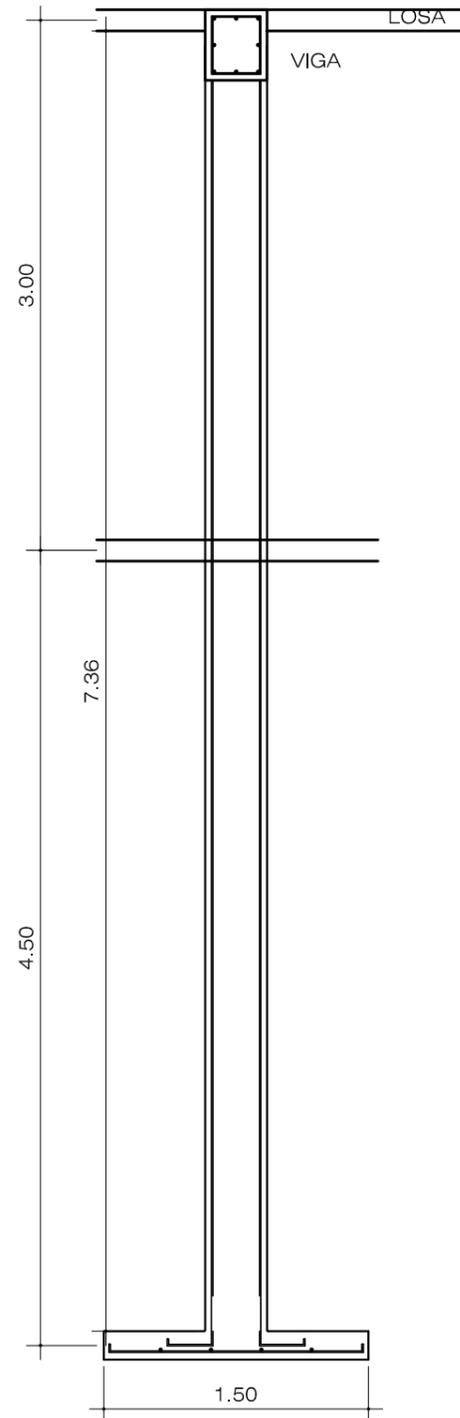


DETALLES DE VIGAS (SECCIONES)



	<p>MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA</p>		<p>PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN</p>
	<p>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>		<p>LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA</p>
<p>CONTENIDO: DETALLES</p>	<p>PLANO DE: VIGAS Y SECCIONES DE VIGAS</p>	<p>DIBUJO: LCFR</p>	
<p>DISEÑO: LCFR</p>	<p>FECHA: MAYO 2,010</p>		
<p>CALCULO: LCFR</p>	<p>ESCALA: 1:200</p>	<p>HOJA: 19 / 20</p>	
<p>EPESISTA LUIS CARLOS FLORES RODAS</p>		<p>V.B. ASESOR ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA</p>	

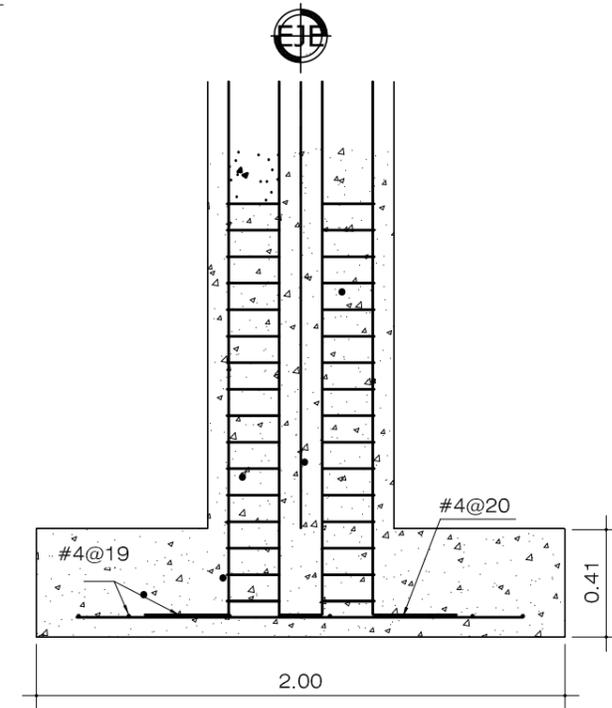




DETALLE DE ARMADO DE LOSA

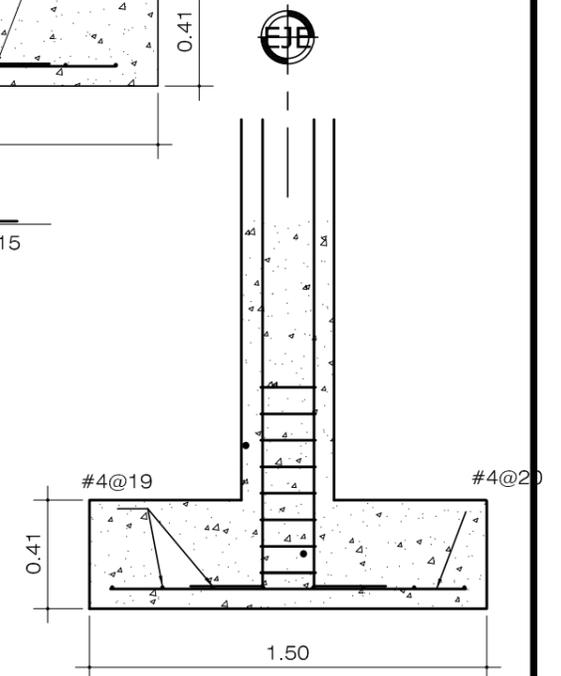
ESCALA 1:25

		PLANTILLA DE LOSAS				
		LADO LARGO		LADO CORTO		
TIPO	HIERRO #	e	e _o	S	S _o	
1 er NIVEL	I	3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.25	
	II	3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.25	
	III	3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.25	
	IV	3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.25	
	VI	3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.25	
	VII	3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.20	
	VIII	3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.25	
	X	3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.25	
	XII	3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.25	
	XIII	3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.25	
	XIV	3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.25	
	2 do NIVEL	I	3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.25
		II	3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.25
		III	3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.25
IV		3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.25	
VI		3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.20	
VII		3	@ 0.25	@ 0.25	@ 0.20	



ZAPATA TIPO Z-2

ESCALA 1:15



ZAPATA TIPO Z-1

ESCALA 1:15



MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN

LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
ESTRUCTURAS

PLANO DE:
DETALLES DE LOSAS, COLUMNAS Y ZAPATAS

DIBUJO:
LCFR

DISEÑO:
LCFR

FECHA:
MAYO DE 2,010

CALCULO:
LCFR

ESCALA:
1:40

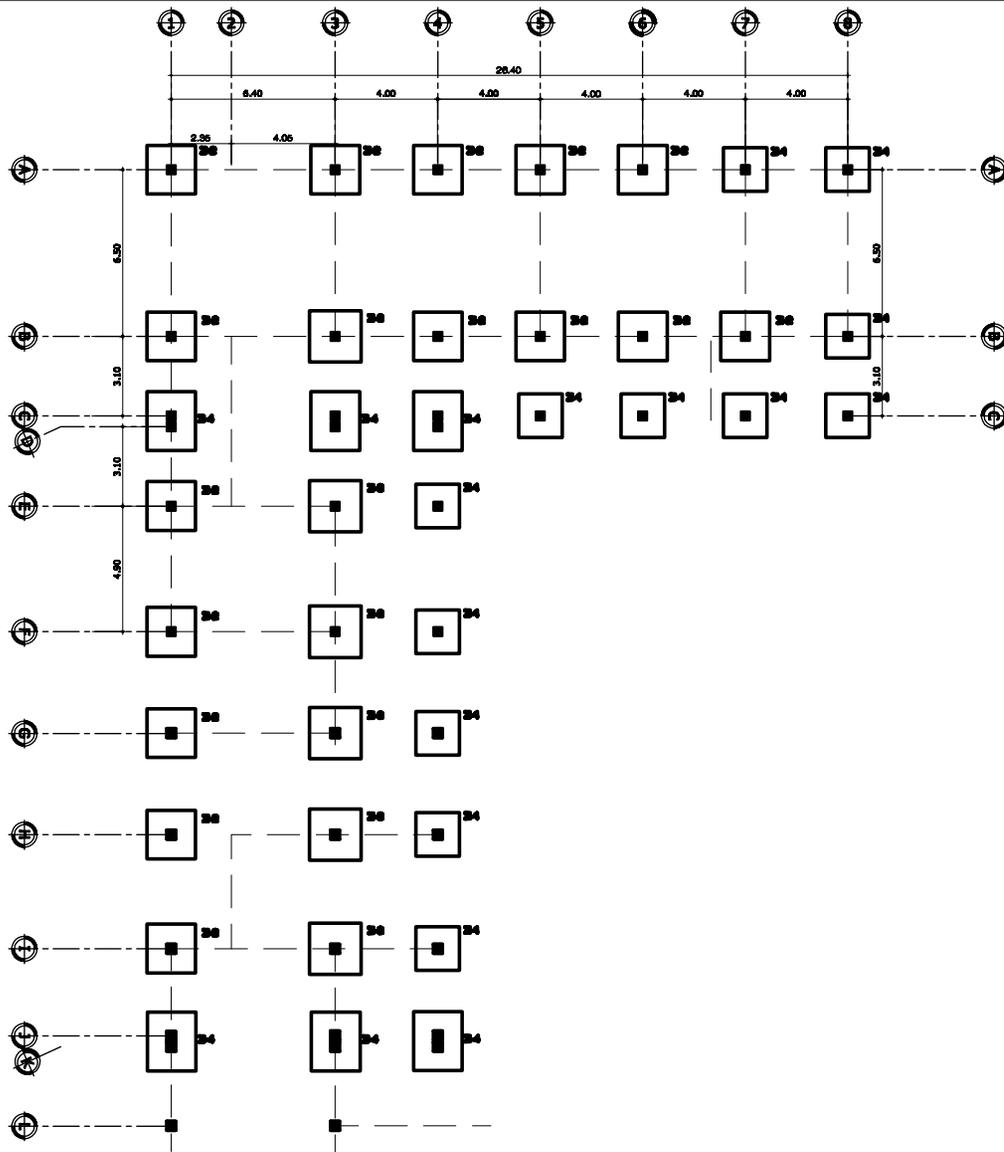
HOJA:

20 / 20

EPESISTA
LUIS CARLOS FLORES RODAS

V.B. ASESOR
ING. MANUEL AFLREDO ARRIVILLAGA





PLANTA DE CIMENTACION

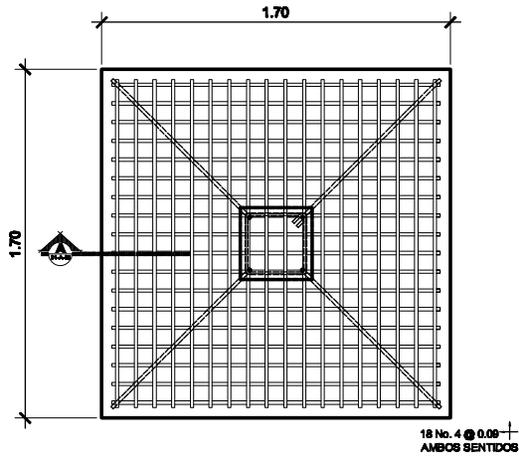
ESCALA 1/200



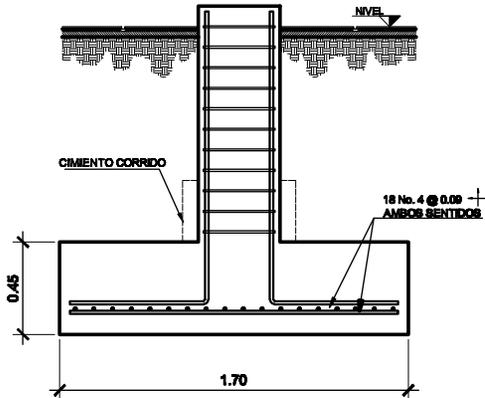
MUNICIPALIDAD DE
SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL
SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA
EL CARMEN
LUGAR:
ALDEA EL CARMEN,
SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO: PLANTA DE ORIENTACION	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DELIBER: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CALCULO: LCFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES ROSAS		HOJA: 1 / 02
V.E. ASesor: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

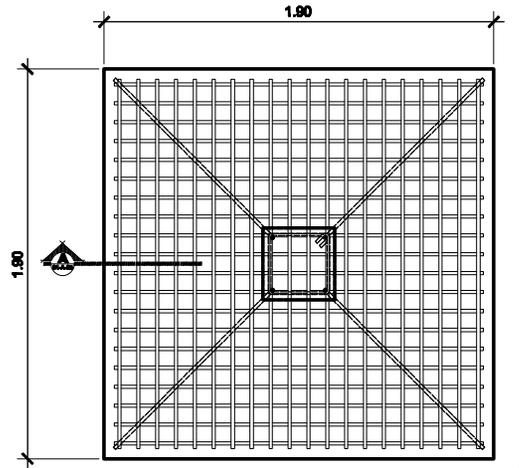


PLANTA

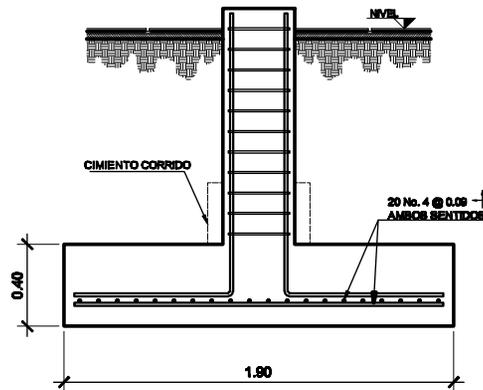


COORTE
ZAPATA TIPO Z-1

ESCALA 1/25

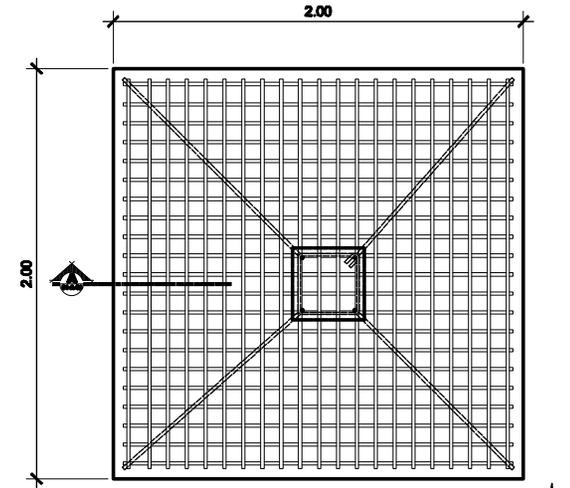


PLANTA

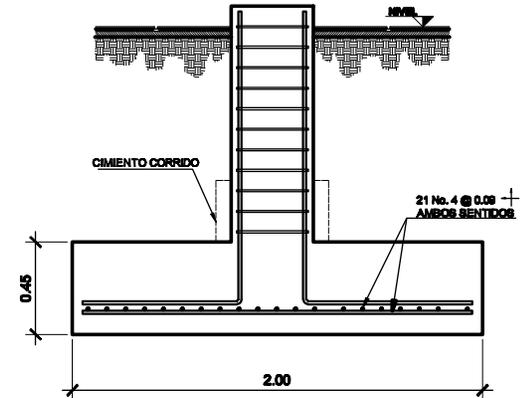


COORTE
ZAPATA TIPO Z-2

ESCALA 1/25



PLANTA



COORTE
ZAPATA TIPO Z-3

ESCALA 1/25



MUNICIPALIDAD DE
SANTA CATARINA PINULA

EJERCICIO PROFESIONAL
SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA
EL CARMEN
LUGAR:
ALDEA EL CARMEN,
SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
DISEÑO DE ZAPATAS

PLANO DE:
DETALLE DE ESTRUCTURAS

DIBUJO:
LCFR

DISEÑO:
LCFR

FECHA:
AGOSTO DE 2011

CALCULO:
LCFR

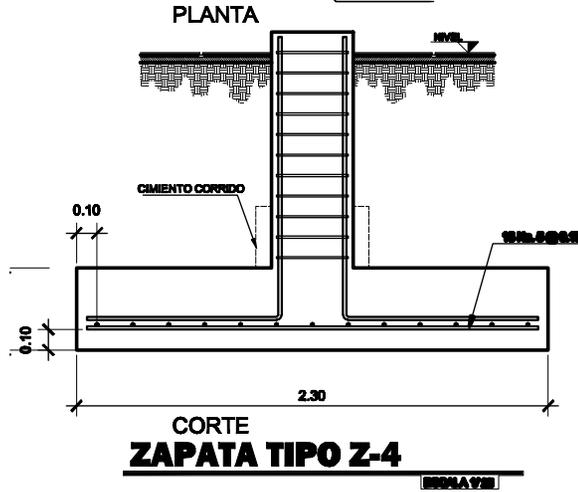
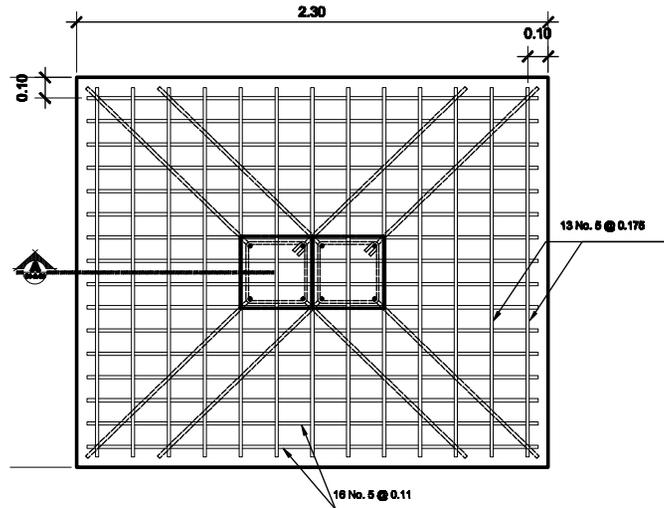
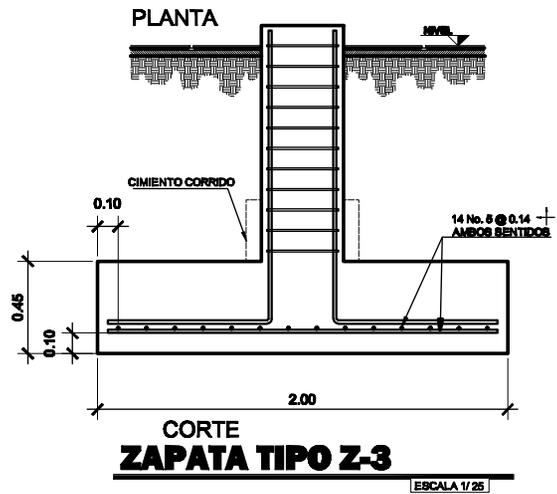
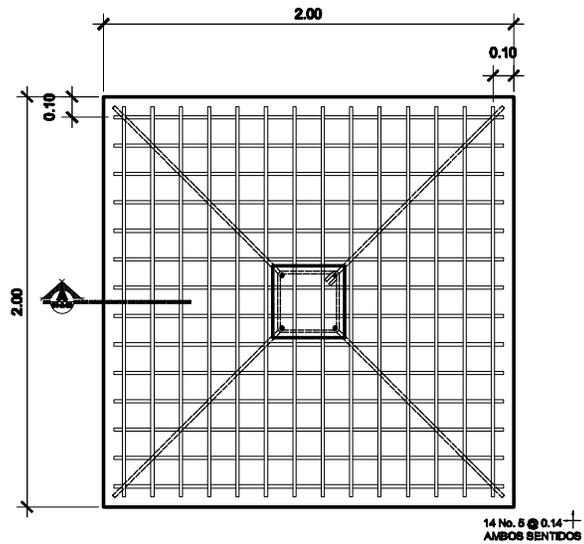
ESCALA:
1:100

HOJA:
2

ESPESITA
LUIS CARLOS FLORES POZAS

V.E. AMBOS
ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA





MUNICIPALIDAD DE
SANTA CATARINA PINULA

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA
EL CARMEN
LUGAR:
ALDEA EL CARMEN,
SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
DISEÑO DE ZAPATAS

PLANO DE:
DETALLE DE ESTRUCTURAS

DISEÑO:
LCFR

FECHA:
AGOSTO DE 2011

ESCALA:
1:100

HOJA:
5

PROYECTISTA:
LUIS CARLOS FLORES ROSAS

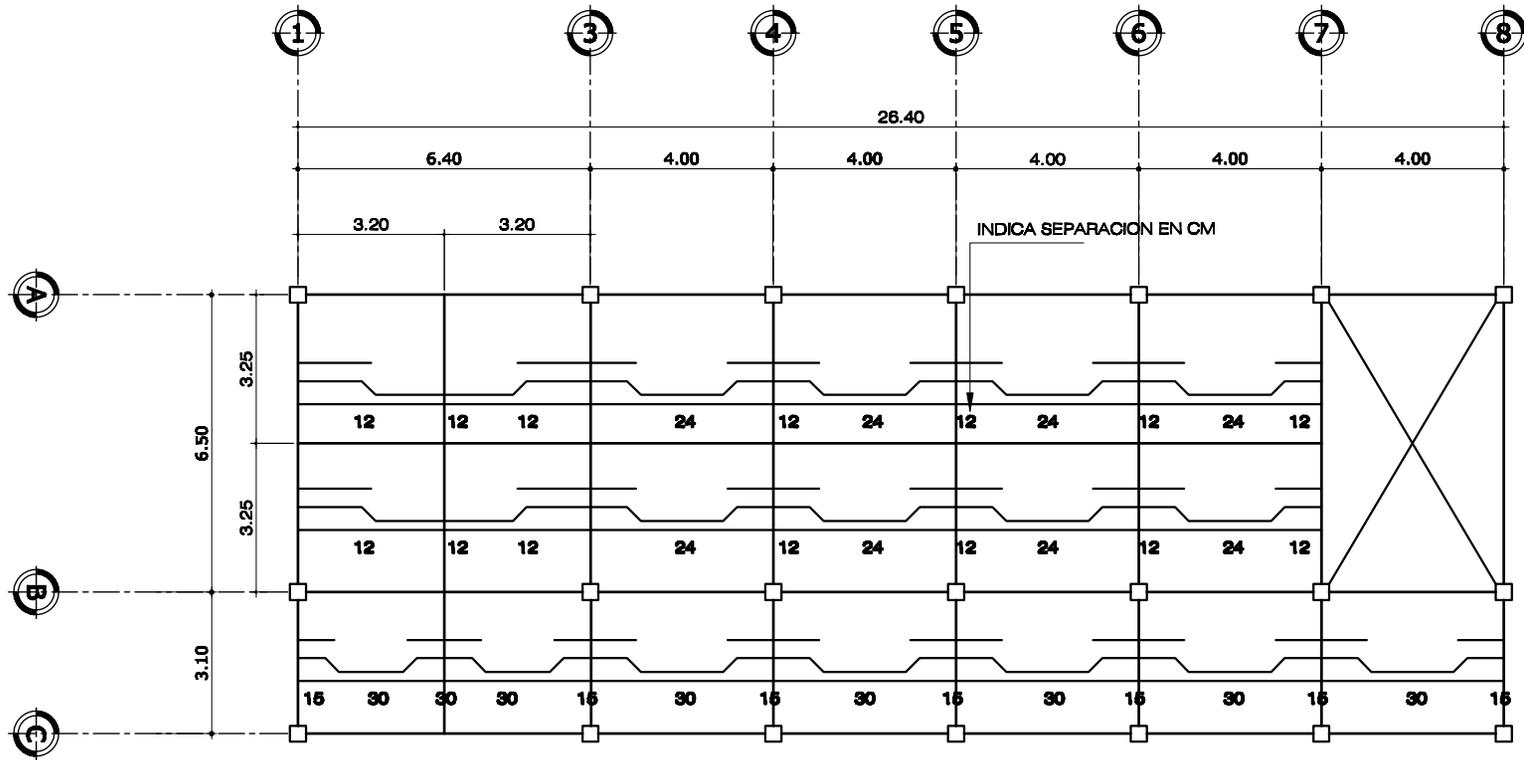
V.E. ASESOR:
ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA





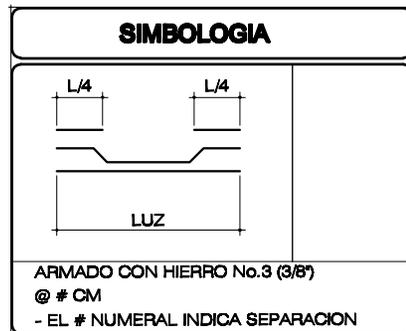
SIMBOLOGIA	
□	INDICA COLUMNA
—	INDICA VIGA
○	NUMERO DE SEGMENTO DE LOSA

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
CONTENIDO: DISEÑO FINAL DE LOSAS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LCPR
DISEÑO: LCPR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CALCULO: LCPR	ESCALA: 1:100	
HOJA: 4		
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POCAE		V.E. ASesor: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA



ARMADO DE LOSA EN X-X. PARA TRAMO 1

ESCALA 1/100



MUNICIPALIDAD DE
SANTA CATARINA PINULA

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA
EL CARMEN
LUGAR:
ALDEA EL CARMEN,
SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
ARMADO DE LOSA

PLANO DE:
DETALLE DE ESTRUCTURAS

DIBUJO:
LCFR

DISEÑO:
LCFR

FECHA:
AGOSTO DE 2011

CALCULO:
LCFR

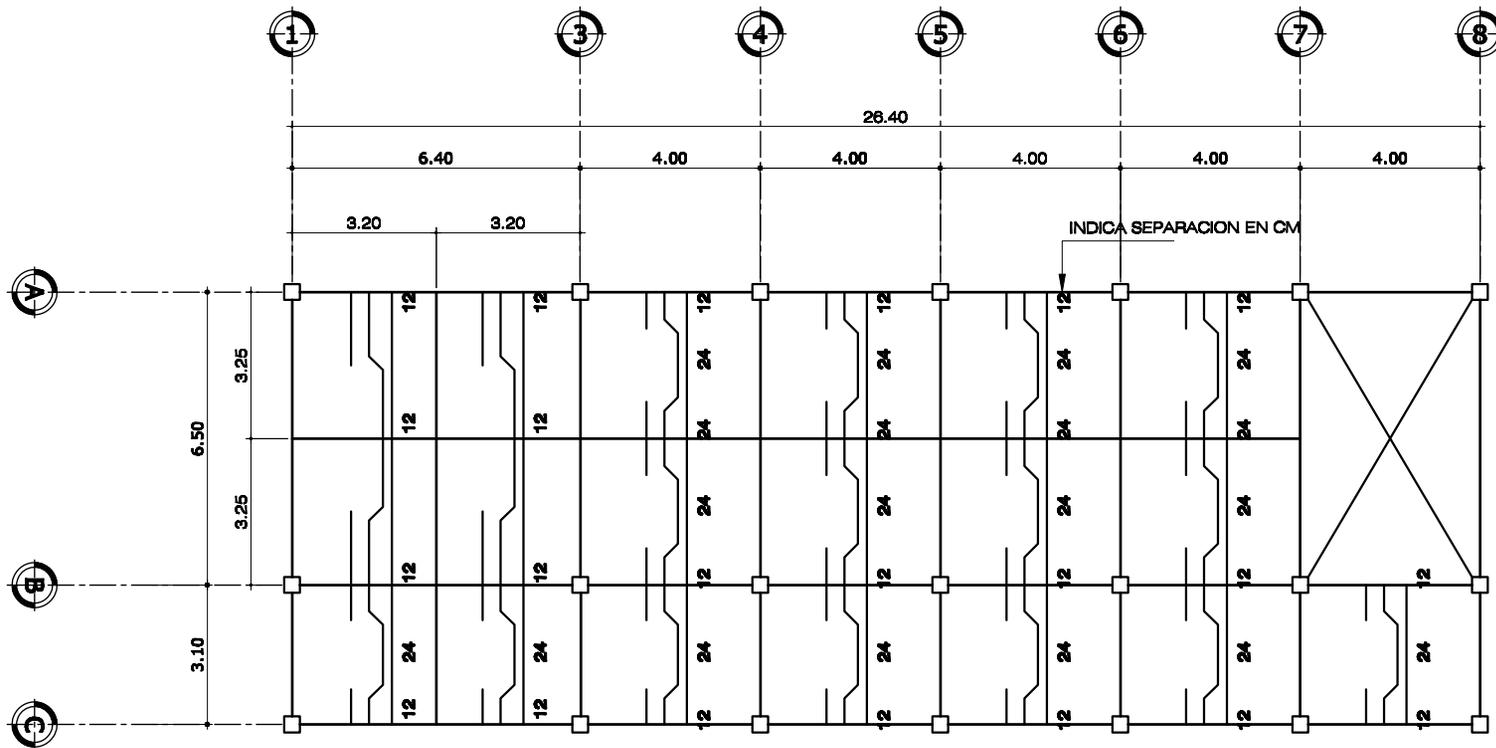
ESCALA:
1:100

HOJA:
5

EFECTUA
LUIS CARLOS FLORES ROSAS

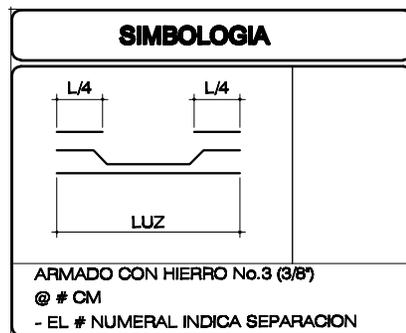
V.E. APROBADO
ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA





ARMADO DE LOSA EN Y-Y. PARA TRAMO 1

ESCALA 1/100



MUNICIPALIDAD DE
SANTA CATARINA PINULA
 EJERCICIO PROFESIONAL
 SUPERVISADO

PROYECTO:
 DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA
 EL CARMEN
 LUGAR:
 ALDEA EL CARMEN,
 SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
 ARMADO DE LOSA

PLANO DE:
 DETALLE DE ESTRUCTURAS

DESEÑO:
 LCPR

FECHA:
 LCPR

FECHA:
 AGOSTO DE 2011

CALCULO:
 LCPR

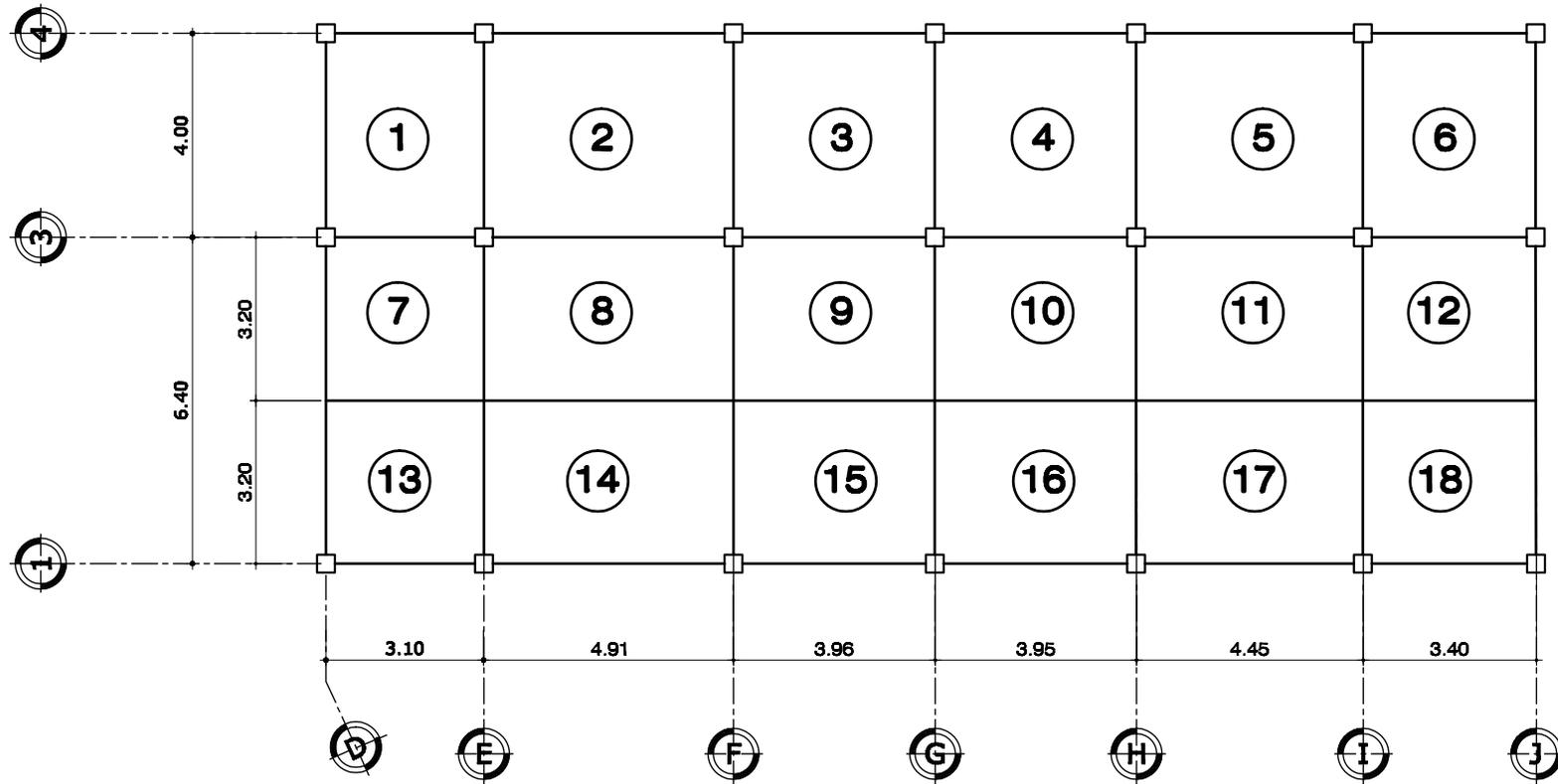
ESCALA:
 1:100

HOJA:
 1 / 1

EFECTUA
 LUIS CARLOS FLORES POZAS

V.E. AMBOS
 ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA



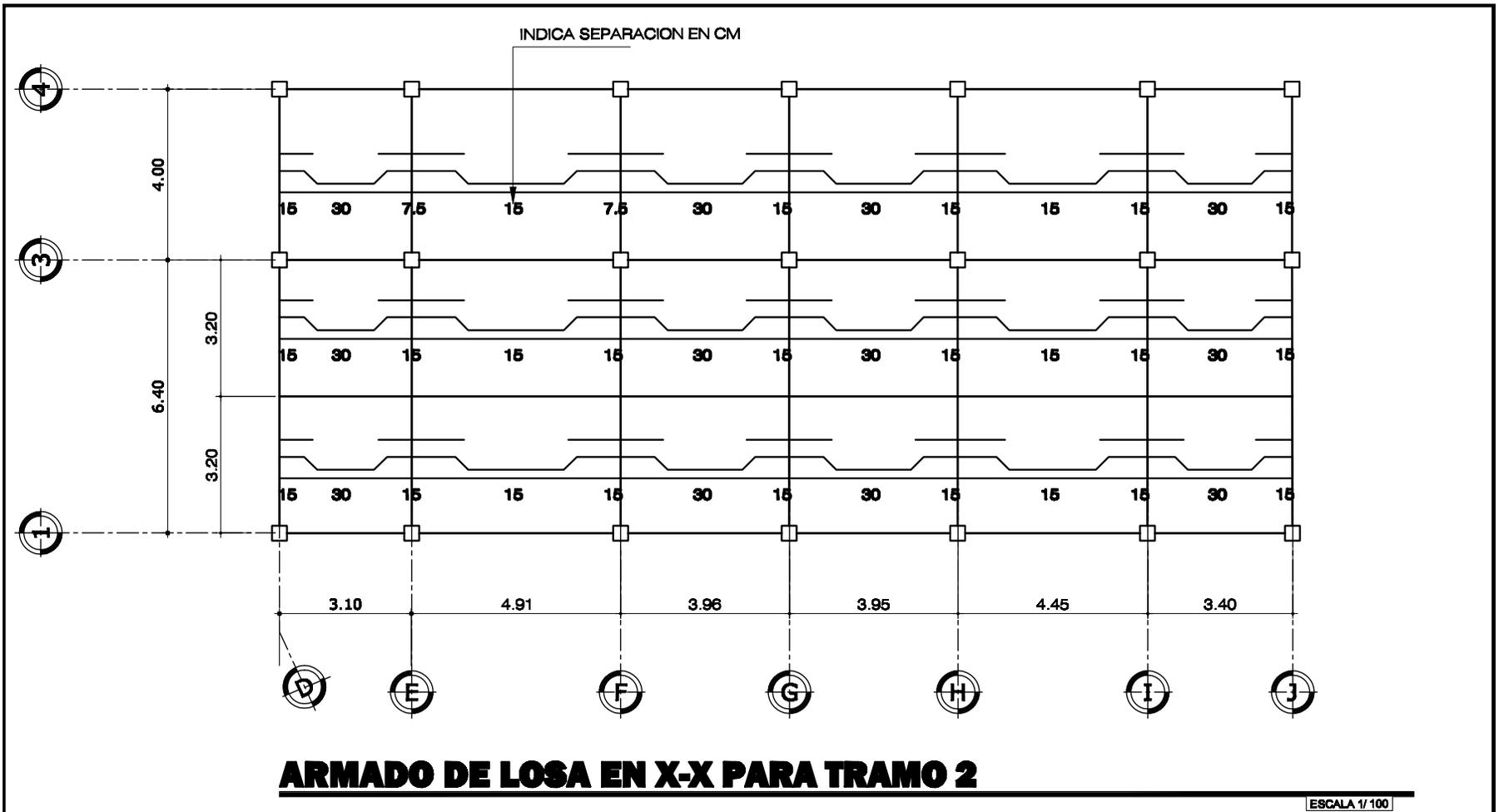


GRAFICA 2 , GEOMETRIA DE LOSA DEL TRAMO 2

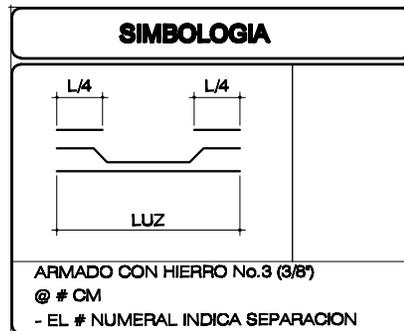
ESCALA 1/100

SIMBOLOGIA	
	INDICA COLUMNA
	INDICA VIGA
	NUMERO DE SEGMENTO DE LOSA

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DISEÑO FINAL DE LOSAS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS
DISEÑO: LCPR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CALCULO: LCPR	ESCALA: 1:100	
EFECTA: LUIS CARLOS FLORES ROSAS		HOJA: 7 / 8 V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA

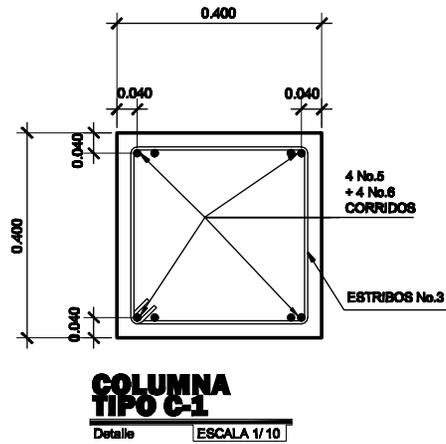
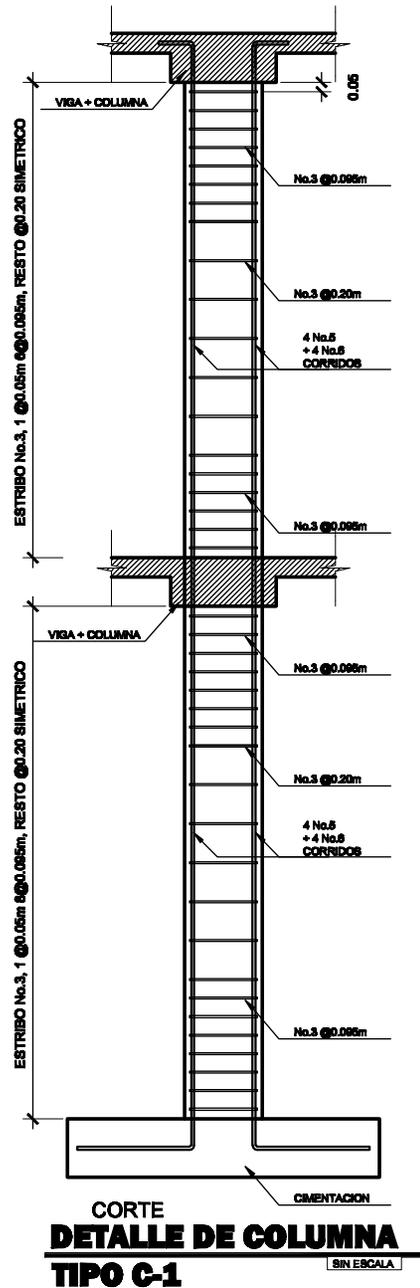


ARMADO DE LOSA EN X-X PARA TRAMO 2



	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
CONTENIDO: ARMADO DE LOSA	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJO: LCPR
DISEÑO: LCPR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LCPR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POCAE		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA
		HOJA: 1 / 2

**TODAS LAS COLUMNAS SERAN DE
40cm X 40cm CON RECUBRIMIENTO DE
4cm A CENTRO DE VARRILLAS**



 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
CONTENIDO: DISEÑO FINAL DE COLUMNAS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJO: LCPR
DISEÑO: LCPR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LCPR	ESCALA: 1:100	HOJA: 10 / 20
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES ROSAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVALLAGA



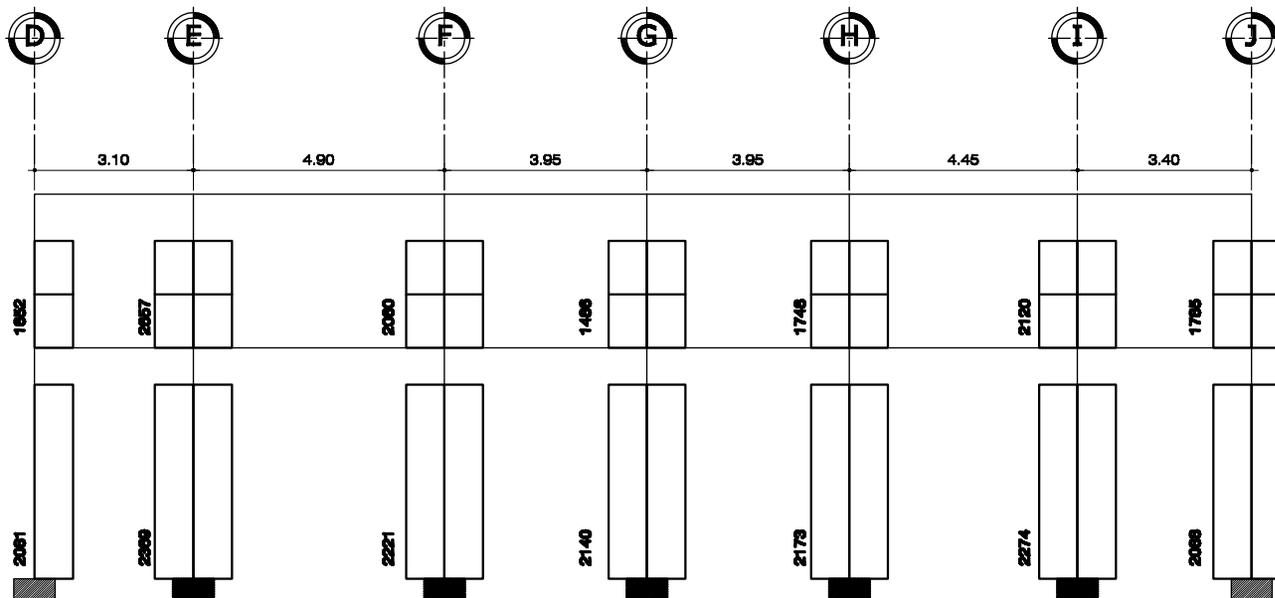


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADAS, TRAMO 2, MARCO 7, EJE TRANSVERSAL 2-2
UNIDADES Kgf-m UBICACION: PLANO DE EJE No.1

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOPR
DISEÑO: LOPR	FECHA: MAYO DE 2010		
CÁLCULO: LOPR	ESCALA: 1:100	HOJA: 11 / 20	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES ROSAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	

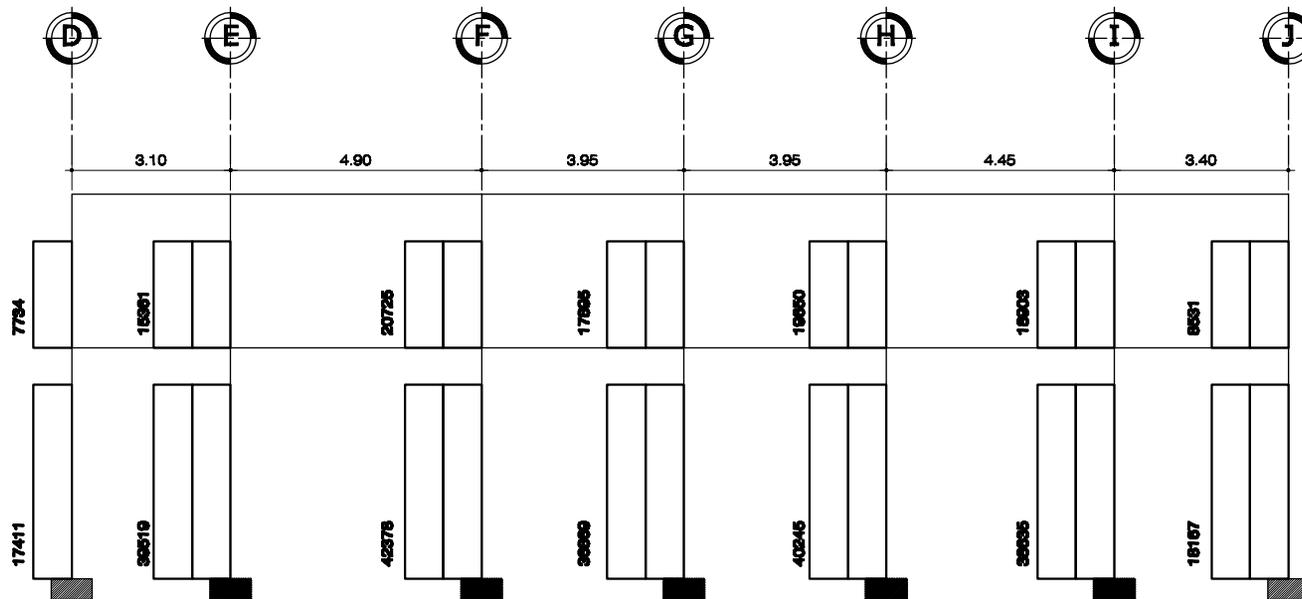


DIAGRAMA DE FUERZAS AXIALES MAYORADAS, TRAMO 2, MARCO 7
UNIDADES Kgf-m UBICACION: PLANO DE EJE No.1

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE FUERZAS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJOS: LOPR
	DISEÑO: LOPR	FECHA: AGOSTO 2011	
	CÁLCULO: LOPR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES ROOAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVALLAGA	
		HOJA: 12 / 22	

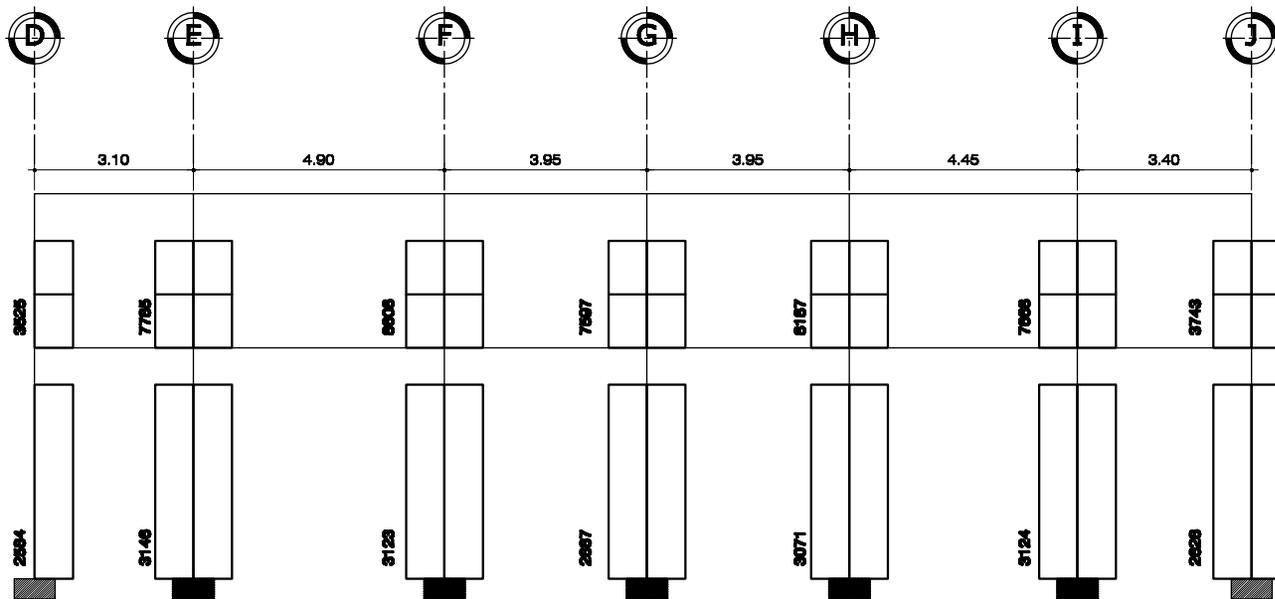


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADAS, TRAMO 2, MARCO 7, EJE TRANSVERSAL 3-3
UNIDADES Kgf-m UBICACION: PLANO DE EJE No.1

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: ESTRUCTURAS	DISEÑO: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: MAYO DE 2010		
CÁLCULO: LCFR	ESCALA: 1:100	HOJA: 18 / 22	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	

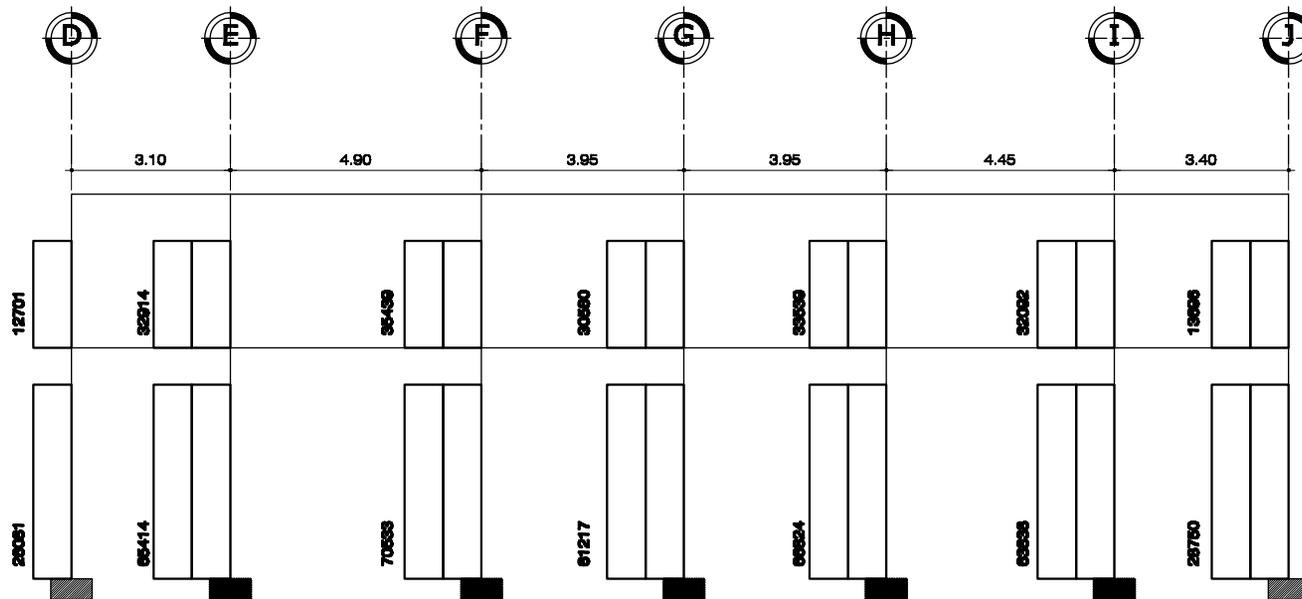


DIAGRAMA DE FUERZAS AXIALES MAYORADAS, TRAMO 2, MARCO 7
UNIDADES Kgf-m UBICACION: PLANO DE EJE No.3

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE FUERZAS AXIALES	PLANO DE: ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: MAYO DE 2010		
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	HOJA: 14 / 68	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	

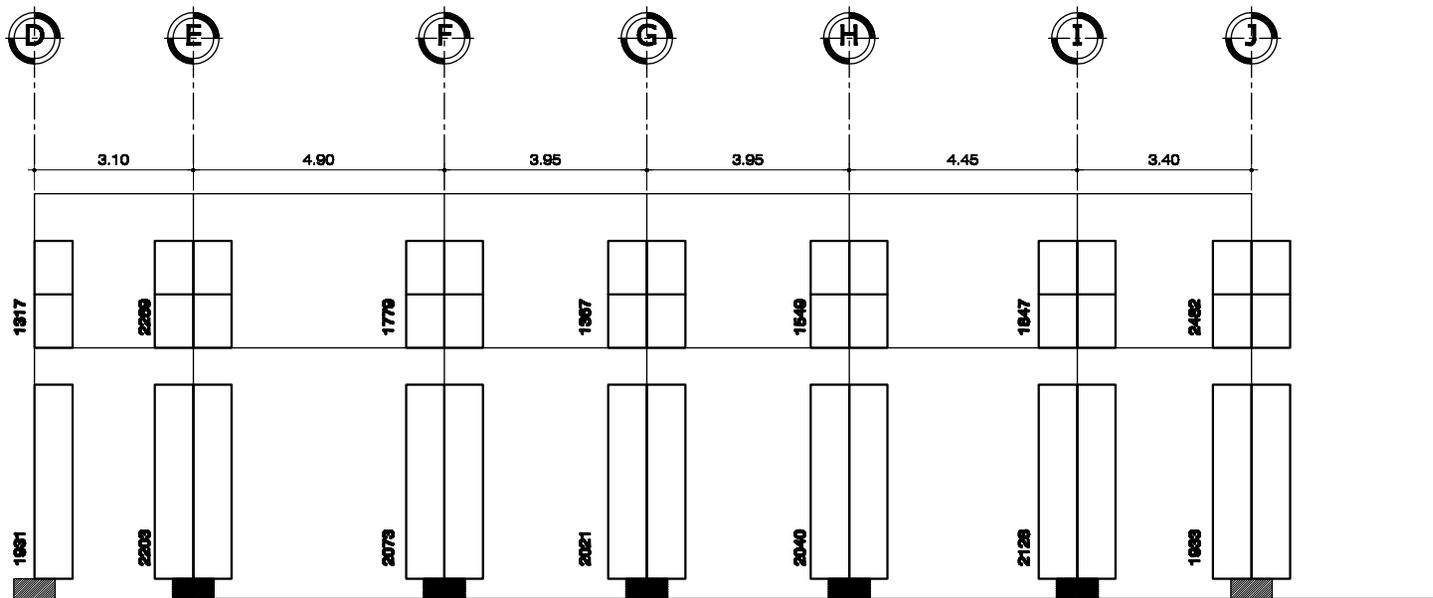


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADAS, TRAMO 2, MARCO 7, EJE TRANSVERSAL 2-2

UNIDADES Kgf-m UBICACION: PLANO DE EJE No.4

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA	
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOPR	FECHA: MAYO DE 2010
	CÁLCULO: LOPR	ESCALA: 1:100	HOJA: 16 / 28	
	FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



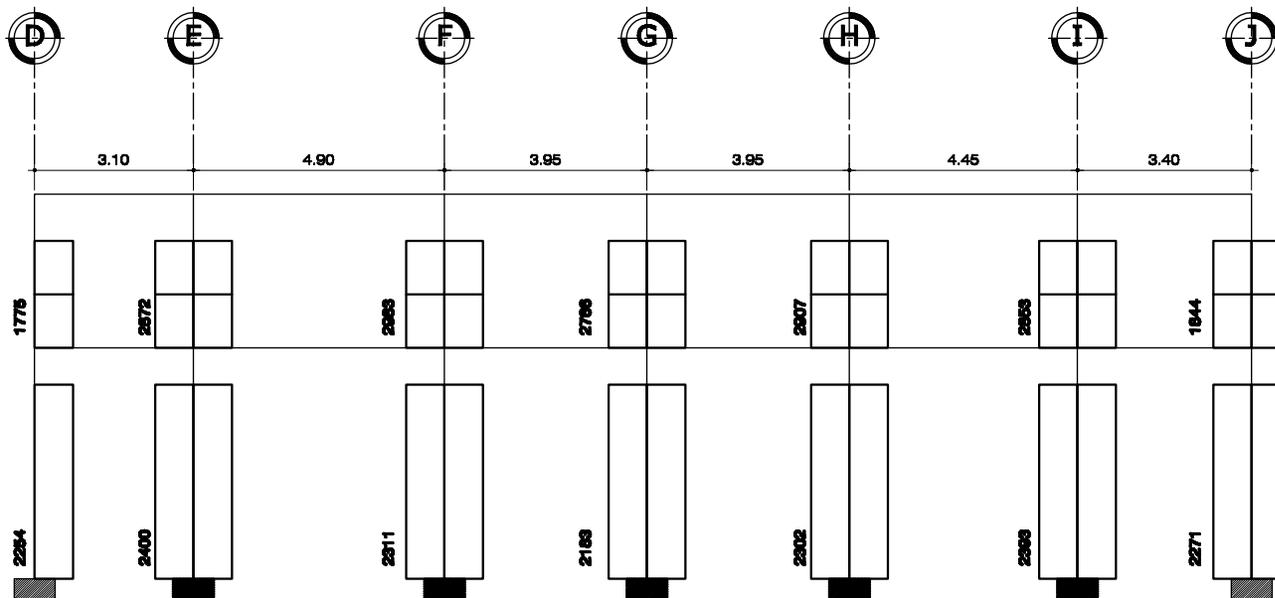


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADAS, TRAMO 2, MARCO 7, EJE TRANSVERSAL 3-3
UNIDADES Kgf-m UBICACION: PLANO DE EJE No.4

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: ESTRUCTURAS	DISEÑO: LCFR
	DISEÑO: LCFR	FECHA: MAYO DE 2010	
	CÁLCULO: LCFR	ESCALA: 1:100	
EFECTA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	HOJA: 16 / 22

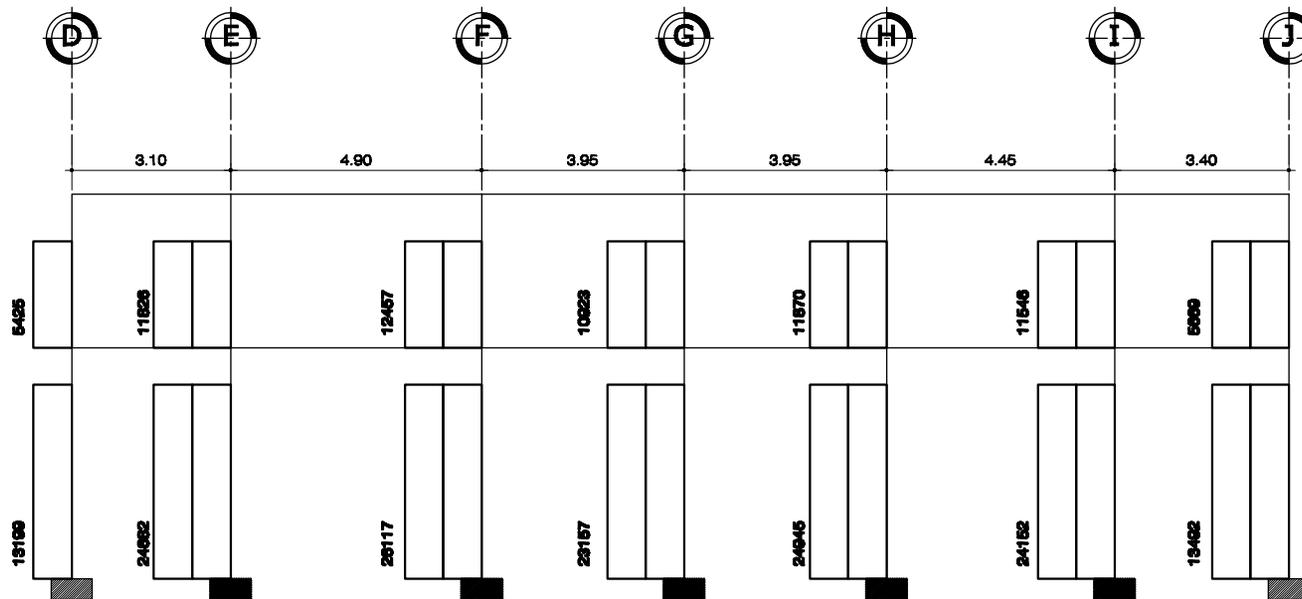


DIAGRAMA DE FUERZAS AXIALES MAYORADAS, TRAMO 2, MARCO 7
UNIDADES Kgf-m UBICACION: PLANO DE EJE No.4

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE FUERZAS AXIALES	PLANO DE: ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: MAYO DE 2010		
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	HOJA: 17 / 28	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES ROSAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	

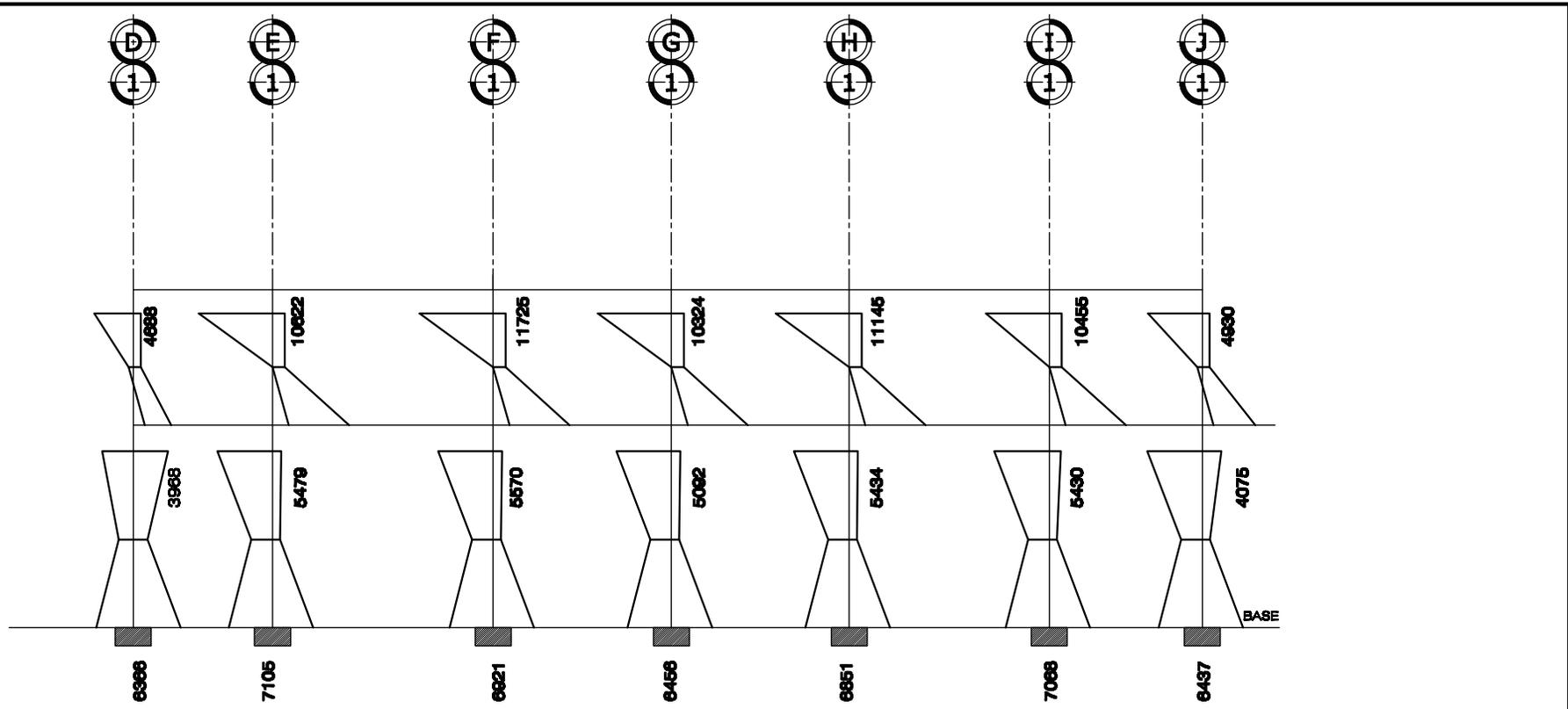


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS, TRAMO 2, MARCO 7, EJE TRANSVERSAL 2-2
UNIDADES Kgf-m UBICACION: PLANO DE EJE No.1

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJOS: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	HOJA: 18 / 28	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. AMBOS: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



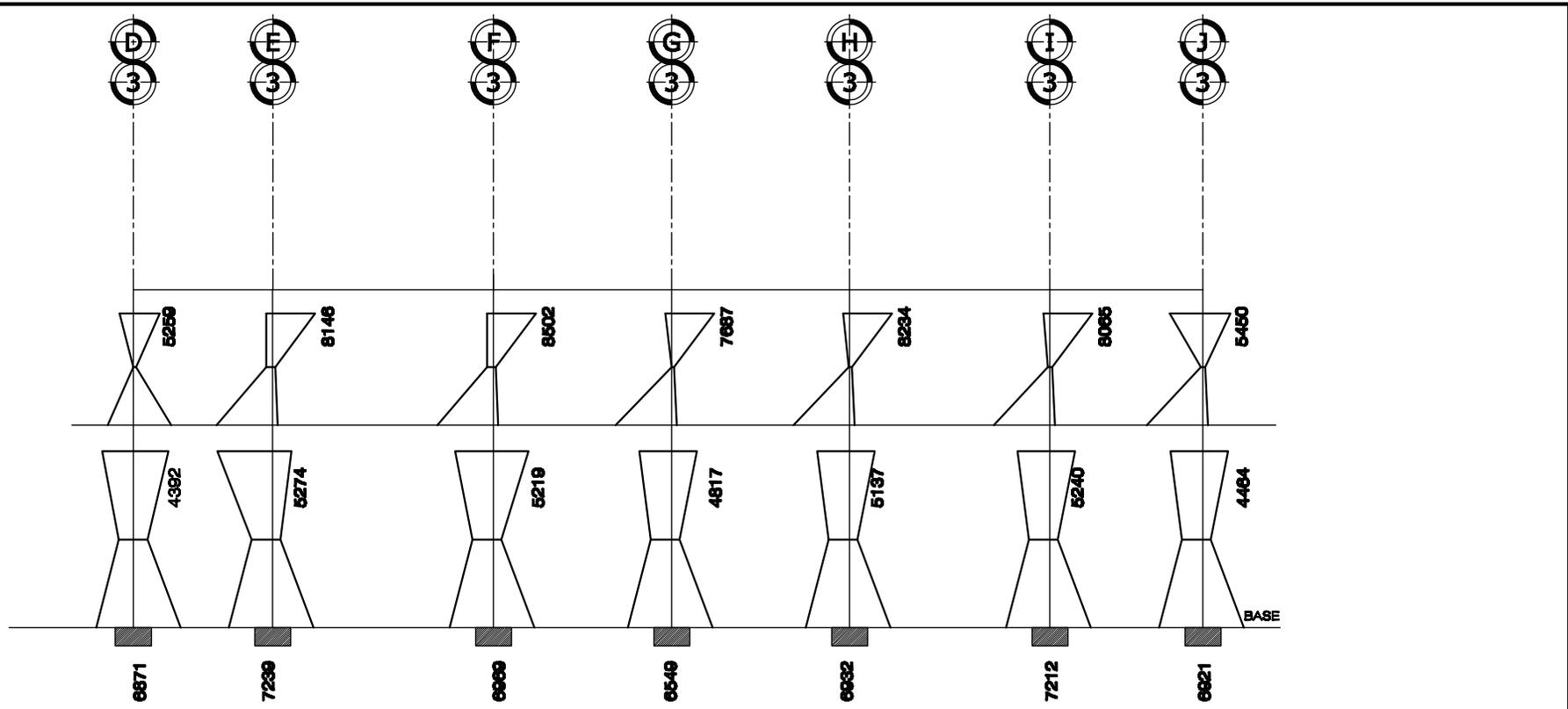


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS, TRAMO 2, MARCO 7, EJE TRANSVERSAL 2-2
UNIDADES Kgf-m UBICACION: PLANO DE EJE No.3

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJOS: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	HOJA: 18 / 28	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



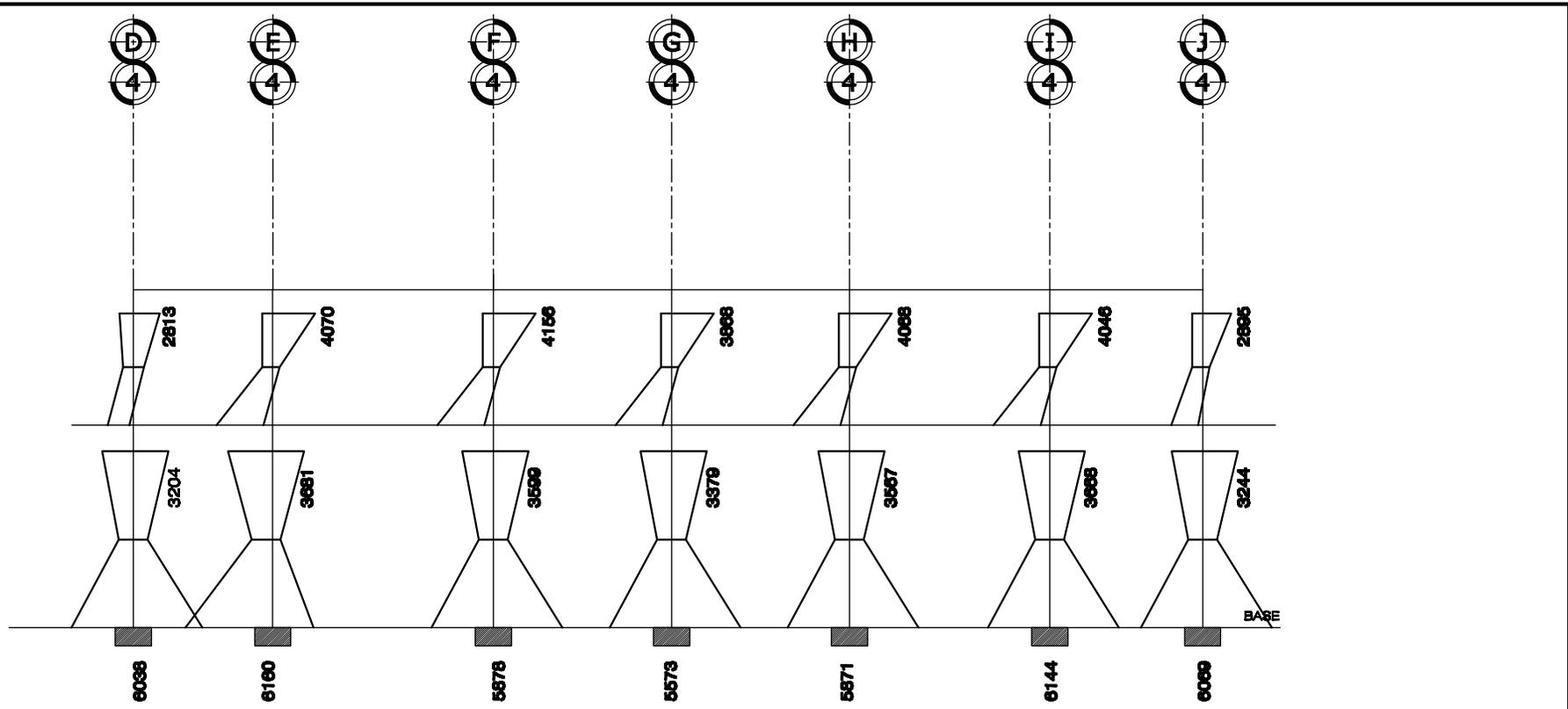


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS, TRAMO 2, MARCO 7, EJE TRANSVERSAL 2-2
UNIDADES Kgf-m UBICACION: PLANO DE EJE No.4

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA	
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJOS: LCFR	
	DISEÑO: LCFR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
	CÁLCULO: LCFR	ESCALA: 1:100		
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POCAE		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

HOJA:
 20 / 25

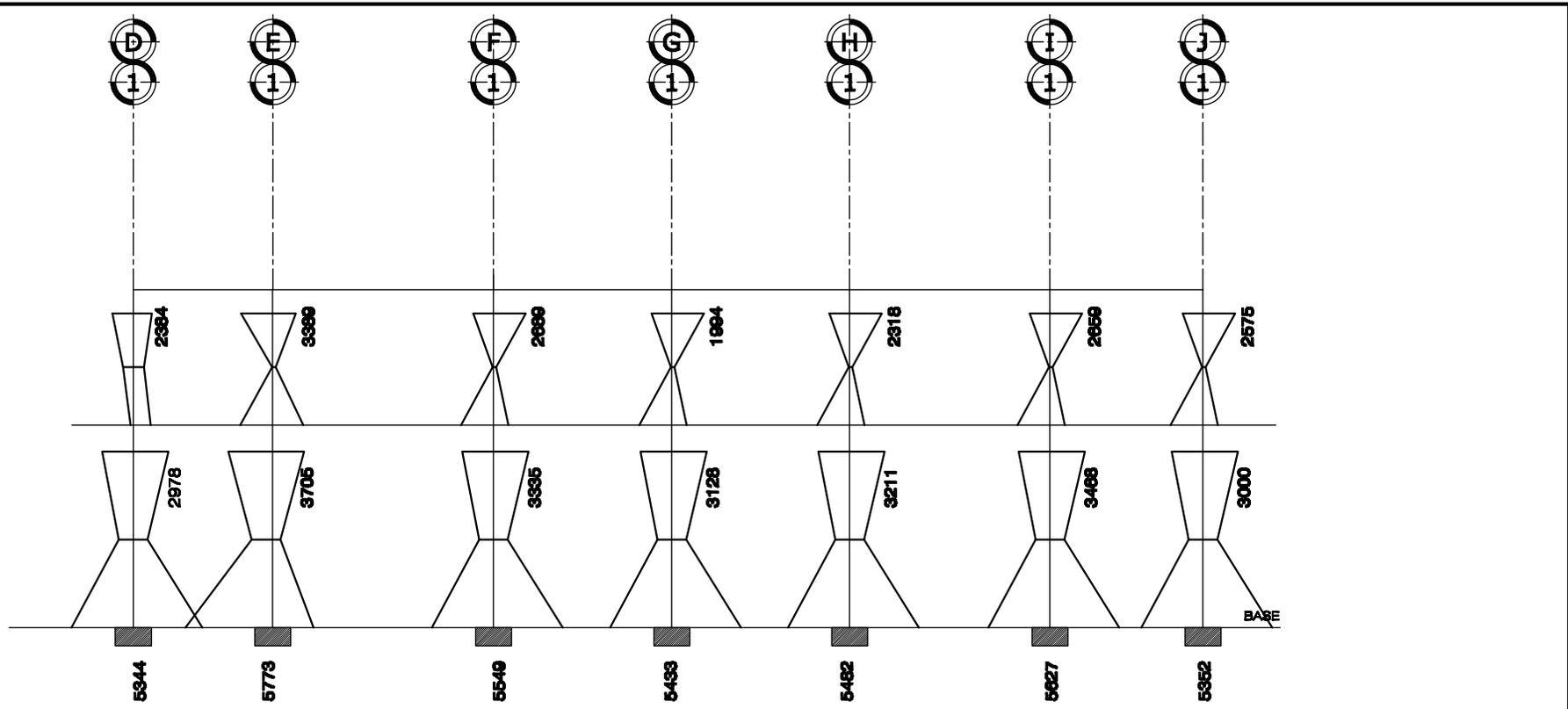


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS, TRAMO 2, MARCO 7, EJE TRANSVERSAL 3-3

UNIDADES Kg-m UBICACION: PLANO DE EJE No.1

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJOS: LCPR	
DISEÑO: LCPR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LCPR	ESCALA: 1:100	HOJA: 01 / 02	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POCAE		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



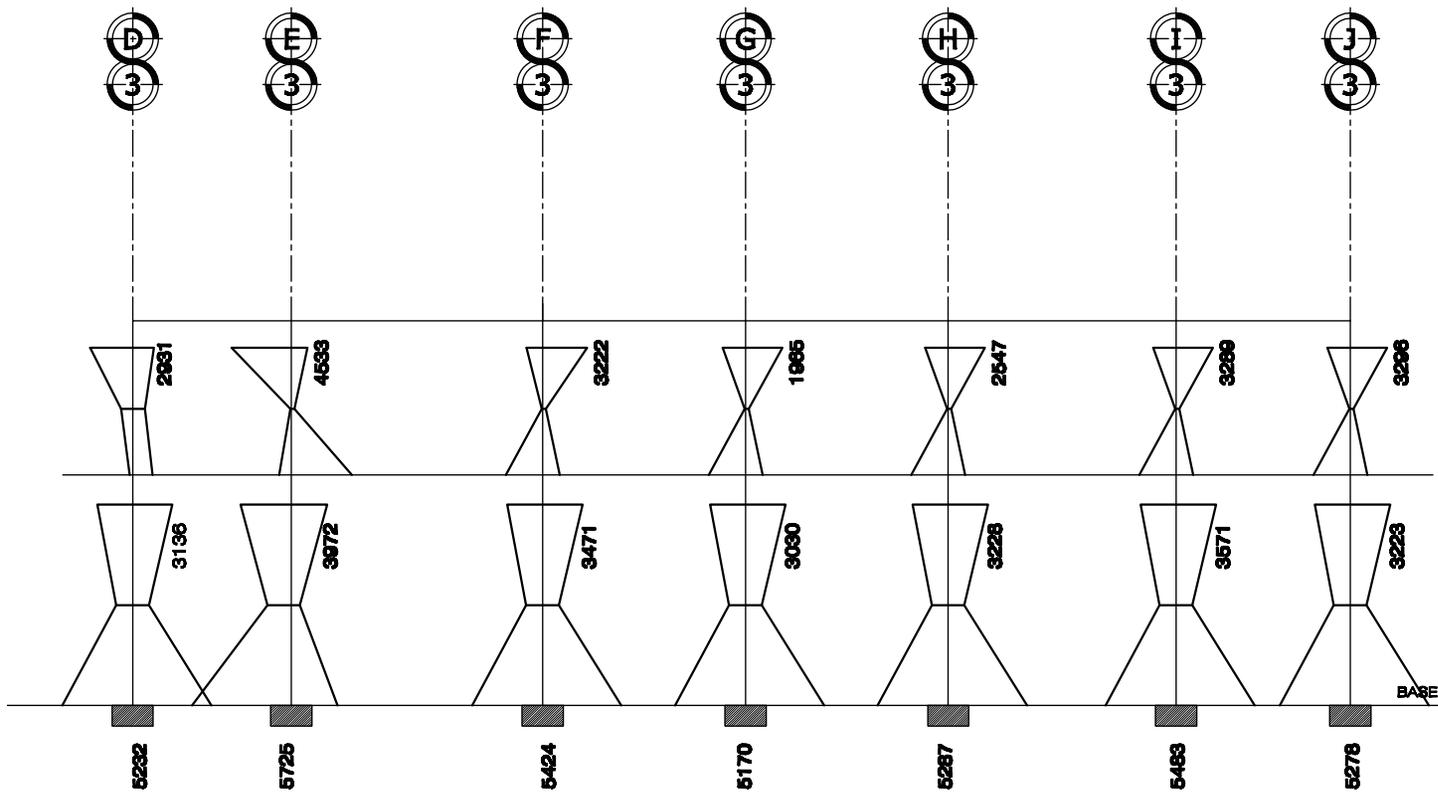


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS, TRAMO 2, MARCO 7, EJE TRANSVERSAL 3-3
UNIDADES Kgf-m UBICACION: PLANO DE EJE No.3

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA	
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS		DIBUJOS: LOPR
	DISEÑO: LOPR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LOPR	ESCALA: 1:100	HOJA: 02 / 02		
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POCAE		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

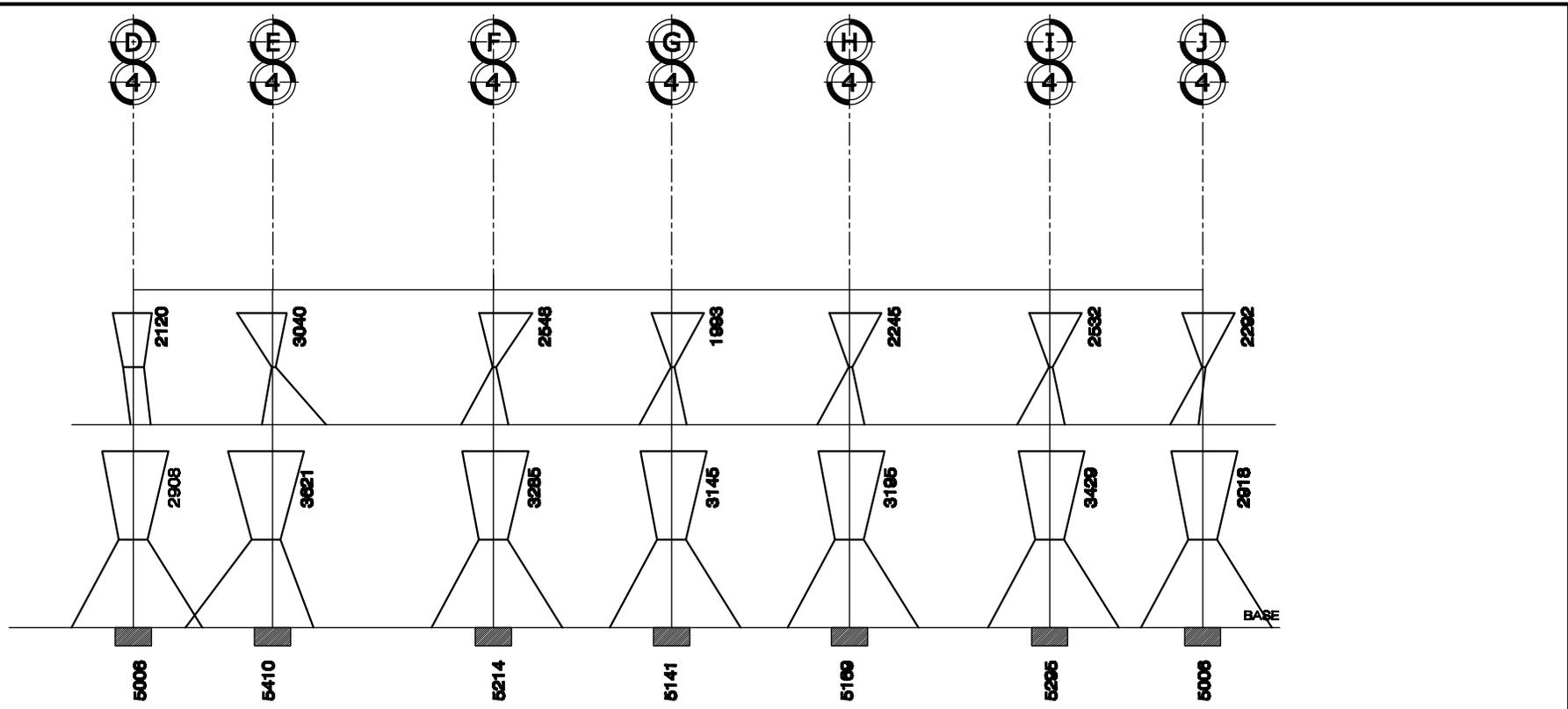


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS, TRAMO 2, MARCO 7, EJE TRANSVERSAL 3-3
UNIDADES Kgf-m UBICACION: PLANO DE EJE No.4

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJOS: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	HOJA: 02 / 02	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POCAE		V.E. AMBOS: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



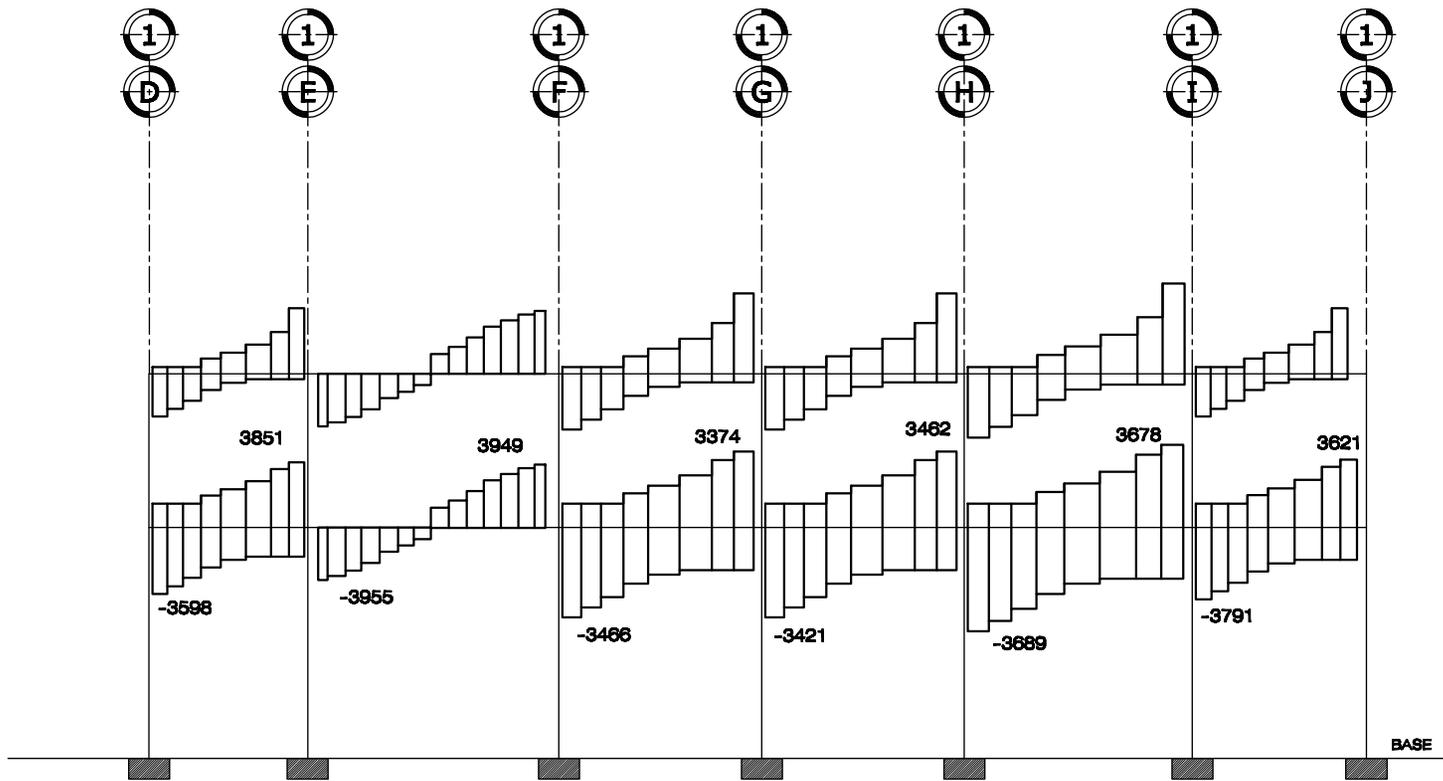
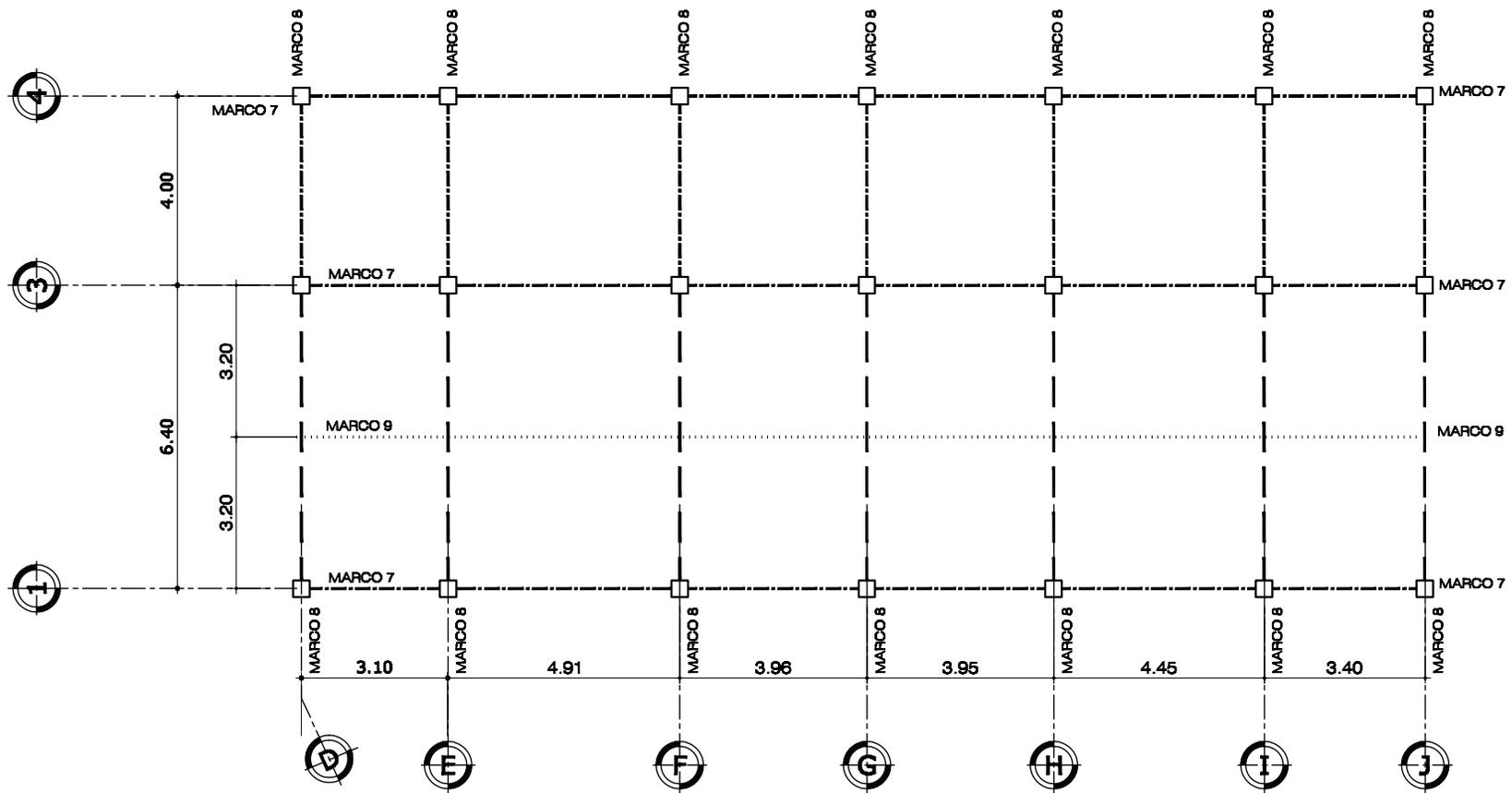


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS TRAMO 2, MARCO 7
UNIDADES: Kg^f . UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 1

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA
		HOJA: 04 / 02



DIMENSIONAMIENTO FINAL EN VIGAS DE TRAMO 2

ESCALA 1/100

SIMBOLOGIA	
---	VIGA TIPO 1 = 25cmx40cm = VIGA PRIMARIA
—	VIGA TIPO 2 = 25cmx50cm = VIGA PRIMARIA
.....	VIGA TIPO 4 = 20cmx30cm = VIGA SECUNDARIA



MUNICIPALIDAD DE
SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL
SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA
EL CARMEN
LUGAR:
ALDEA EL CARMEN,
SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS

PLANO DE:
DETALLE DE ESTRUCTURAS

DESEÑADOR:
LCFR

FECHA:
AGOSTO DE 2011

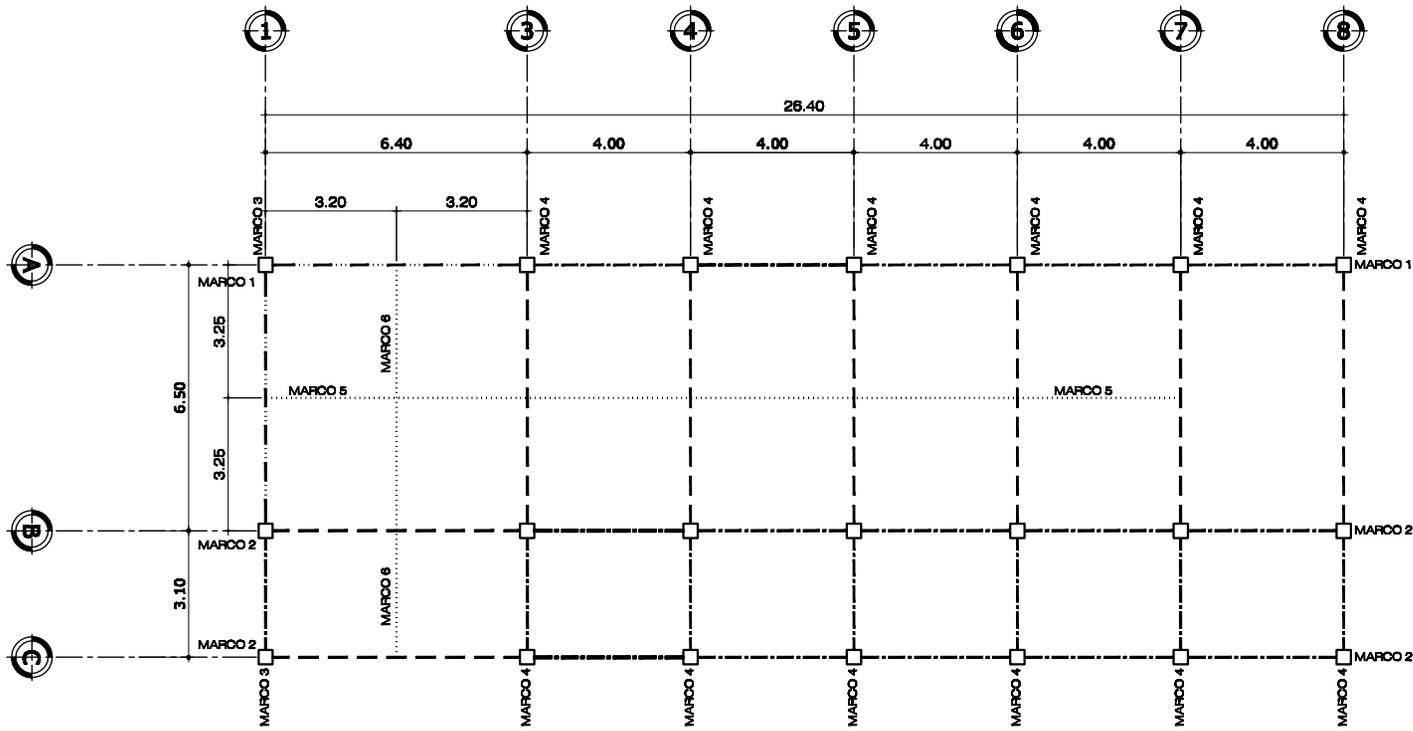
HOJA:
1/100

HOJA:
15
16



OPORTA
LUIS CARLOS FLORES RODAS

V.E. ARQUITECTO
ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA



DIMENSIONAMIENTO FINAL EN VIGAS DE TRAMO 1

ESCALA 1/100

SIMBOLOGIA	
---	VIGA TIPO 1 = 25cmX40cm = VIGA PRIMARIA
--	VIGA TIPO 2 = 25cmX50cm = VIGA PRIMARIA
—	VIGA TIPO 3 = 35cmX50cm = VIGA PRIMARIA
.....	VIGA TIPO 4 = 20cmX30cm = VIGA SECUNDARIA



MUNICIPALIDAD DE
SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL
SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA
EL CARMEN
LUGAR:
ALDEA EL CARMEN,
SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
DIMENSIONAMIENTO DE VIGAS

PLANO DE:
DETALLE DE ESTRUCTURAS

DELIBER:
LCFR

DISEÑO:
LCFR

FECHA:
AGOSTO DE 2011

CALCULO:
LCFR

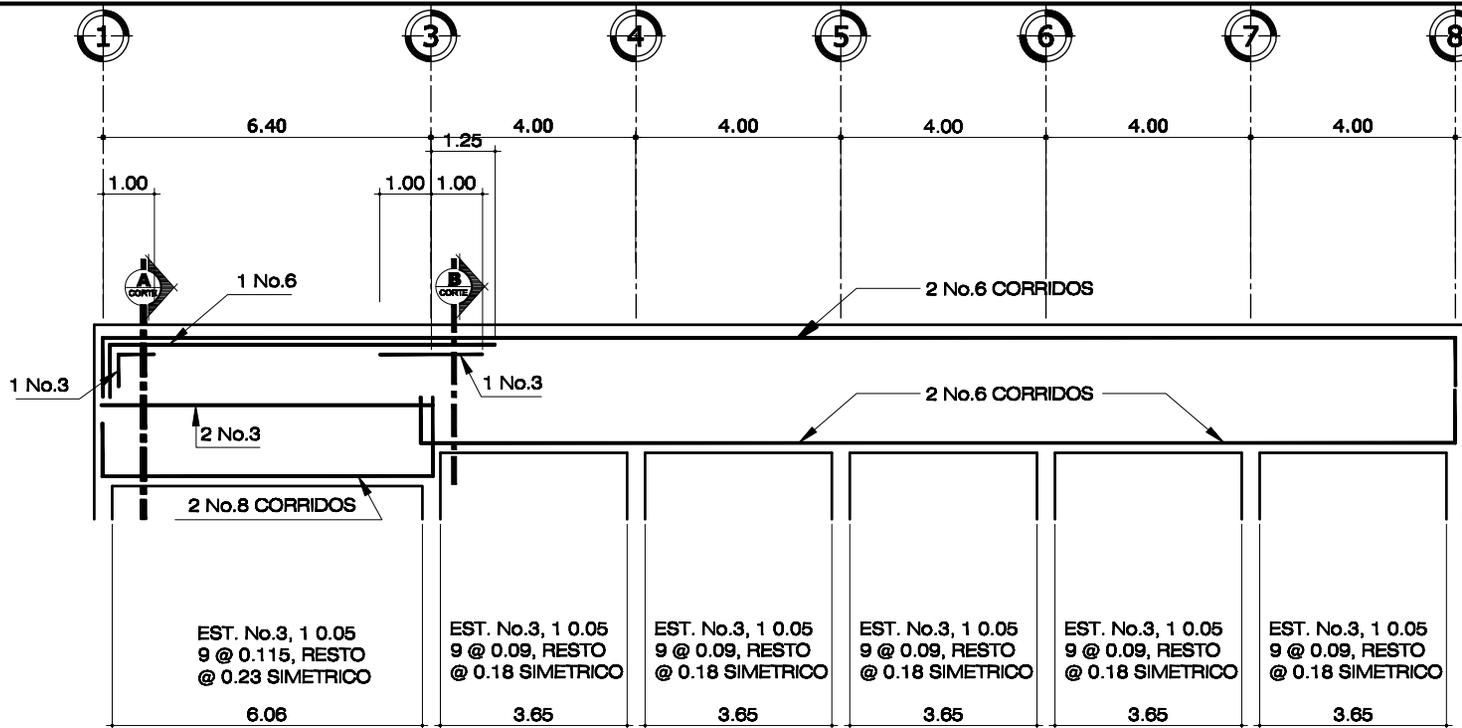
ESCALA:
1:100

HOJA:
02

EFECTUA
LUIS CARLOS FLORES ROSAS

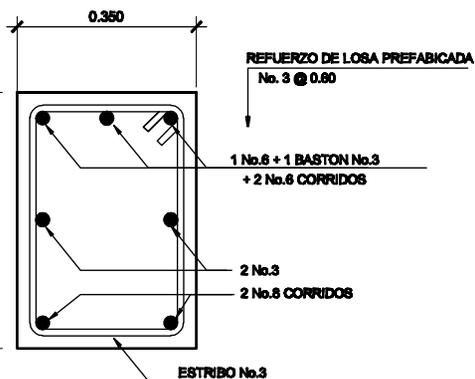
V.E. APROBA
ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA





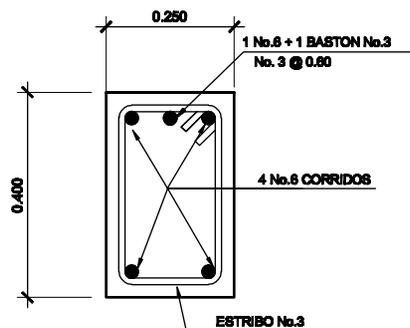
DETALLE DE ARMADO EN VIGAS, MARCO 1, TRAMO 1.

ESCALA 1/100



SECCION A-A

ESCALA 1/10



SECCION B-B

ESCALA



MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN

LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO: ARMADO DE VIGA

PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS

DIBUJO: LOFR

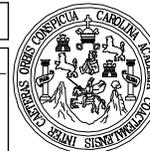
DISEÑO: LOFR

FECHA: AGOSTO DE 2011

CALCULO: LOFR

ESCALA: 1:100

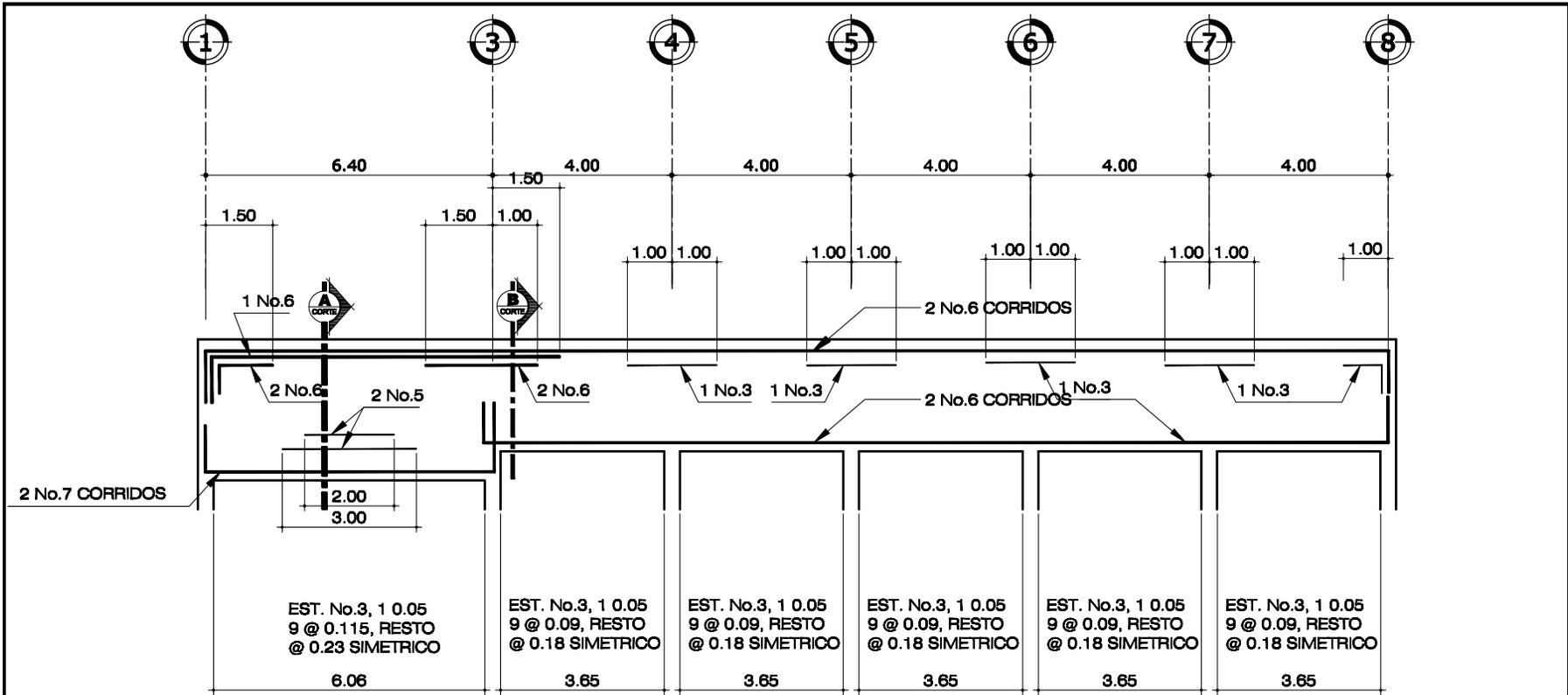
HOJA: 27



EFECTUA LUIS CARLOS FLORES ROSAS

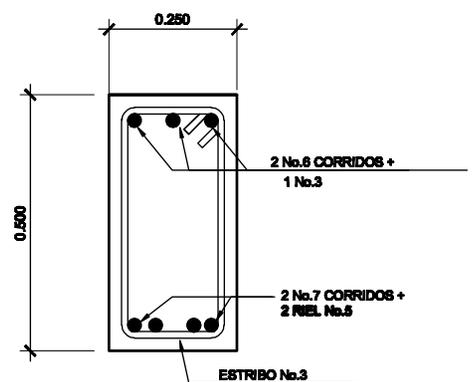
V.E. AMBOS ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA

27



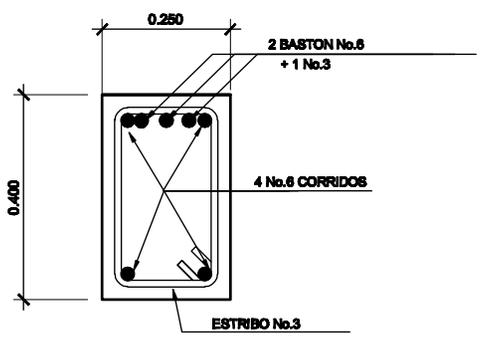
DETALLE DE ARMADO EN VIGAS, MARCO 2, TRAMO 1.

ESCALA 1/100



SECCION A-A

ESCALA 1/10

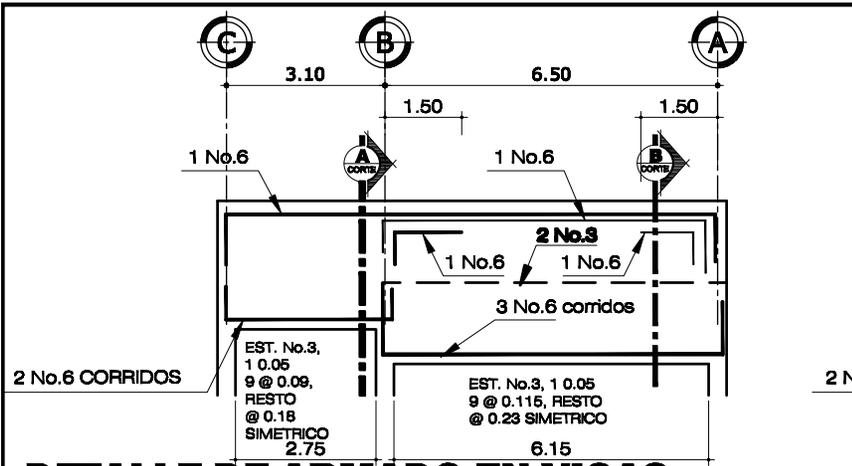


SECCION B-B

ESCALA 1/10

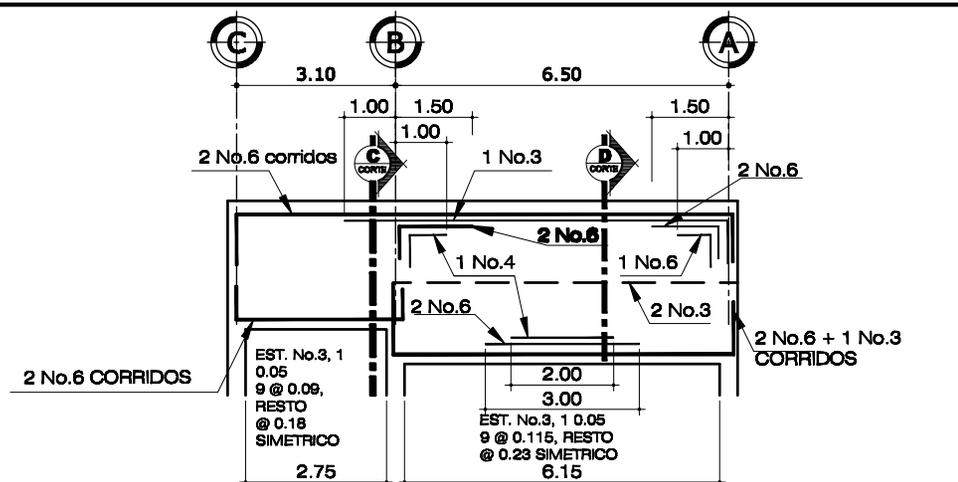
	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: ARMADO DE VIGA	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑADOR: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LCFR	ESCALA: 1:100	HOJA: 01 / 02	
EFECTUO: LUIS CARLOS FLORES POCAE		V.E. ASOR: ING. MANUEL ALFREDO AFRIVILLAGA	





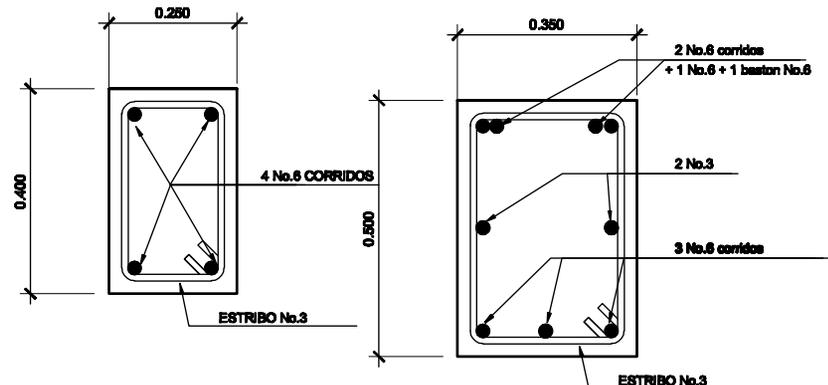
DETALLE DE ARMADO EN VIGAS, MARCO 3, TRAMO1.

ESCALA 1/100



DETALLE DE ARMADO EN VIGAS, MARCO 4, TRAMO1.

ESCALA 1/11

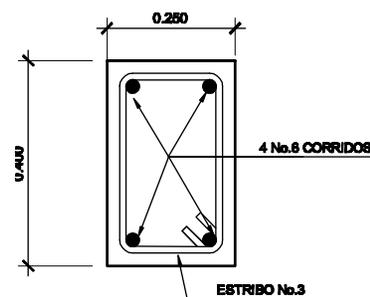


SECCION A-A

ESCALA 1/10

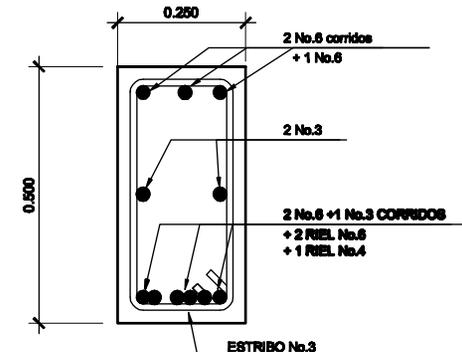
SECCION B-B

ESCALA 1/10



SECCION C-C

ESCALA 1/10



SECCION D-D

ESCALA 1/10



MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO: ARMADO DE VIGA

PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS

DISEÑADOR: LCFR

DISEÑO: LCFR

FECHA: AGOSTO DE 2011

CALCULO: LCFR

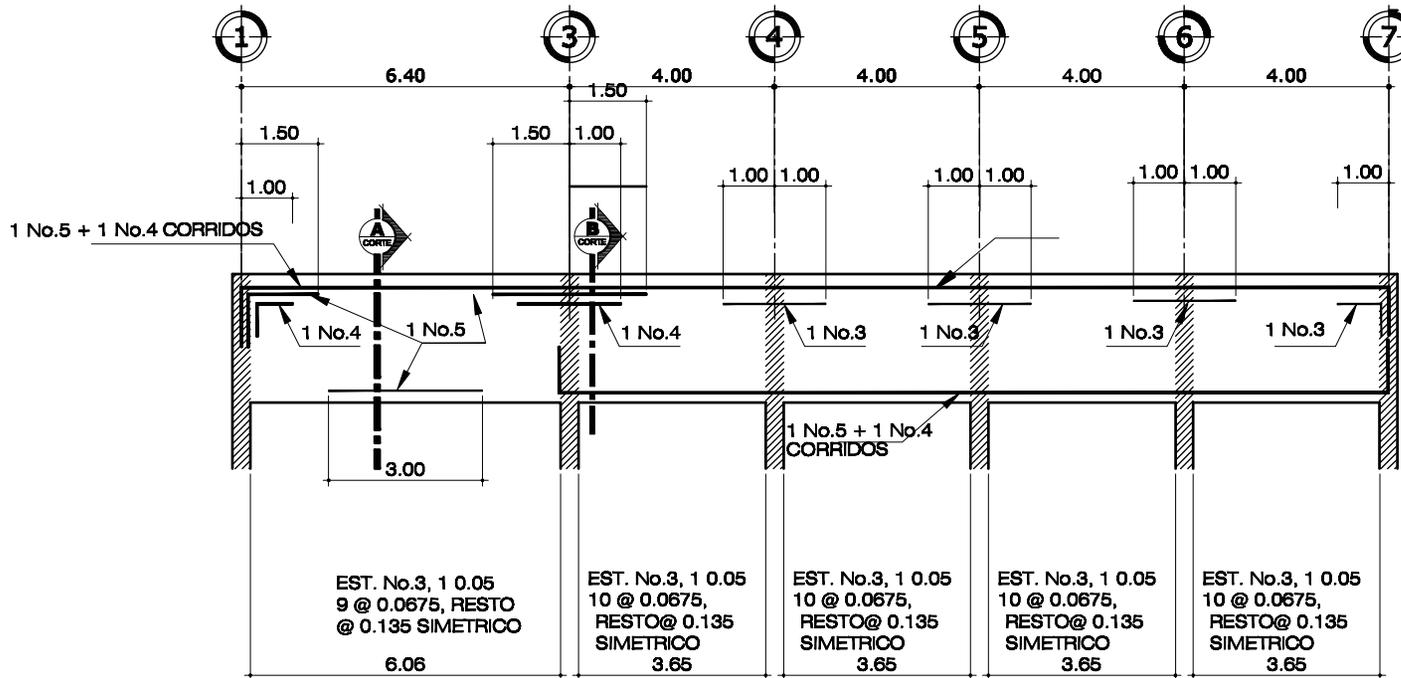
ESCALA: 1:100

HOJA: 02

EFECTUA: LUIS CARLOS FLORES ROSAS

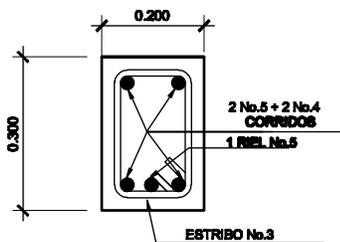
V.E. AMBOS: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA





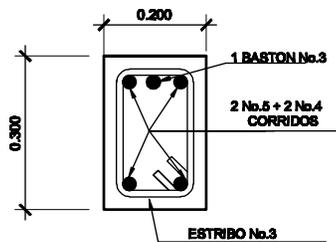
DETALLE DE ARMADO EN VIGAS, MARCO 5, TRAMO 1.

ESCALA 1/100



SECCION A-A

ESCALA 1/10



SECCION B-B

ESCALA 1/10



MUNICIPALIDAD DE
SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL
SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA
EL CARMEN
LUGAR:
ALDEA EL CARMEN,
SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
DISEÑO FINAL DE OCUPLACION

PLANO DE:
DETALLE DE ESTRUCTURAS

DIBUJO:
LCFR

DISEÑO:
LCFR

FECHA:
AGOSTO DE 2011

CALCULO:
LCFR

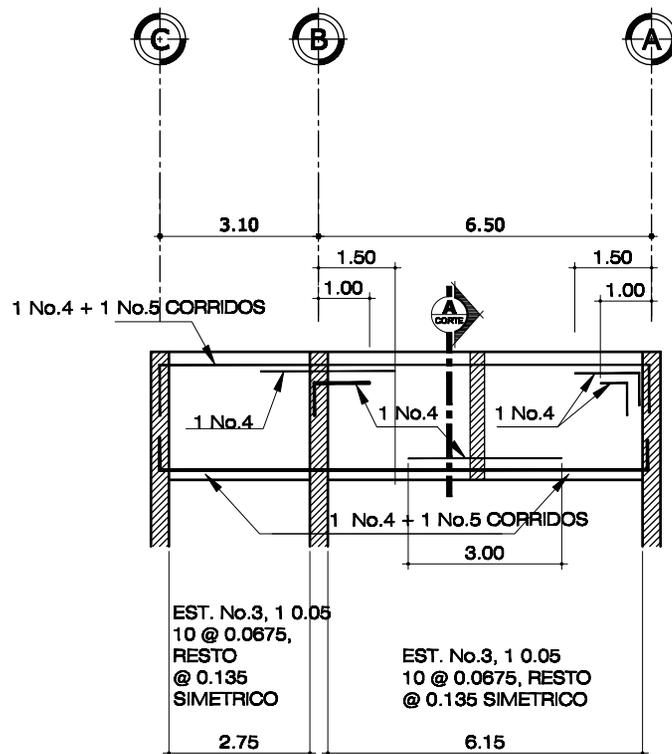
ESCALA:
1:100

HQJA:
90 / 82

EFECTUA
LUIS CARLOS FLORES POZAS

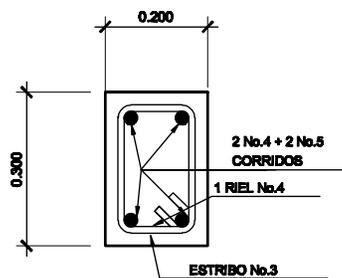
V.E. ASESOR
ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA





DETALLE DE ARMADO EN VIGAS, MARCO 6, TRAMO 1.

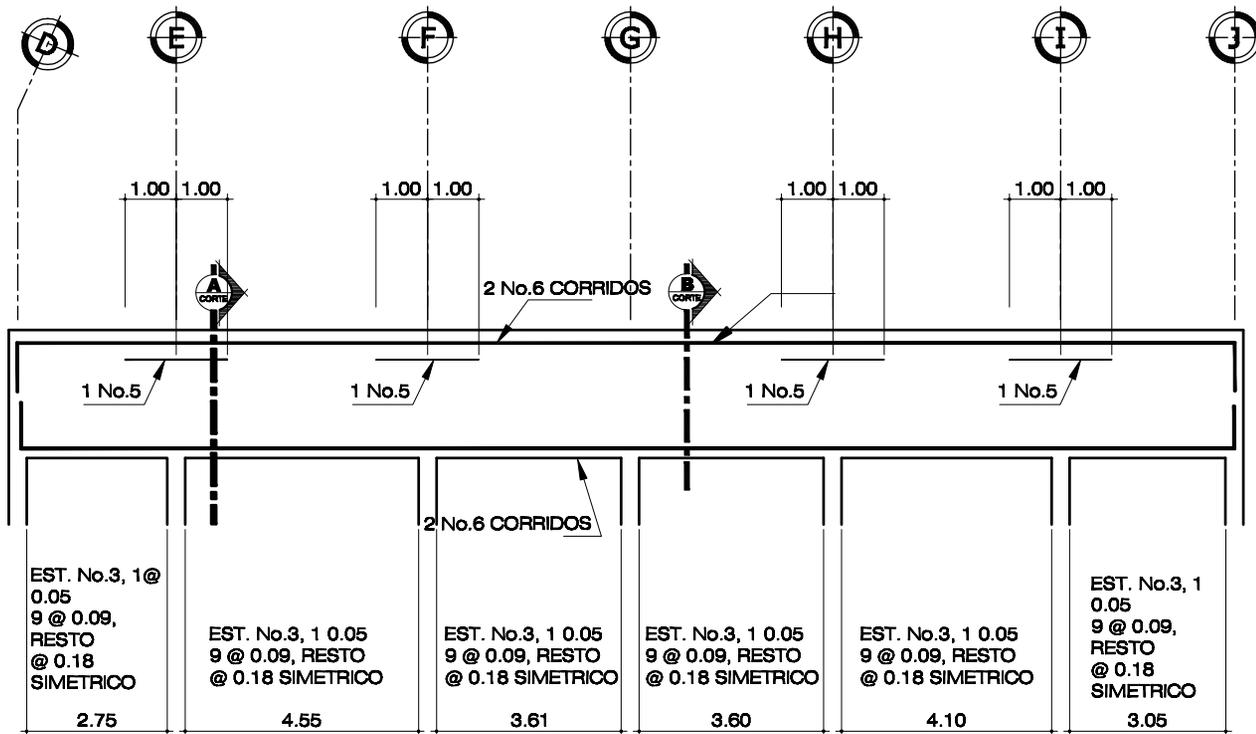
ESCALA 1/100



SECCION A-A

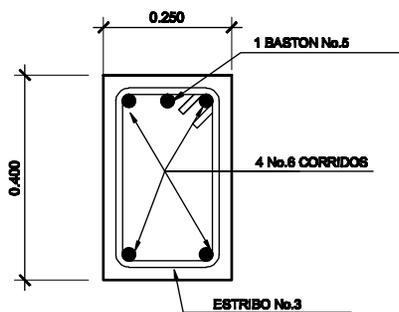
ESCALA 1/10

 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
CONTENIDO: ARMADO DE VIGA	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOPR
DISEÑO: LOPR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LOPR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		HOJA: 01 / 02
V.E. ASesor: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		



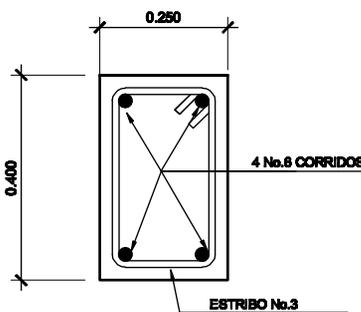
DETALLE DE ARMADO EN VIGAS, MARCO 7, TRAMO 2.

ESCALA 1/10



SECCION A-A

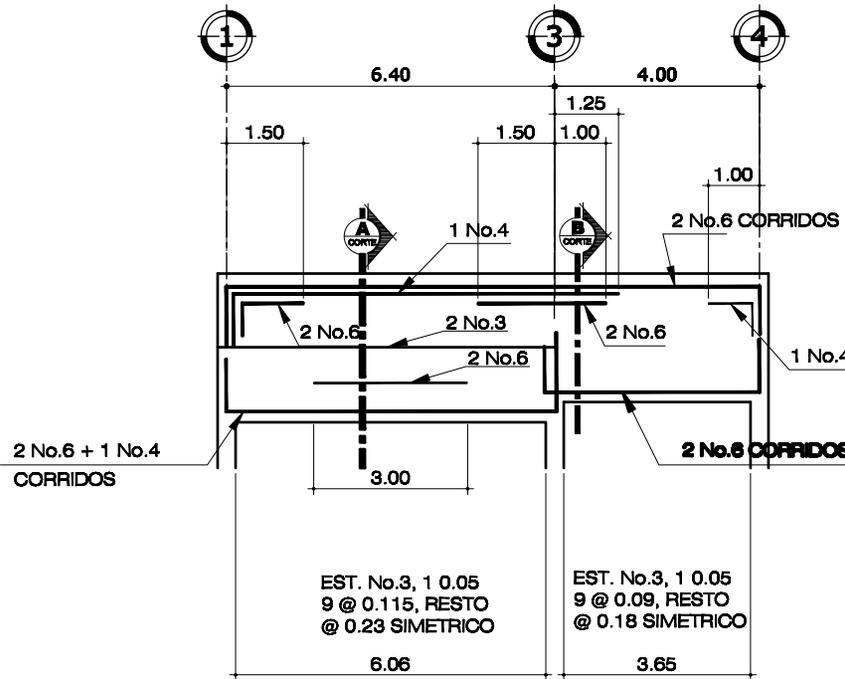
ESCALA 1/10



SECCION B-B

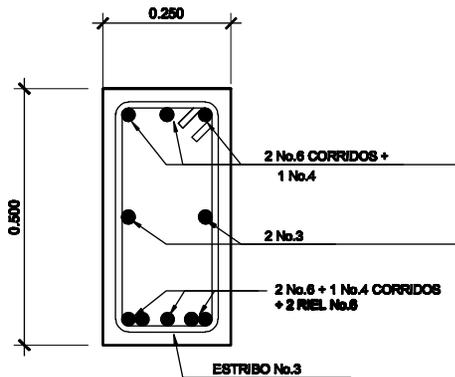
ESCALA 1/10

 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
CONTENIDO: ARMADO DE VIGA	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJOS: LCPR
DISEÑO: LCPR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CALCULO: LCPR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.E. ASISTENTE: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA



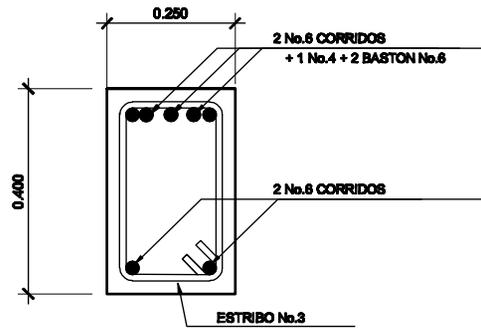
DETALLE DE ARMADO EN VIGAS, MARCO 8, TRAMO 2.

ESCALA 1/100



SECCION A-A

ESCALA 1/10



SECCION B-B

ESCALA 1/10



MUNICIPALIDAD DE
SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL
SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA
EL CARMEN
LUGAR:
ALDEA EL CARMEN,
SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
ARMADO DE VIGA

PLANO DE:
DETALLE DE ESTRUCTURAS

DISEÑO:
LCFR

FECHA:
LCFR

FECHA:
AGOSTO DE 2011

CALCULO:
LCFR

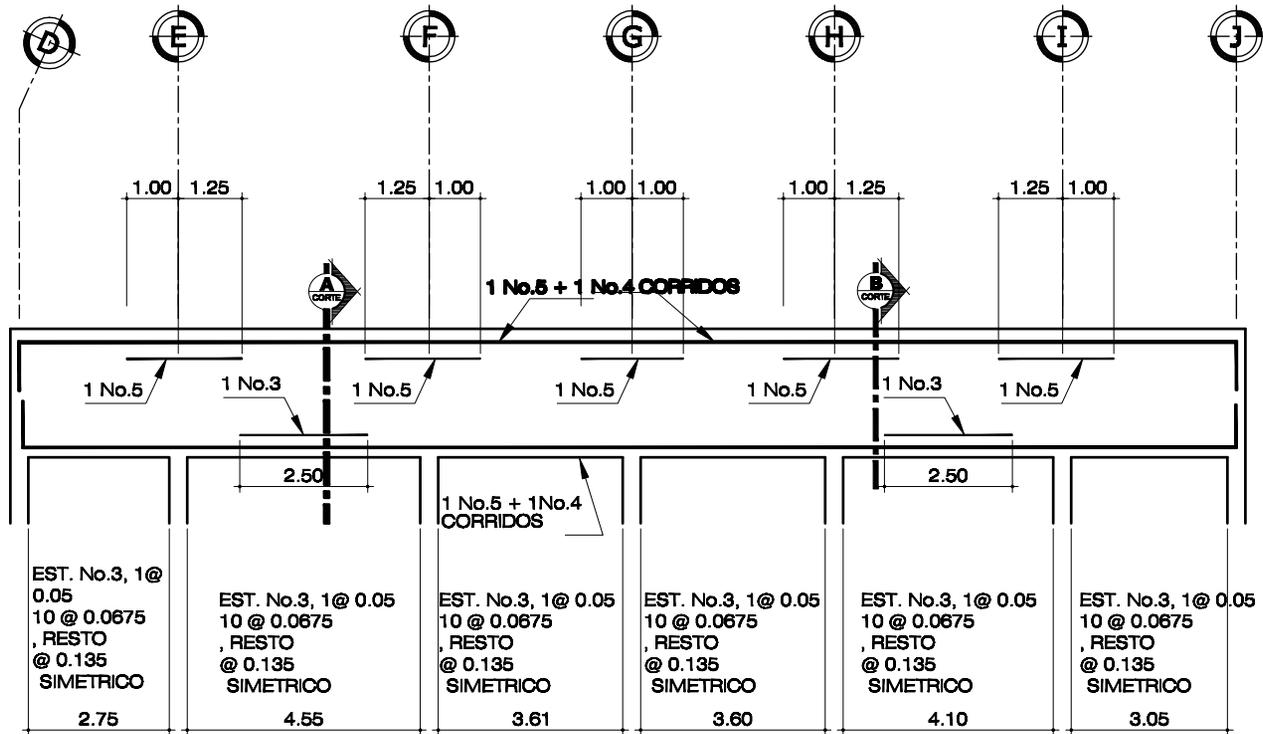
ESCALA:
1:100

HOJA:



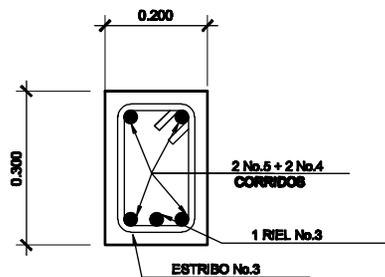
EFECTIVA
LUIS CARLOS FLORES RODAS

V.E. ASESOR
ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA



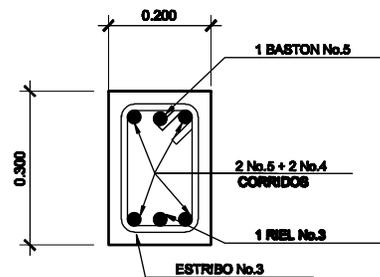
DETALLE DE ARMADO EN VIGAS, MARCO 9, TRAMO 2

ESCALA 1/100



SECCION A-A

ESCALA 1/10



SECCION B-B

ESCALA 1/10



MUNICIPALIDAD DE
SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL
SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA
EL CARMEN
LUGAR:
ALDEA EL CARMEN,
SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
ARMADO DE VIGA

PLANO DE:
DETALLE DE ESTRUCTURAS

DIBUJOS:
LCFR

DISEÑO:
LCFR

FECHA:
AGOSTO DE 2011

CALCULO:
LCFR

ESCALA:
1:100

HOJA:
14
22



EFECTUA
LUIS CARLOS FLORES ROSAS

V.E. ASOR
ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA

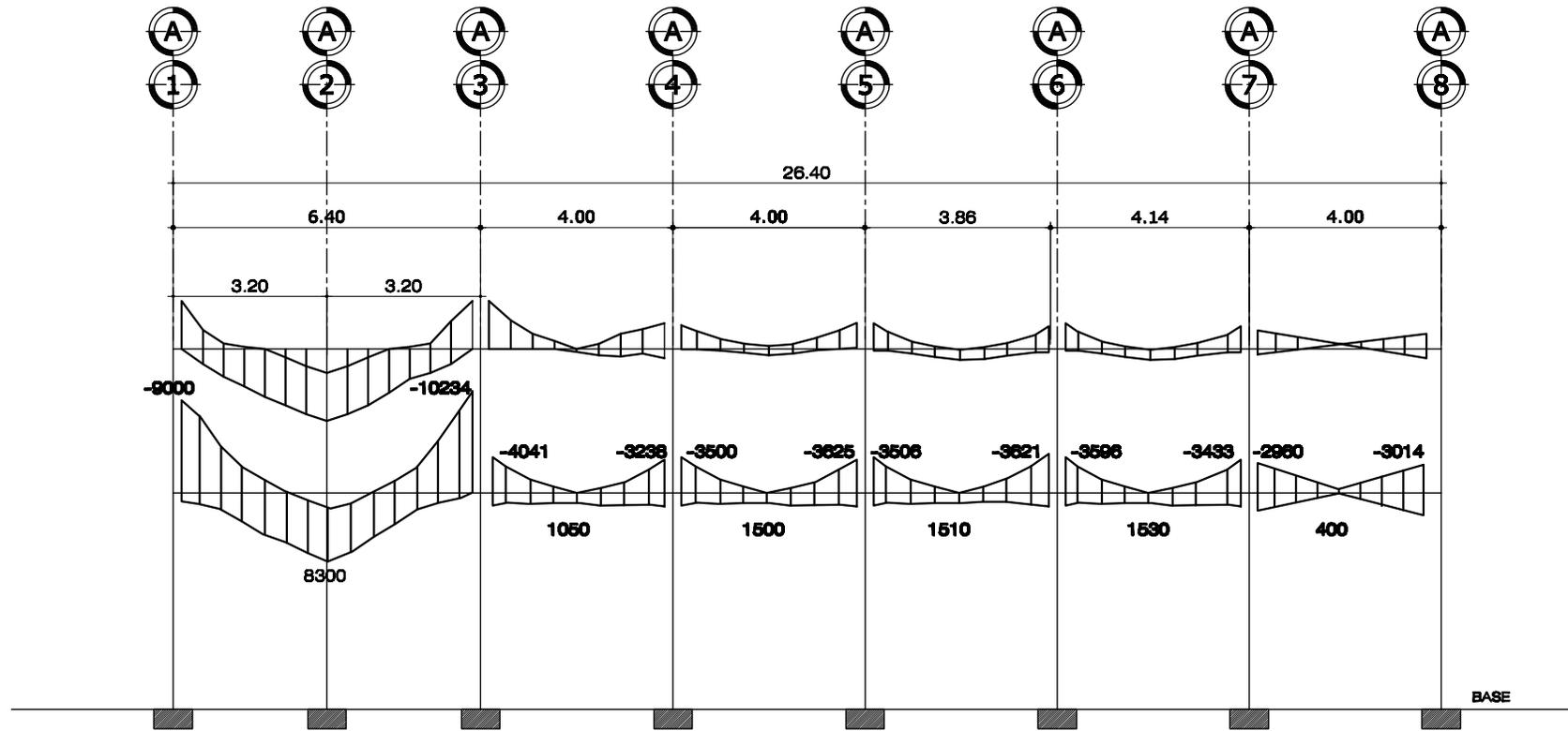


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 1, MARCO 1
UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE A

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA	
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOPR	FECHA: AGOSTO DE 2011
	DISEÑO: LOPR	FECHA: AGOSTO DE 2011	DISEÑO: LOPR	FECHA: AGOSTO DE 2011
	DISEÑO: LOPR	FECHA: AGOSTO DE 2011	DISEÑO: LOPR	FECHA: AGOSTO DE 2011
HOJA: 05 / 02				
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASISTENTE: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

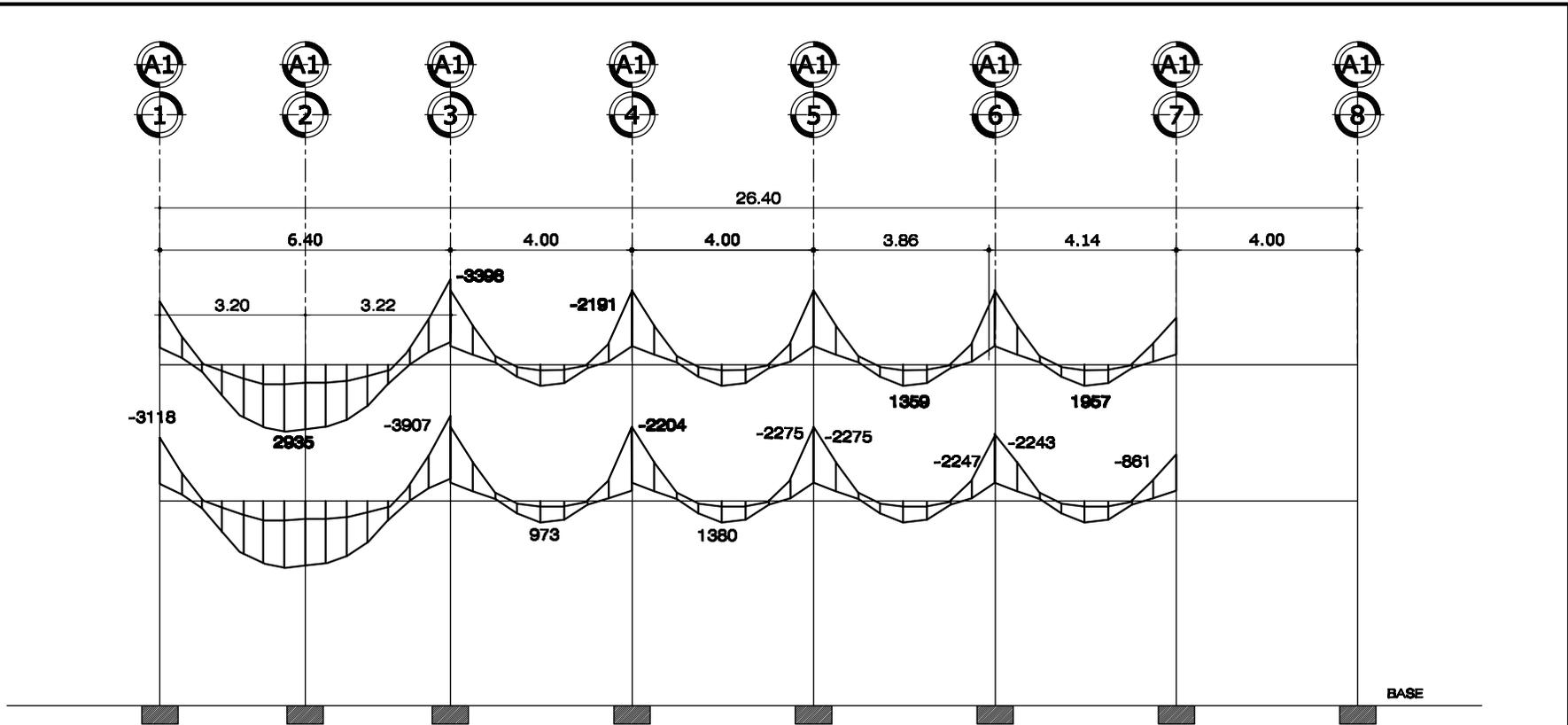


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 1, MARCO 5

UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN PLANO INTERMEDIO A EJE A Y B

ESCALA 1/100



MUNICIPALIDAD DE
SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL
SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA
EL CARMEN
LUGAR:
ALDEA EL CARMEN,
SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
DIAGRAMA DE MOMENTOS

PLANO DE:
DETALLE DE ESTRUCTURAS

DIBUJOS:
LCFR

DISEÑO:
LCFR

FECHA:
AGOSTO DE 2011

CALCULO:
LCFR

ESCALA:
1:100

HOJA:
08 / 08



EFECTUA: LUIS CARLOS FLORES ROSAS V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA

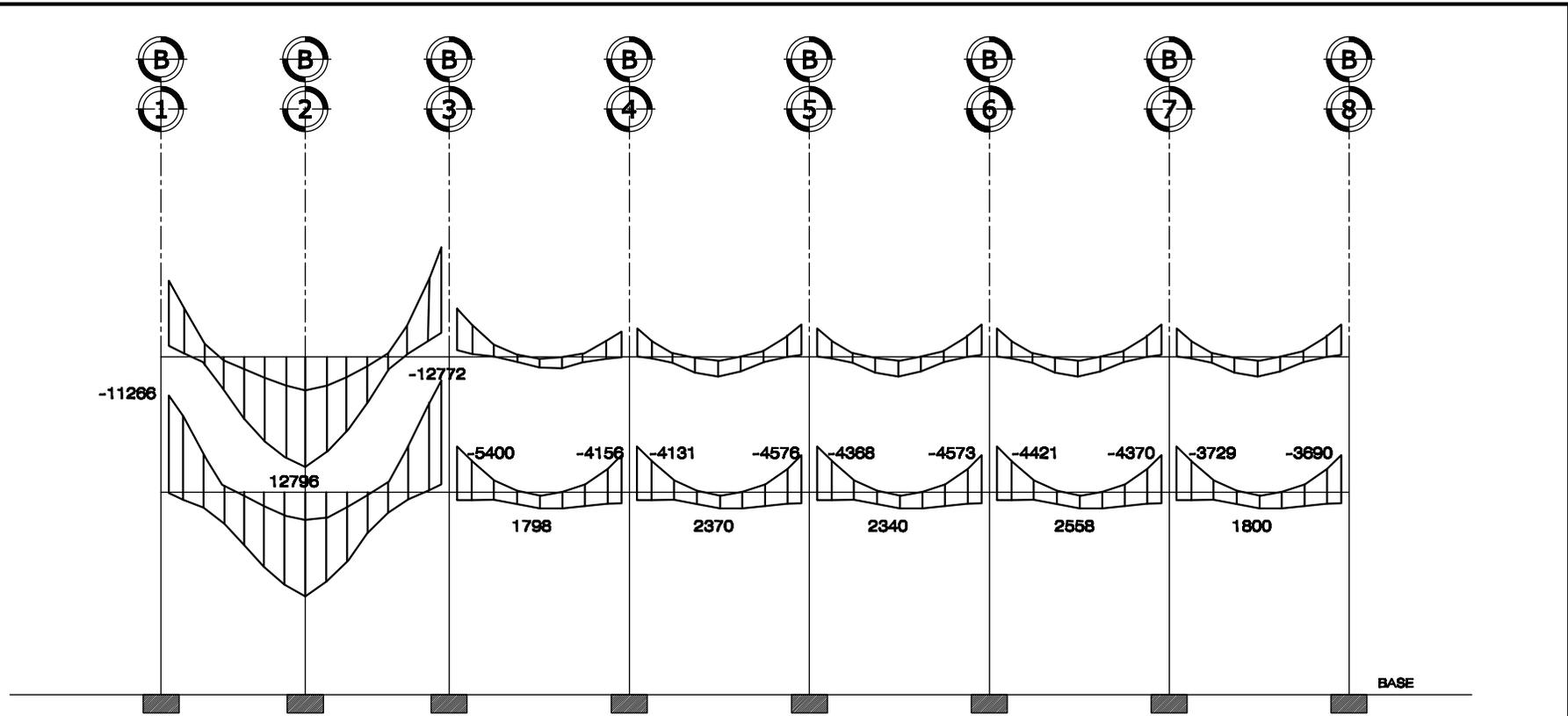


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 1, MARCO 2
UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE B

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJOS: LOFR
	DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
	CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	HOJA: 07 / 08

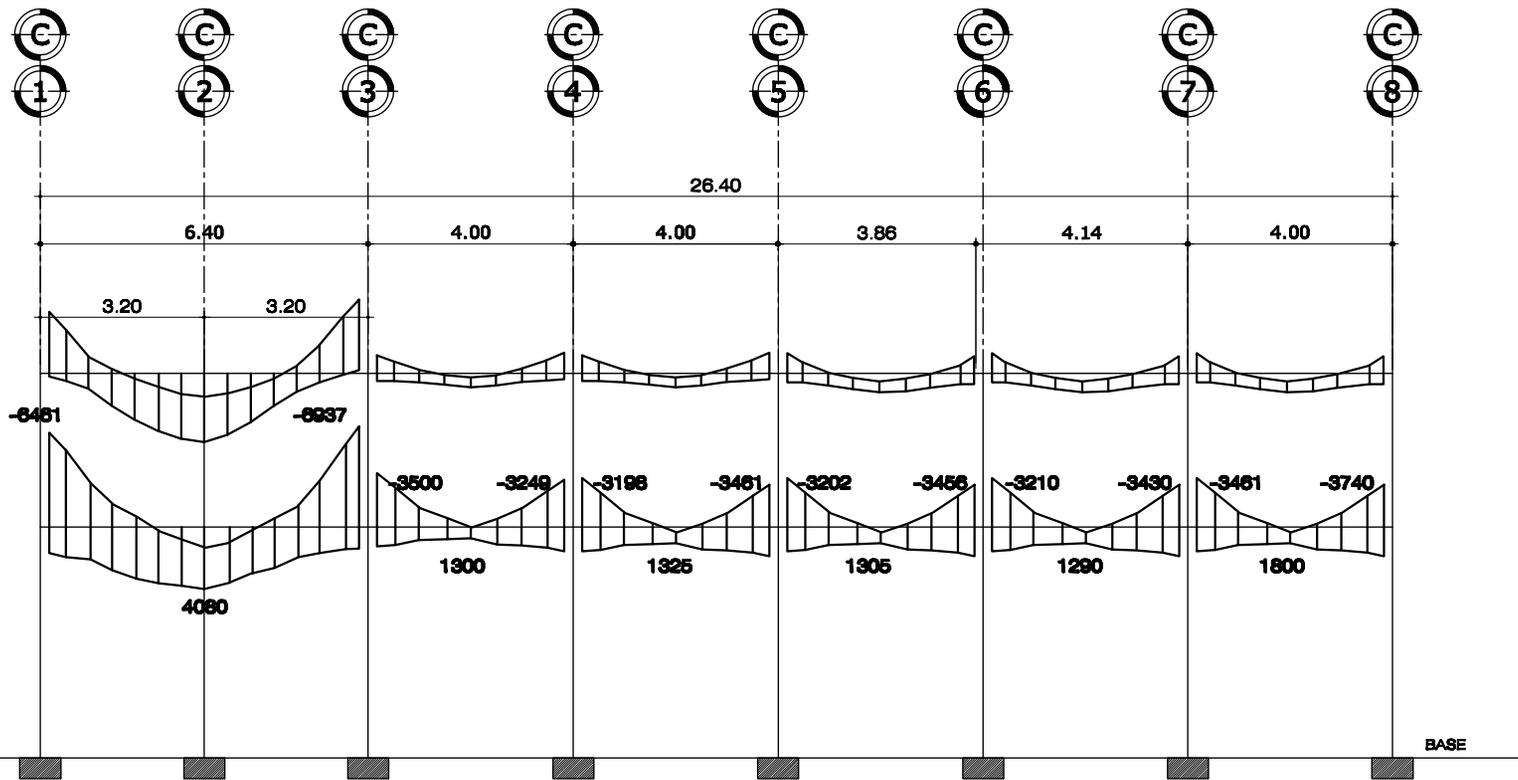


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 1, MARCO 2
UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE C

ESCALA 1/100



MUNICIPALIDAD DE
SANTA CATARINA PINULA
 EJERCICIO PROFESIONAL
 SUPERVISADO

PROYECTO:
 DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA
 EL CARMEN
 LUGAR:
 ALDEA EL CARMEN,
 SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
 DIAGRAMA DE MOMENTOS

PLANO DE:
 DETALLE DE ESTRUCTURAS

DELIBER:
 LOFR

DISEÑO:
 LOFR

FECHA:
 AGOSTO DE 2011

CALCULO:
 LOFR

ESCALA:
 1/100

HOJA:
 01



EFECTA:
 LUIS CARLOS FLORES RODAS

V.E. ASESOR:
 ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA

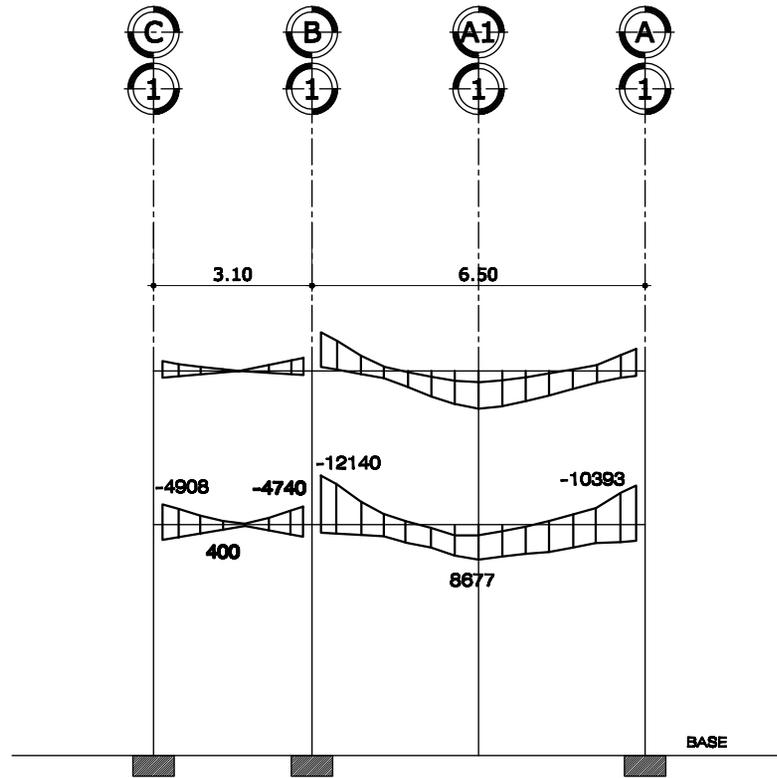


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 1, MARCO 3

UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 1

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJO: LOPR	
DISEÑO: LOPR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LOPR	ESCALA: 1:100	HOJA: 02 / 02	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASesor: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVALLAGA	



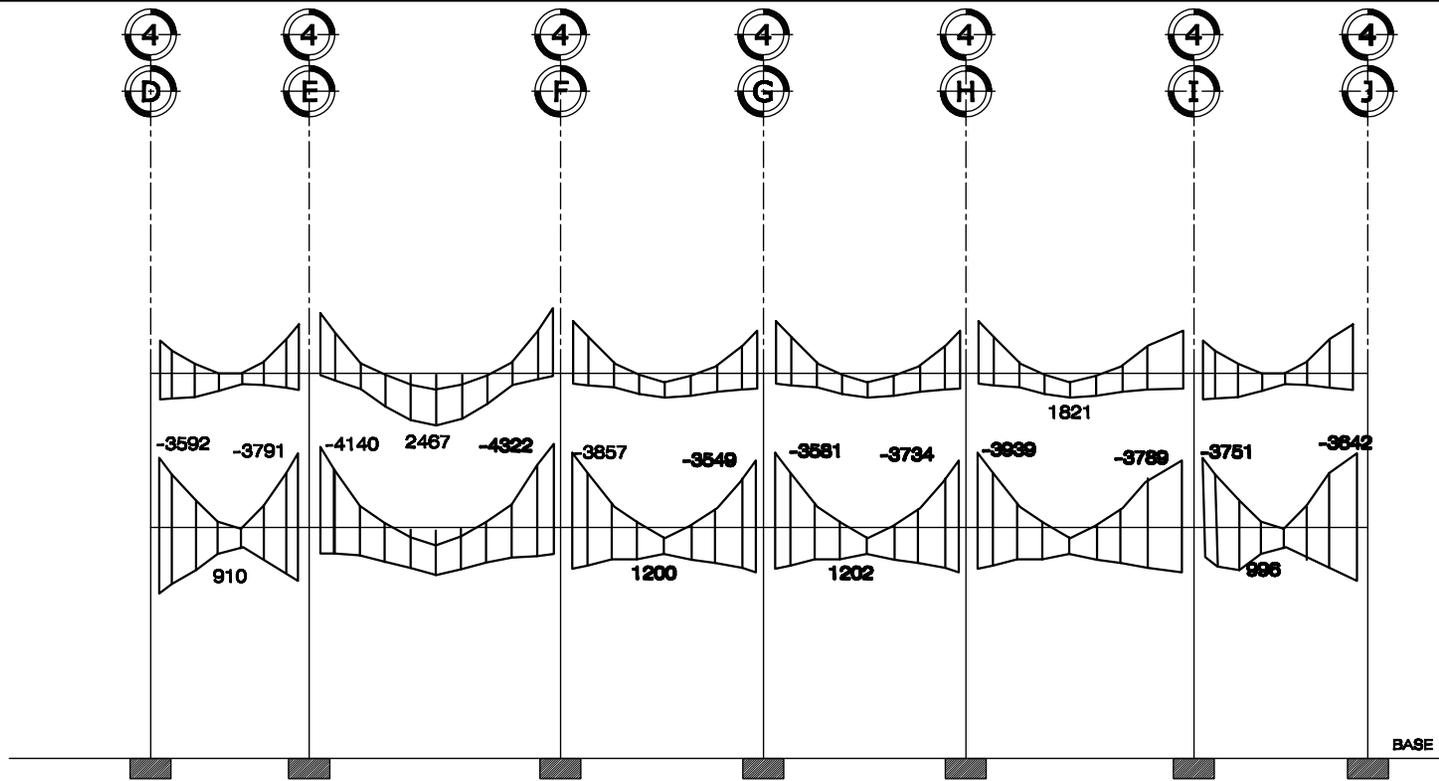


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 2, MARCO 7
UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 1

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJO: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LCFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		HOJA: 40 / 82
V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

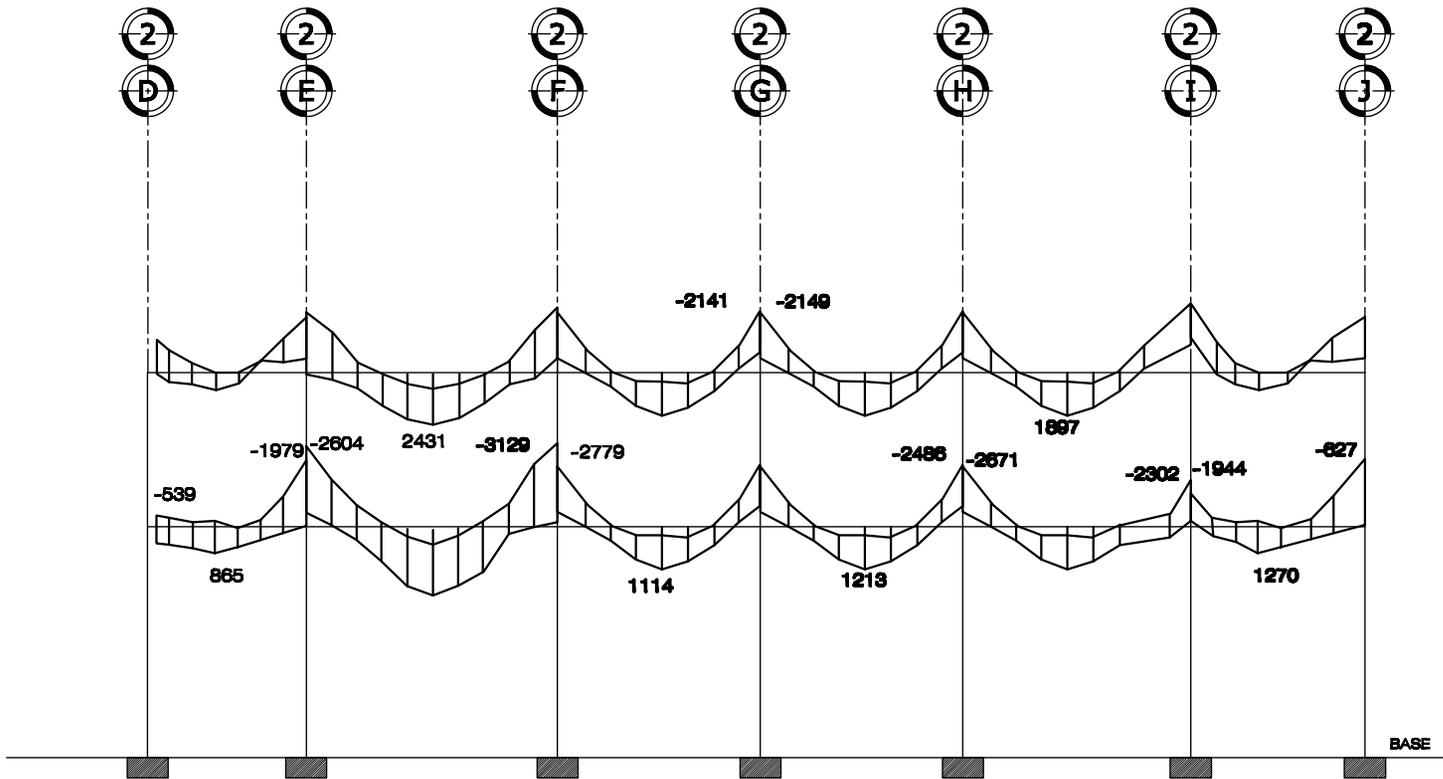


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 2, MARCO 9

UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 2

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		HOJA: 41 / 62
V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

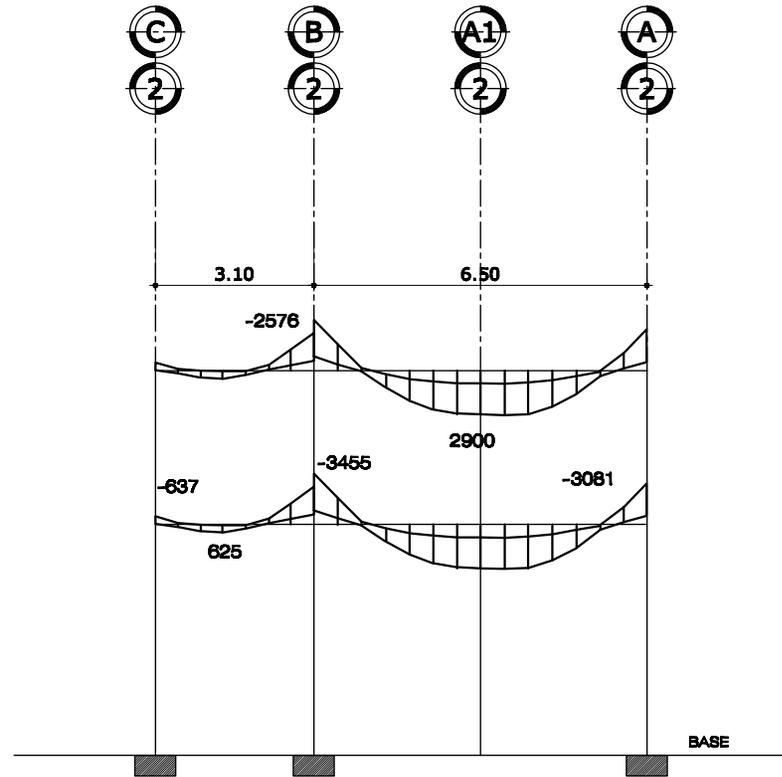


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 1, MARCO 6
UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 2

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		HOJA: 48 / 60
V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

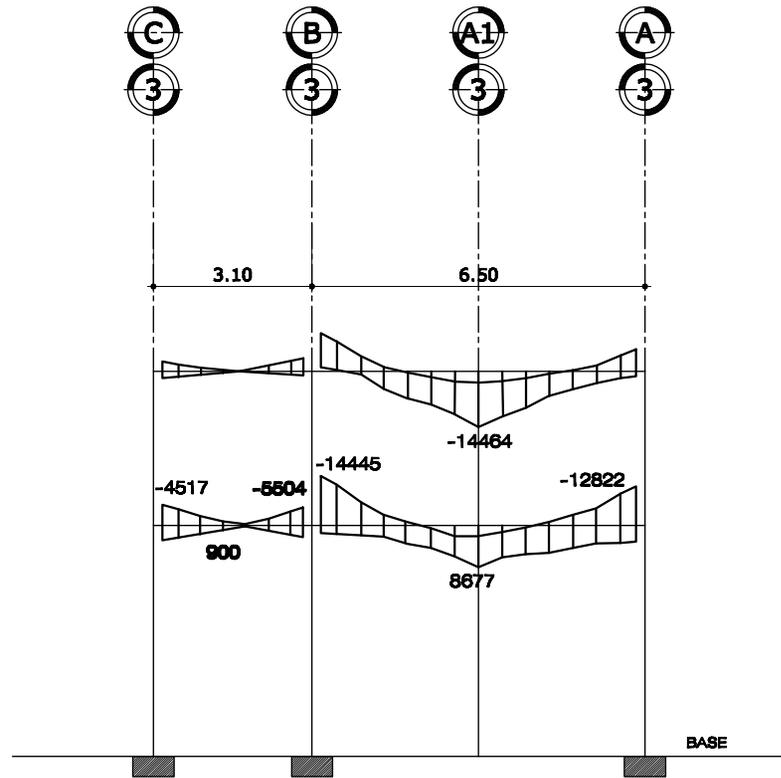


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 1, MARCO 4
UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 3

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA	
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOFR	
	DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
	CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	HOJA: 48 / 62	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES ROSAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		



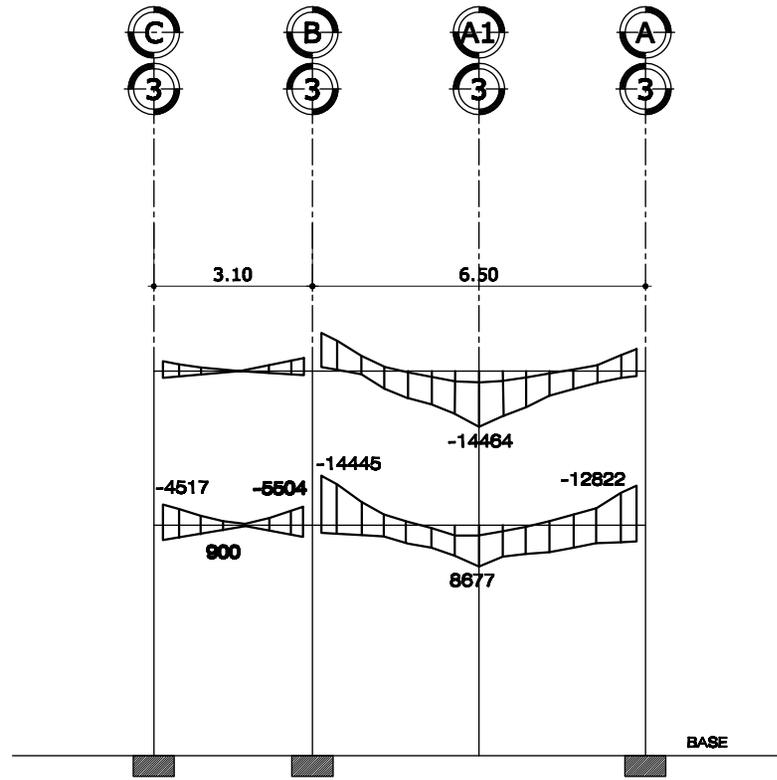


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 1, MARCO 4
UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 3

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑADOR: LOFR
	DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
	CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES ROSAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	HOJA: 44 / 68

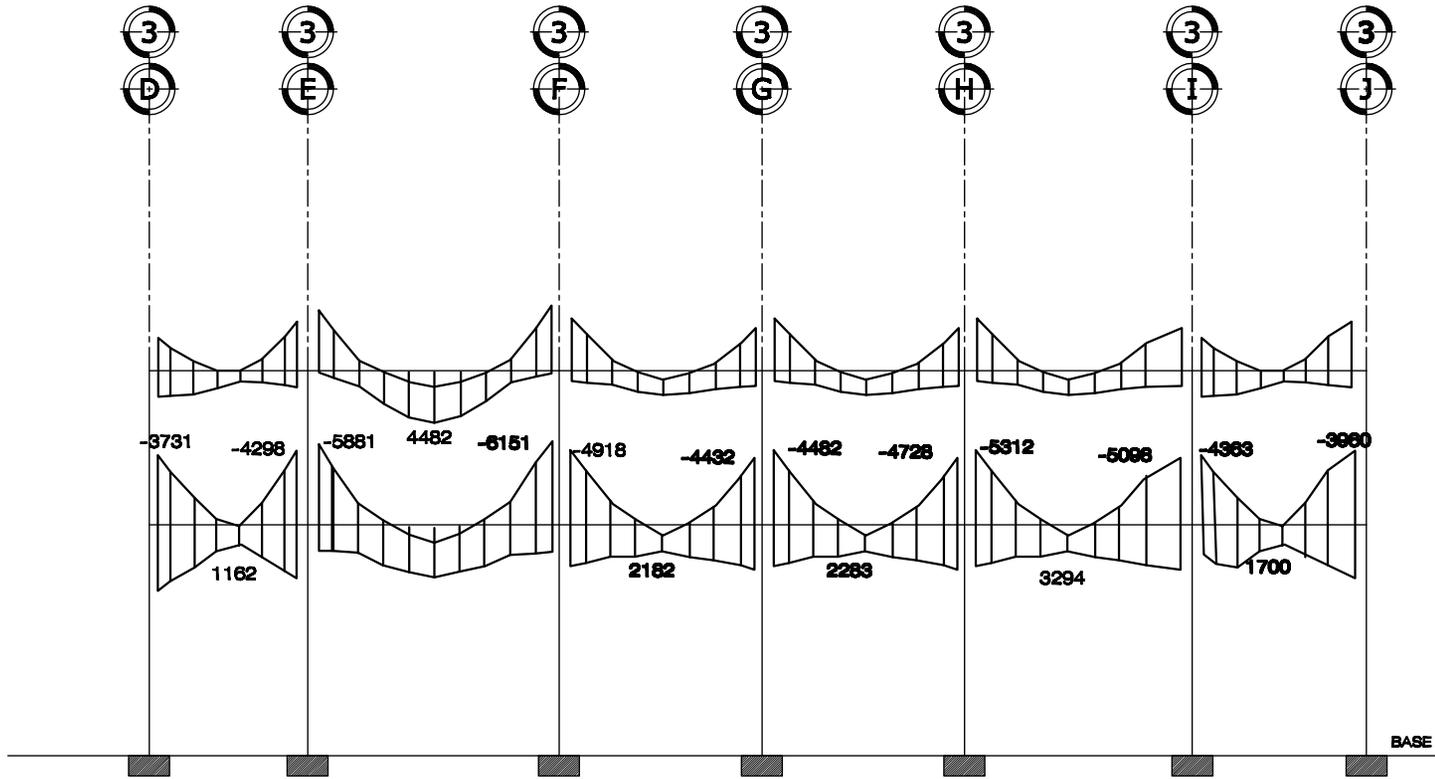


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 2, MARCO 7
UNIDADES: Kg^f - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 3

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS
DISEÑO: LOPR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LOPR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA
		HOJA: 46 / 62

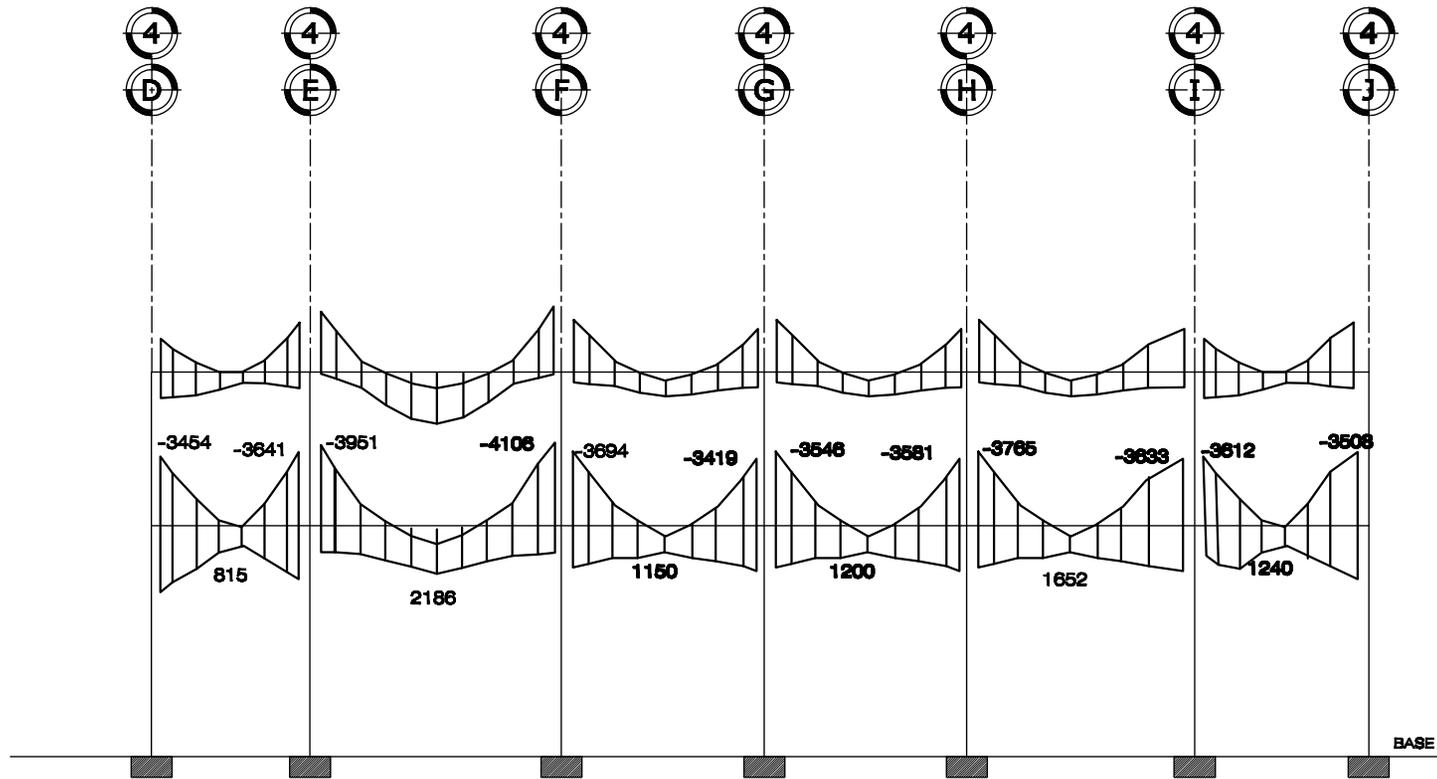


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 2, MARCO 7

UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 4

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOPR
DISEÑO: LOPR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LOPR	ESCALA: 1:100	HOJA: 48 / 62	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



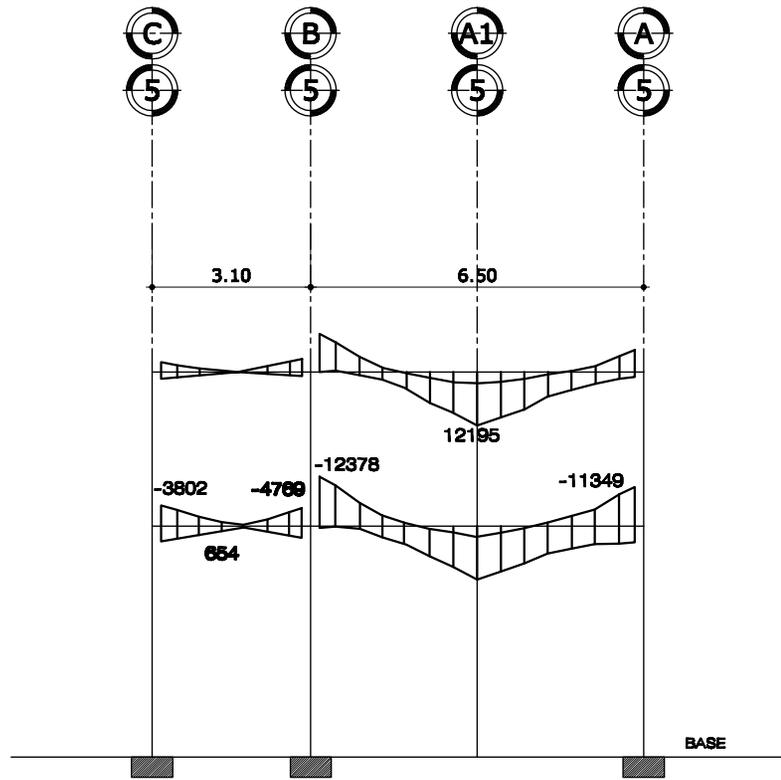


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 1, MARCO 4
UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 5

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJOS: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	HOJA: 47 / 68	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES ROOAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



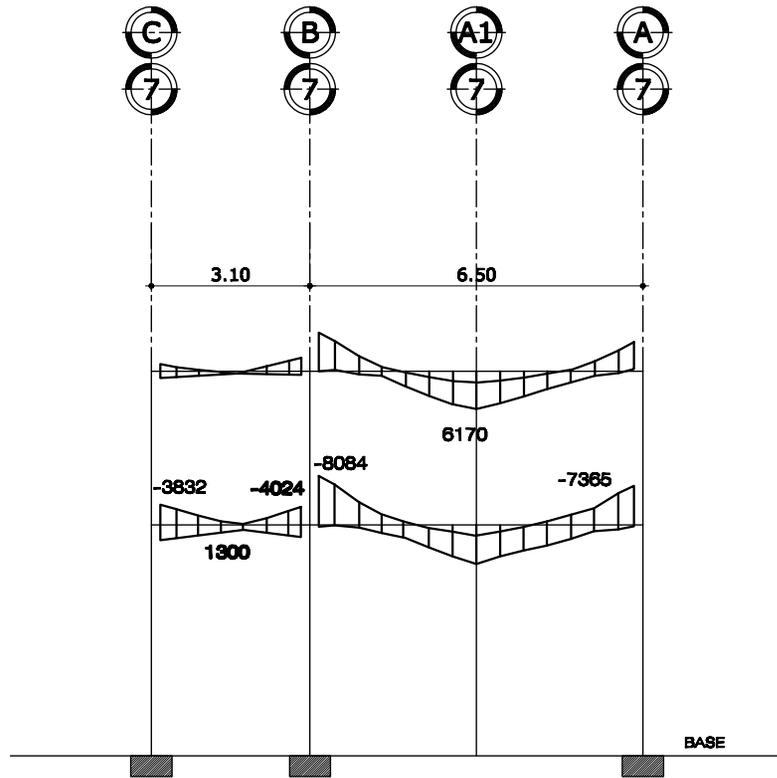


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 1, MARCO 4
UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 7

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJO: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LCFR	ESCALA: 1:100	HOJA: 48 / 62	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES ROSAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



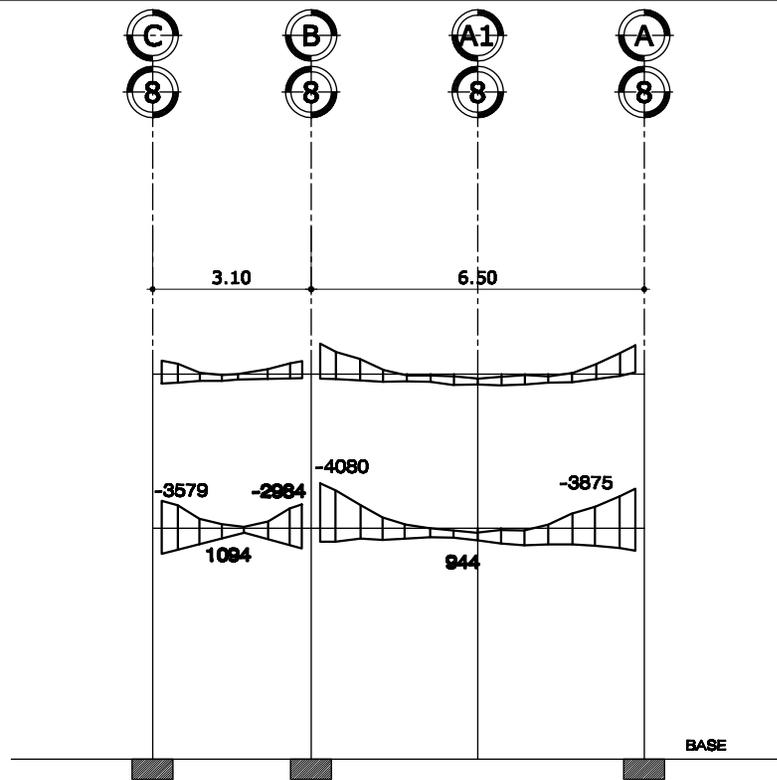


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 1, MARCO 4
UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 8

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LCPR
DISEÑO: LCPR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LCPR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POOAB		HOJA: 50 / 60
V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

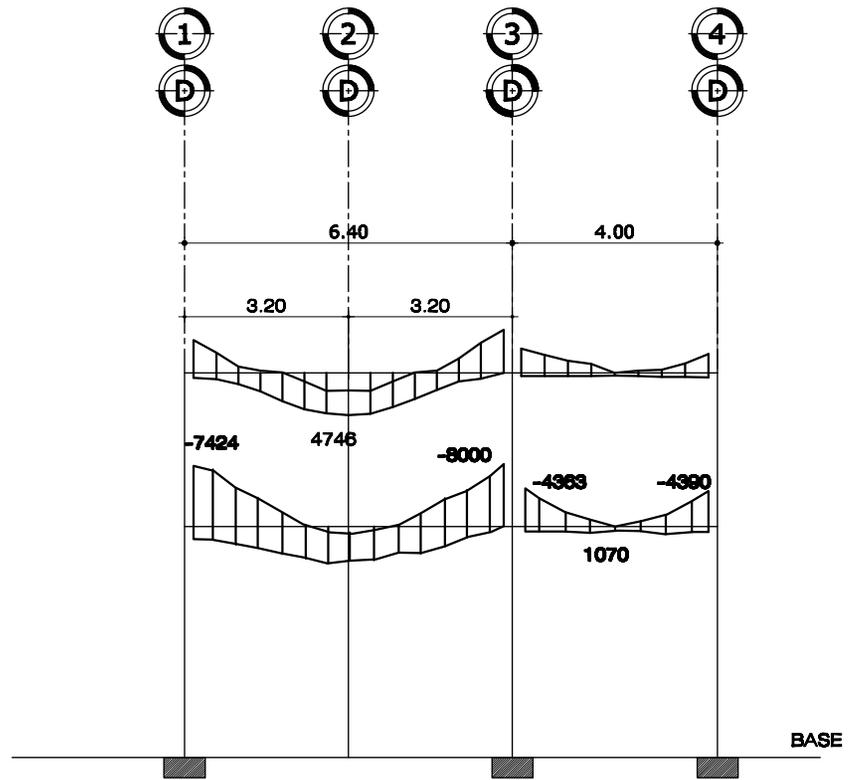


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 2, MARCO 8

UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE D

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		HOJA: 01 / 02
V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

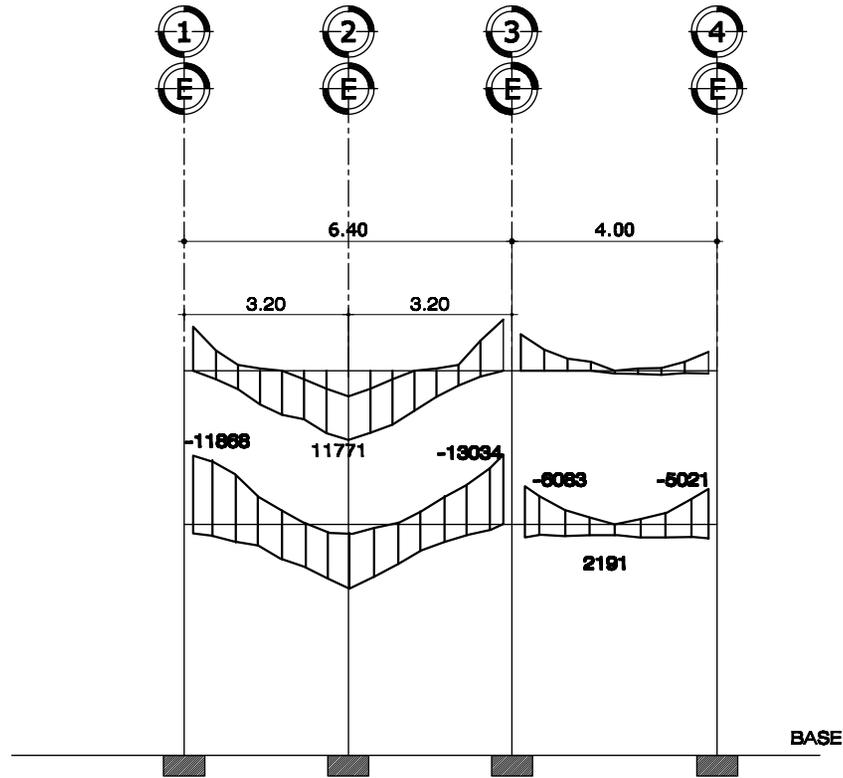


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 2, MARCO 8

UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE E

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS
DISEÑO: LCFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LCFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		HOJA: DE / DE
V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

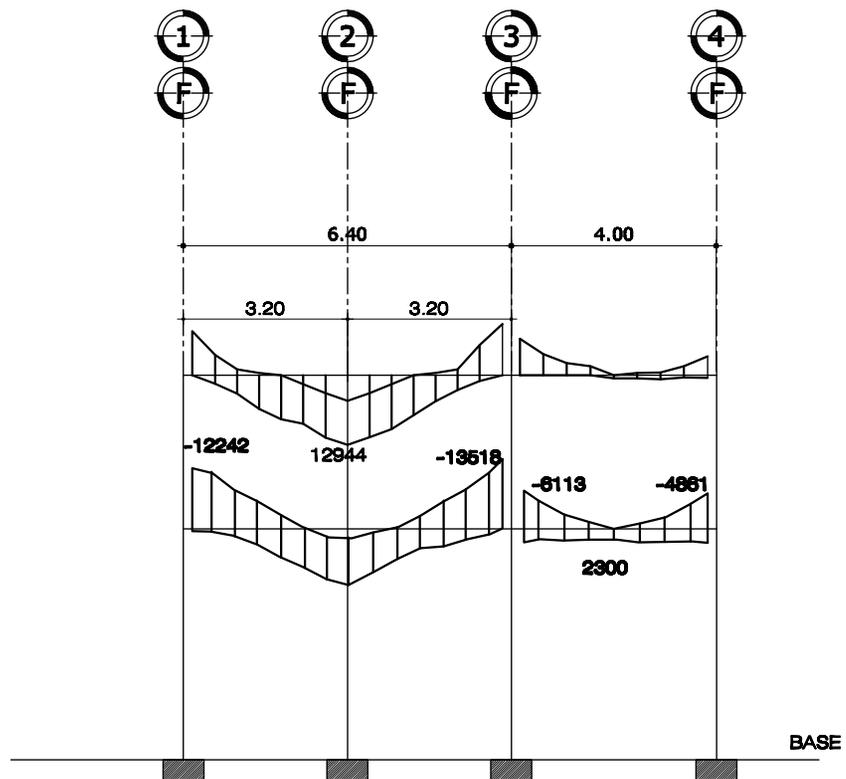
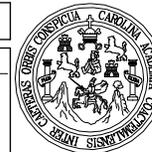


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 2, MARCO 8
UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE F

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJO: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LCFR	ESCALA: 1:100	HOJA: 08 / 02	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



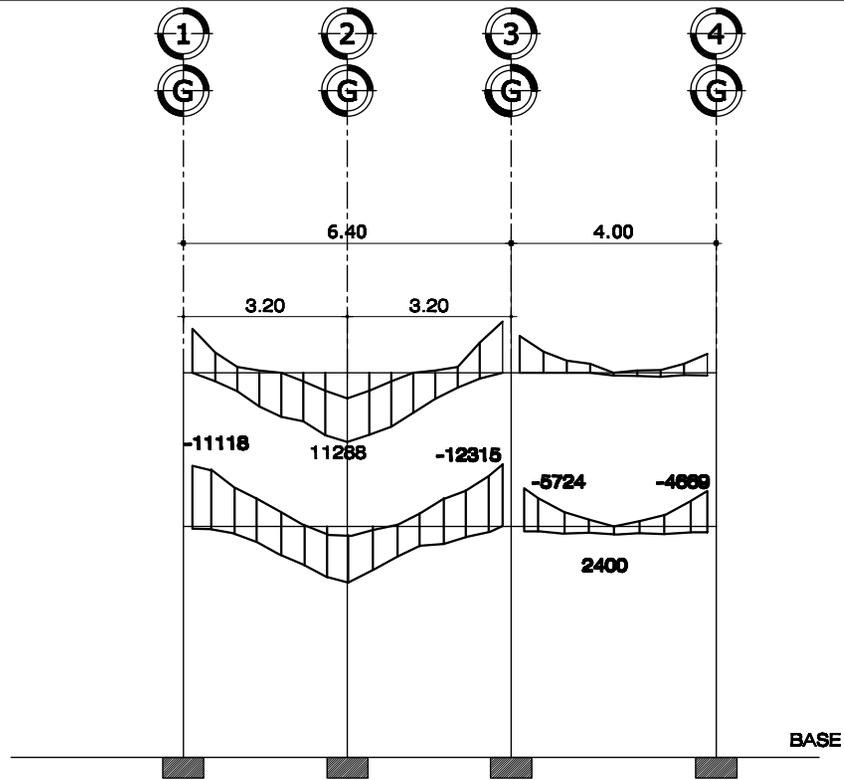


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 2, MARCO 8
UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE G

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJO: LCPR
DISEÑO: LCPR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LCPR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		HOJA: 54 / 62
V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

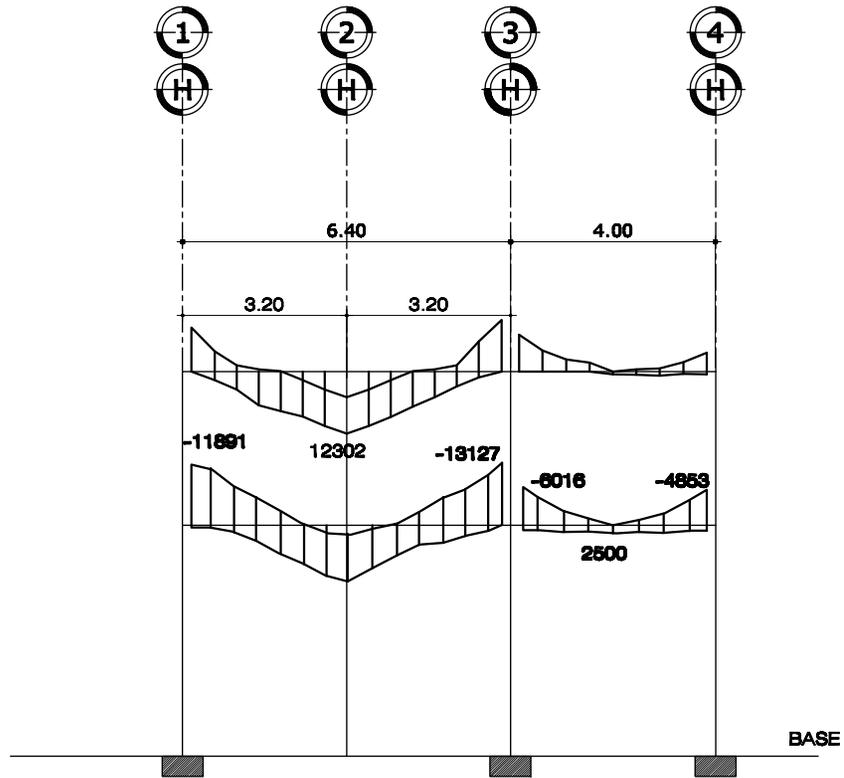


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 2, MARCO 8
UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE H

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS
DISEÑO: LOPR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LOPR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		HOJA: 05 / 05
V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

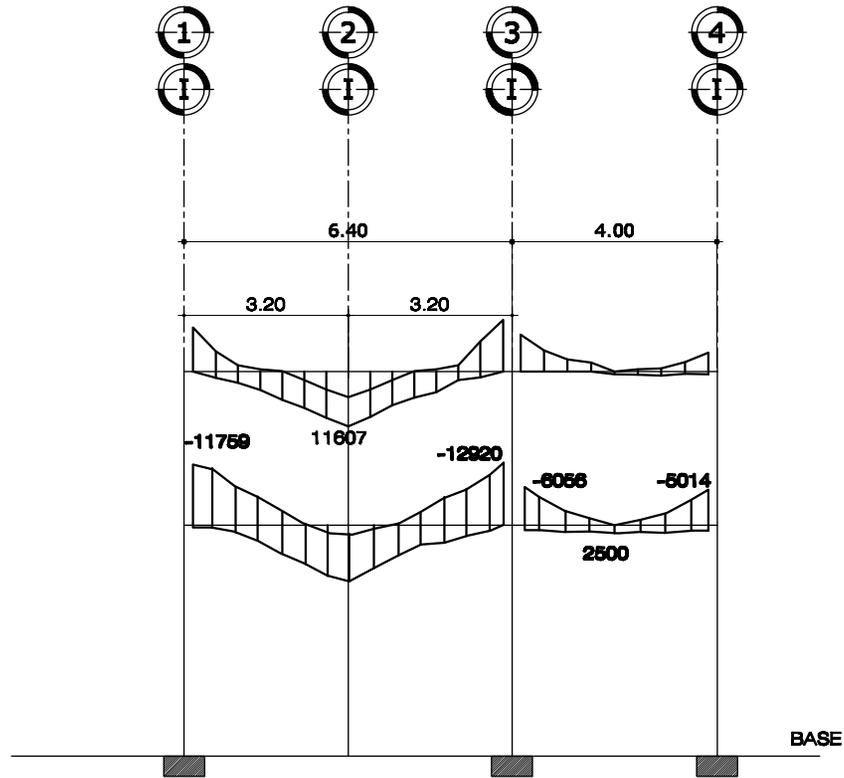


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 2, MARCO 8
UNIDADES: Kg·m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE I

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		HOJA: 08 / 08
V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

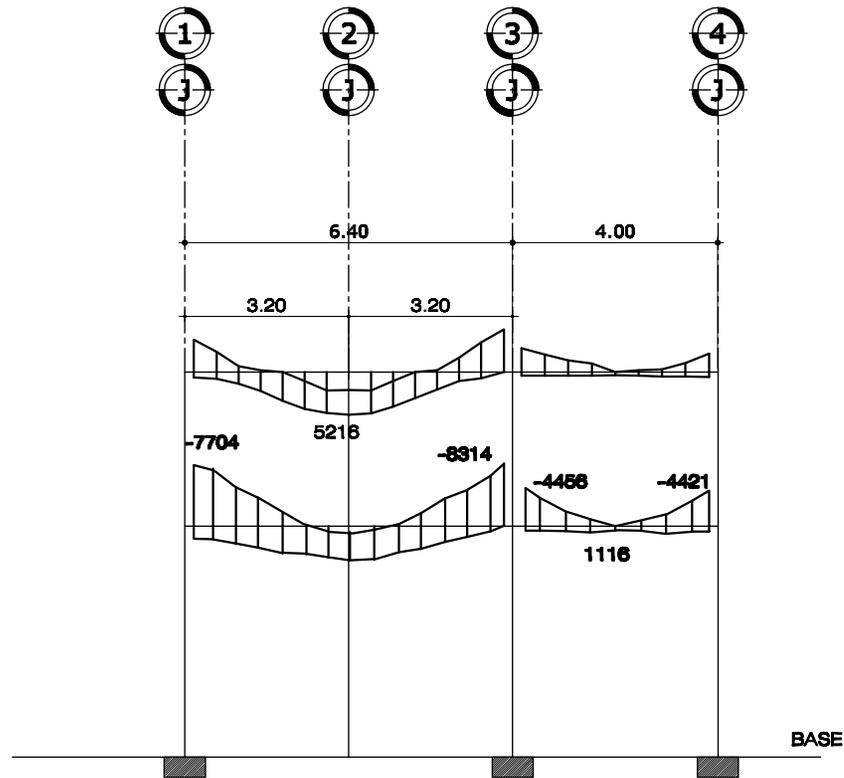


DIAGRAMA DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS TRAMO 2, MARCO 8
UNIDADES: Kgf - m. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE J

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE MOMENTOS	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS
DISEÑO: LCFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LCFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		HOJA: 07 / 08
V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

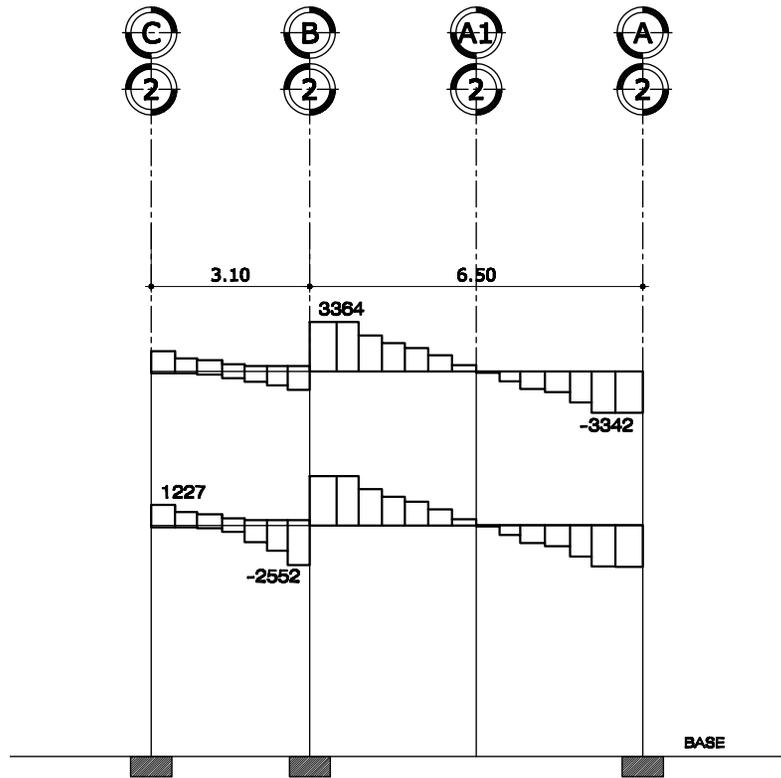


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS, TRAMO 1, MARCO 6
UNIDADES: Kgf. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 2

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJOS: LOFR
	DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
	CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.E. ASesor: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	HOJA: 08 / 08

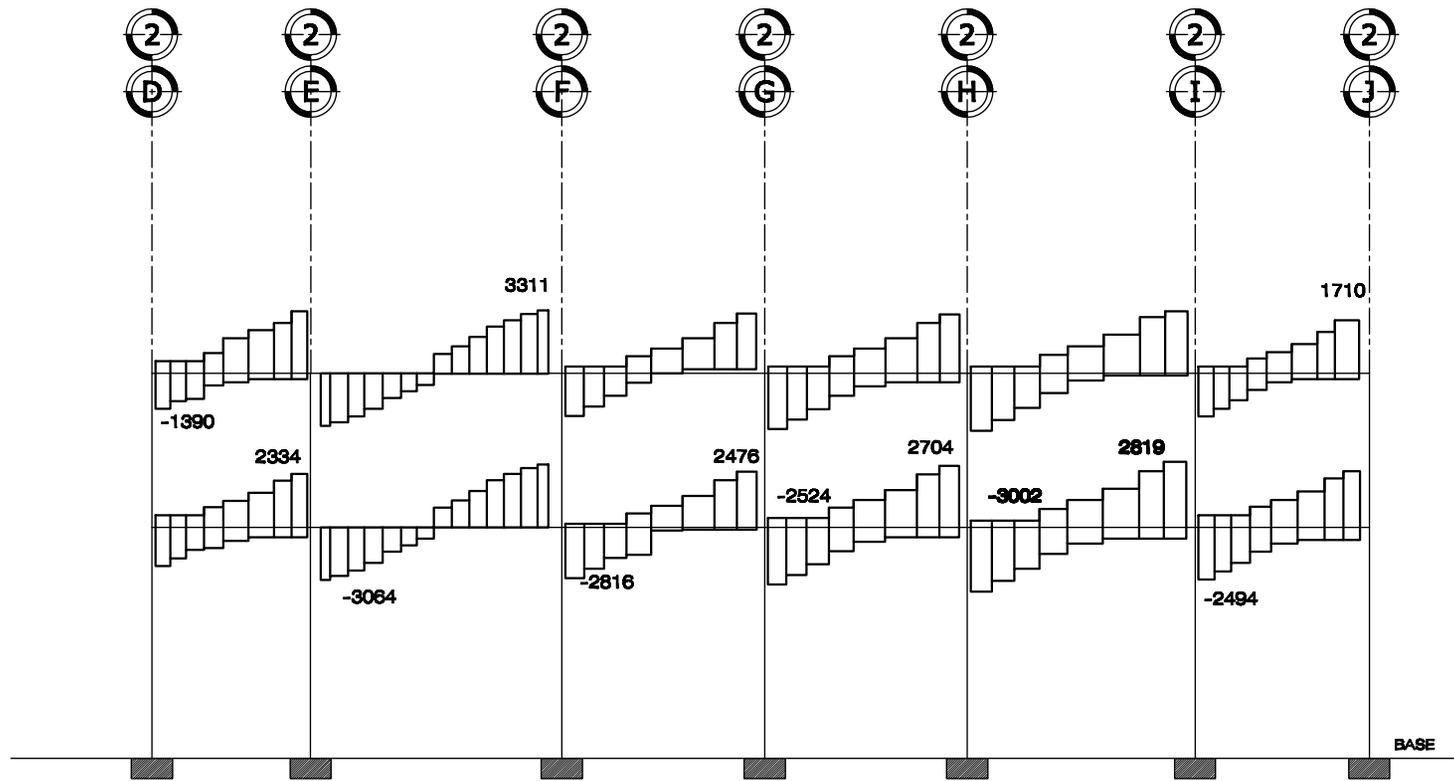


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS TRAMO 2, MARCO 9
UNIDADES: Kgf . UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 2

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	HOJA: 08 / 08	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



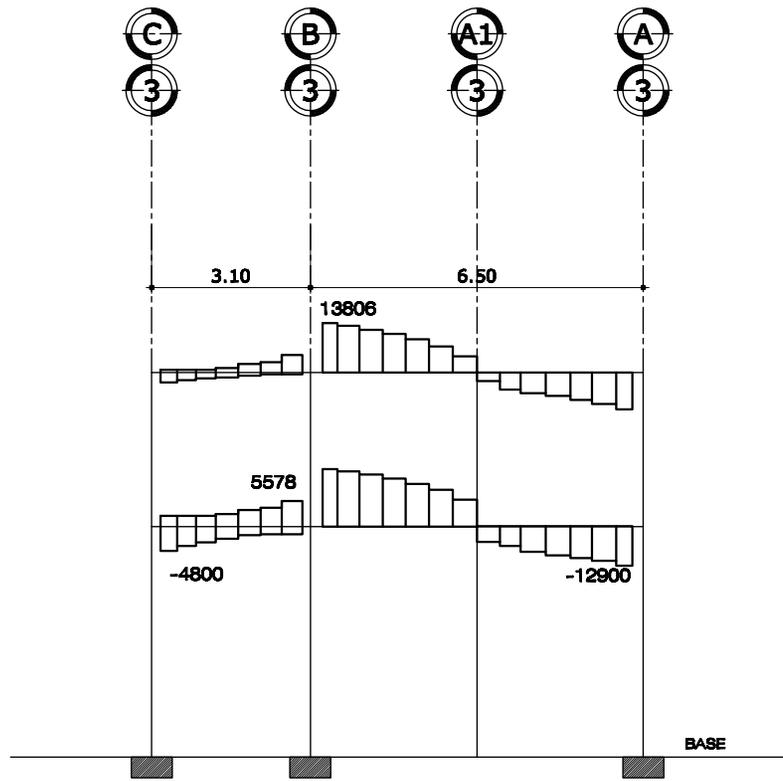


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS, TRAMO 1, MARCO 4
UNIDADES: Kgf . UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 3

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CALCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA
		HOJA: 00 / 02

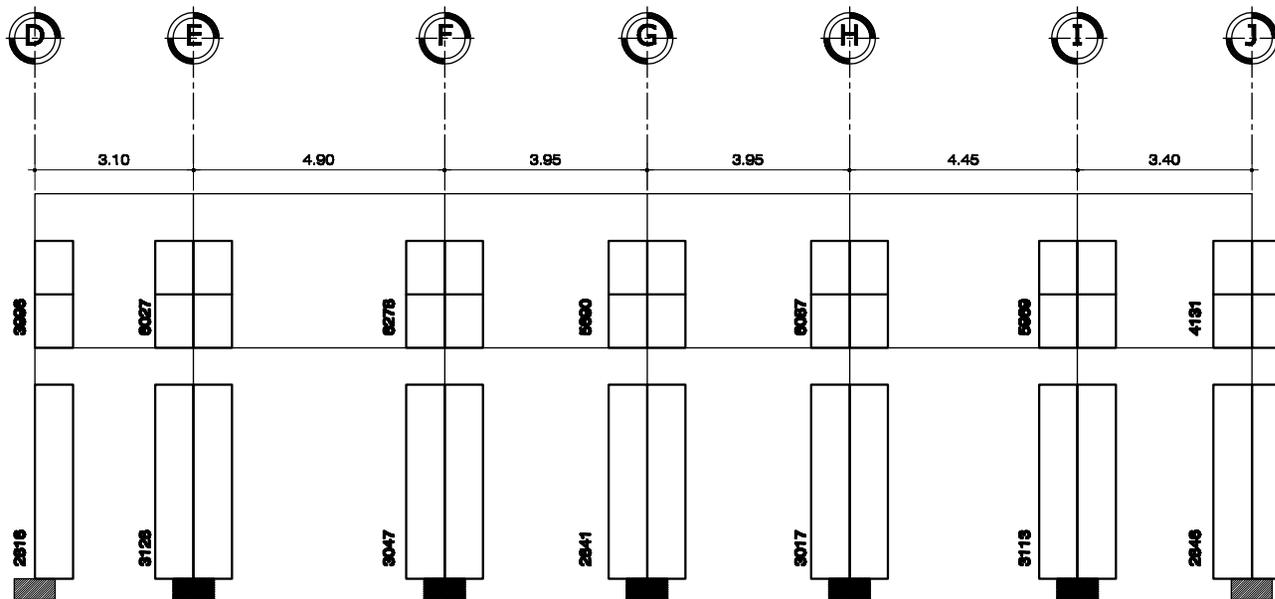


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADAS, TRAMO 2, MARCO 7, EJE TRANSVERSAL 3-3
UNIDADES Kgf-m UBICACION: PLANO DE EJE No.3

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA	
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOPR	FECHA: MAYO DE 2010
	CÁLCULO: LOPR	ESCALA: 1:100	HOJA: 01 / 02	
	FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



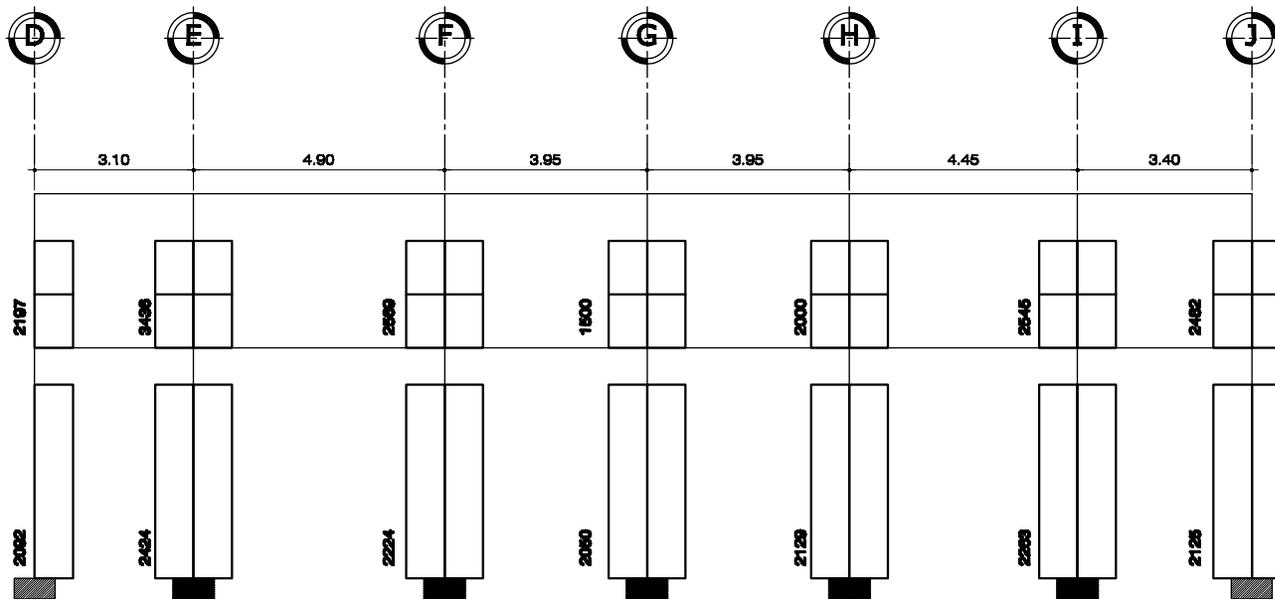


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADAS, TRAMO 2, MARCO 7, EJE TRANSVERSAL 2-2
UNIDADES Kgf-m UBICACION: PLANO DE EJE No.3

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOPR
DISEÑO: LOPR	FECHA: MAYO DE 2010	HOJA: DE / DE	
CÁLCULO: LOPR	ESCALA: 1:100	HOJA: DE / DE	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



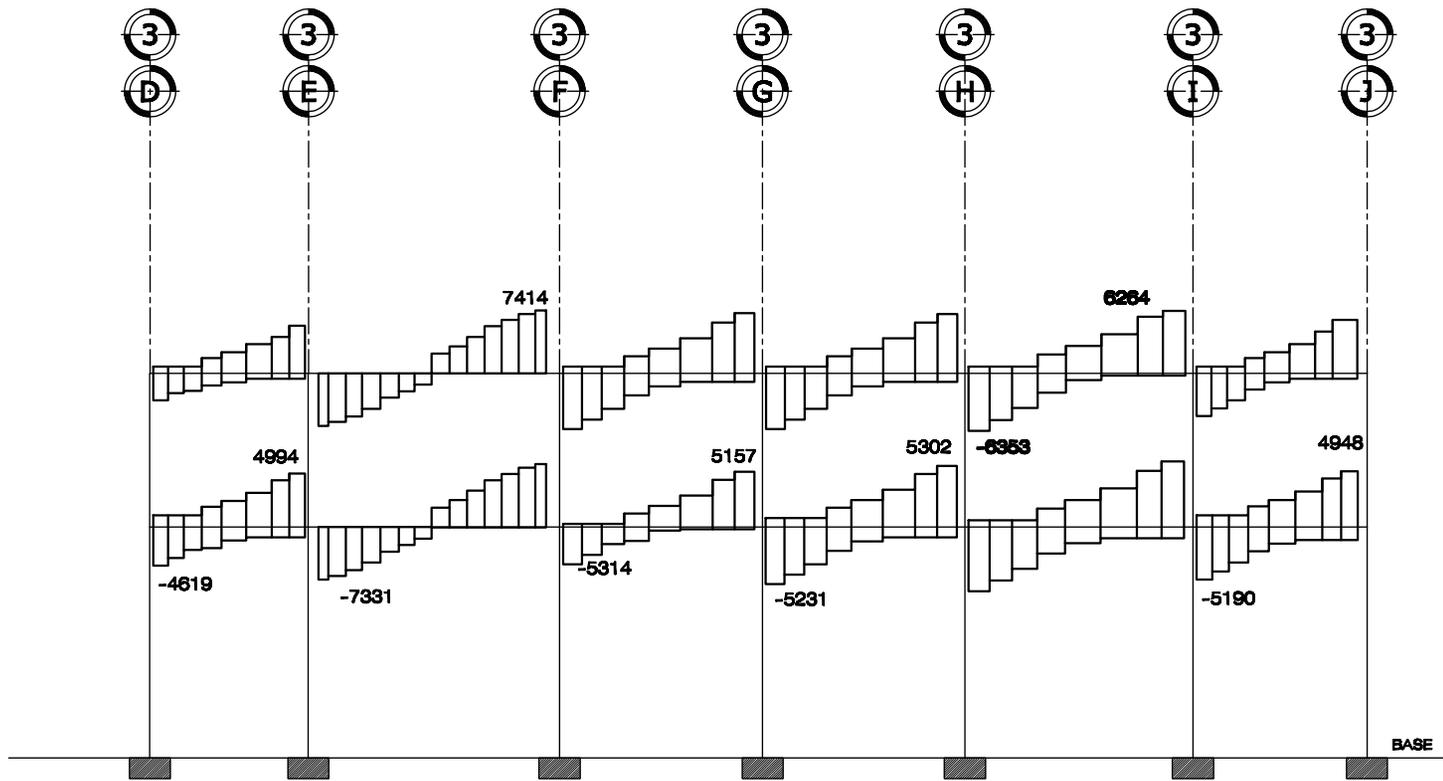


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS TRAMO 2, MARCO 7
UNIDADES: Kgf . UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 3

ESCALA 1/100



MUNICIPALIDAD DE
SANTA CATARINA PINULA
 EJERCICIO PROFESIONAL
 SUPERVISADO

PROYECTO:
 DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA
 EL CARMEN
 LUGAR:
 ALDEA EL CARMEN,
 SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
 DIAGRAMA DE CORTES

PLANO DE:
 DETALLE DE ESTRUCTURAS

DESEÑAR:
 LOFR

FECHA:
 LOFR

FECHA:
 AGOSTO DE 2011

CALCULO:
 LOFR

ESCALA:
 1:100

HOJA:
 08 / 08



EFECTUA
 LUIS CARLOS FLORES ROSAS

V.E. ASESOR
 ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA

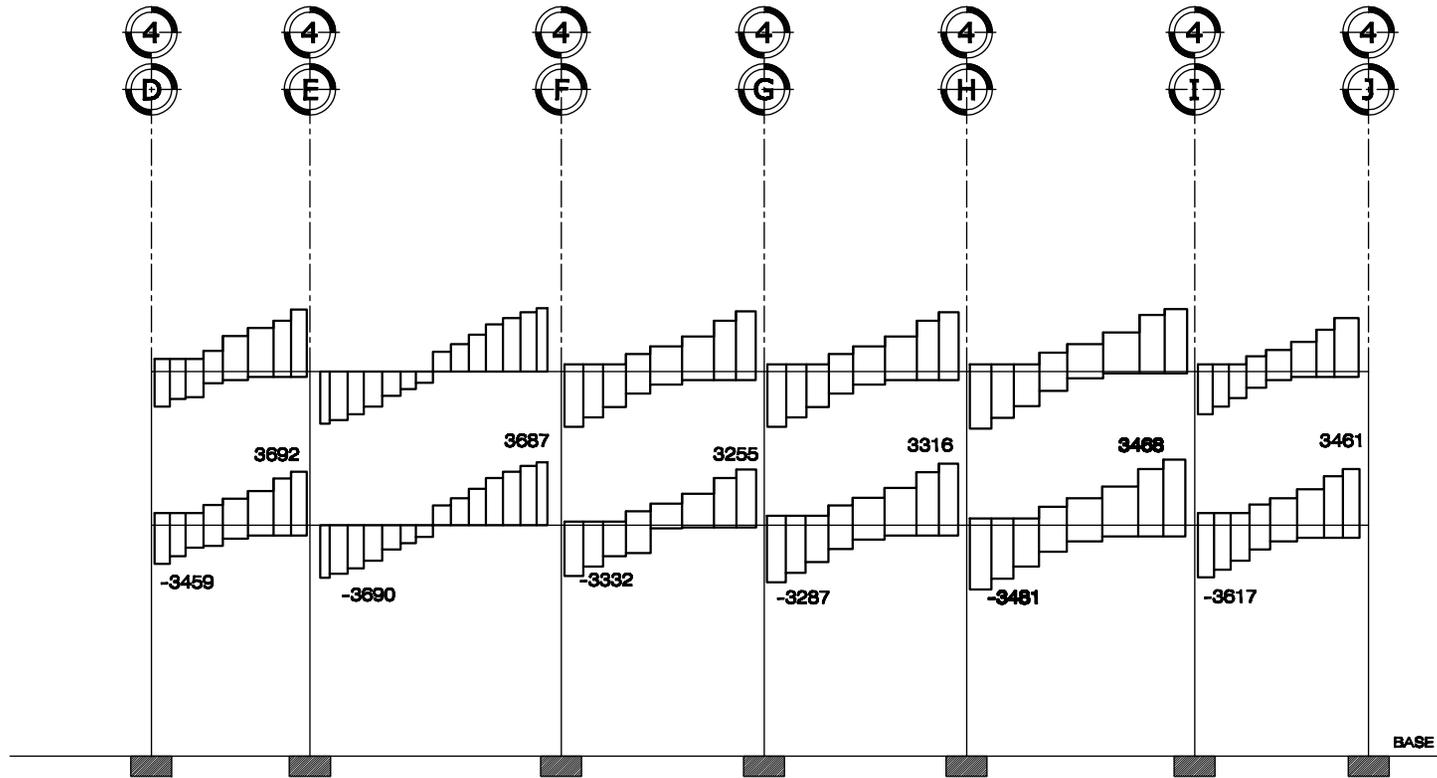


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS TRAMO 2, MARCO 7
UNIDADES: Kgf . UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 4

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJO: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES ROSAS		HOJA: 04 / 02
V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

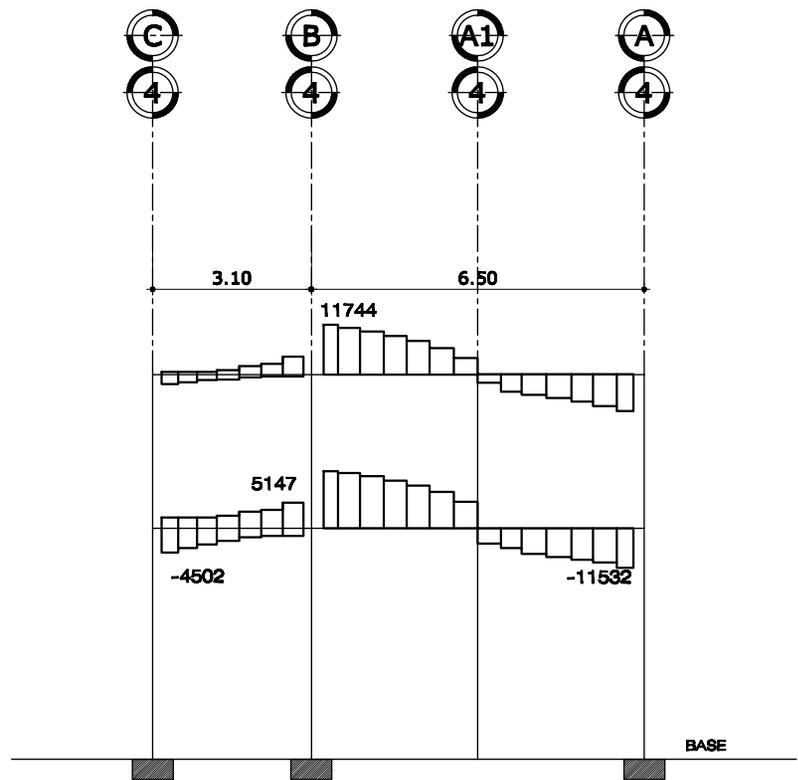


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS, TRAMO 1, MARCO 4
UNIDADES: Kgf . UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 4

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJO: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CALCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA
		HOJA: 05 / 05

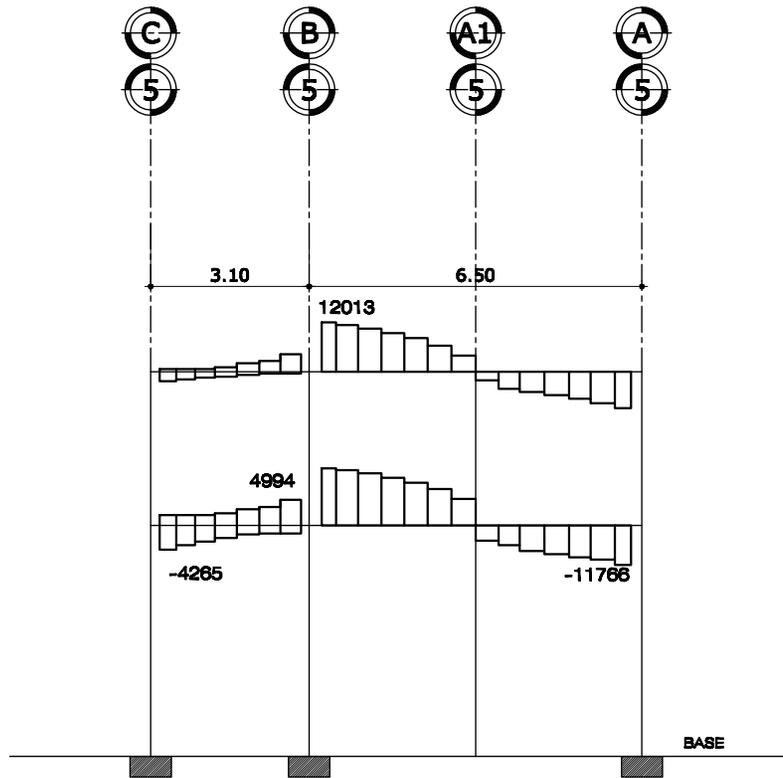


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS, TRAMO 1, MARCO 4
UNIDADES: Kgf . UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 5

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJO: LCFR
DISEÑO: LCFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LCFR	ESCALA: 1/100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POCAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA

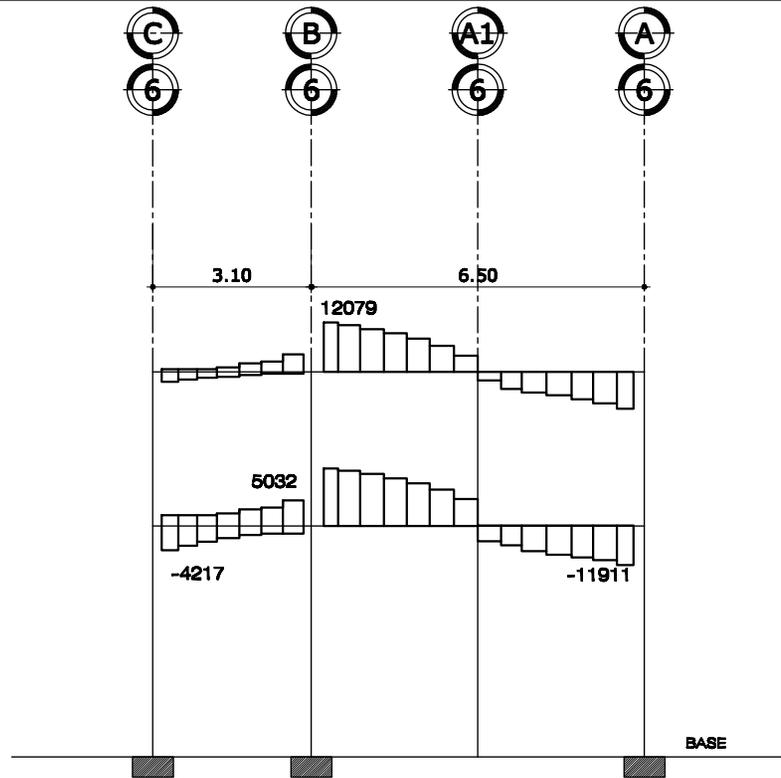


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS, TRAMO 1, MARCO 4
UNIDADES: Kgf . UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 6

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJO: LCPR
DISEÑO: LCPR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CALCULO: LCPR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA
		HOJA: 07 / 08

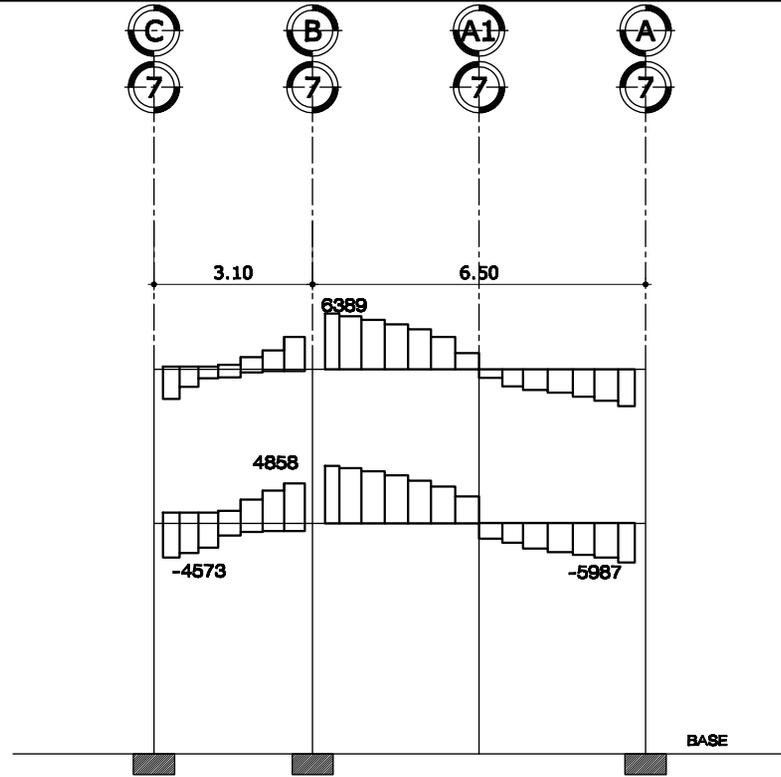


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS, TRAMO 1, MARCO 4
UNIDADES: Kg-f . UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 7

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA
		HOJA: 08 / 08

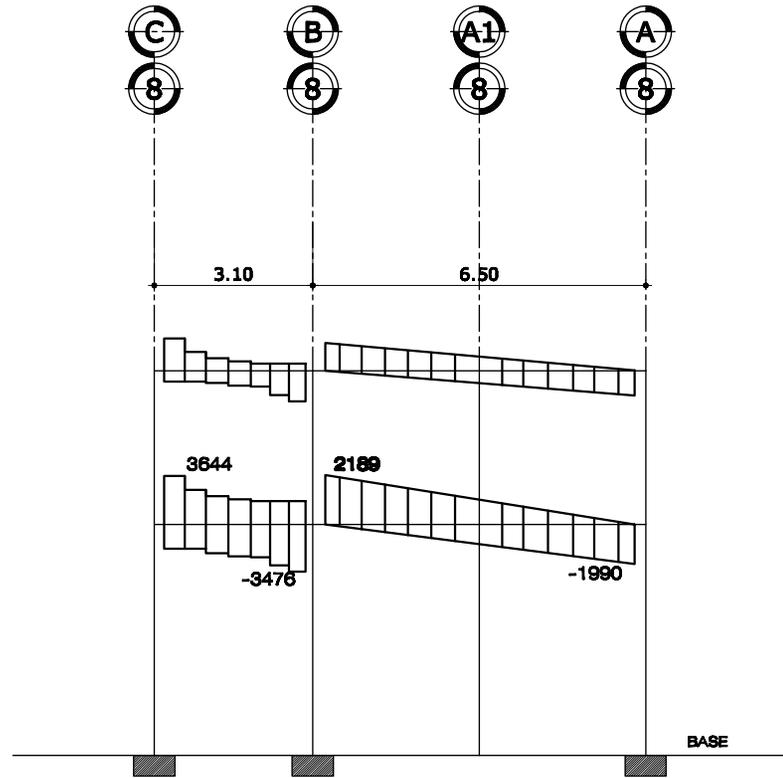


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS, TRAMO 1, MARCO 4
UNIDADES: Kgf. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE 8

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJOS: LOPR
	DISEÑO: LOPR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
	CÁLCULO: LOPR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES ROOAS		V.E. ASesor: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	HOJA: 08 / 08

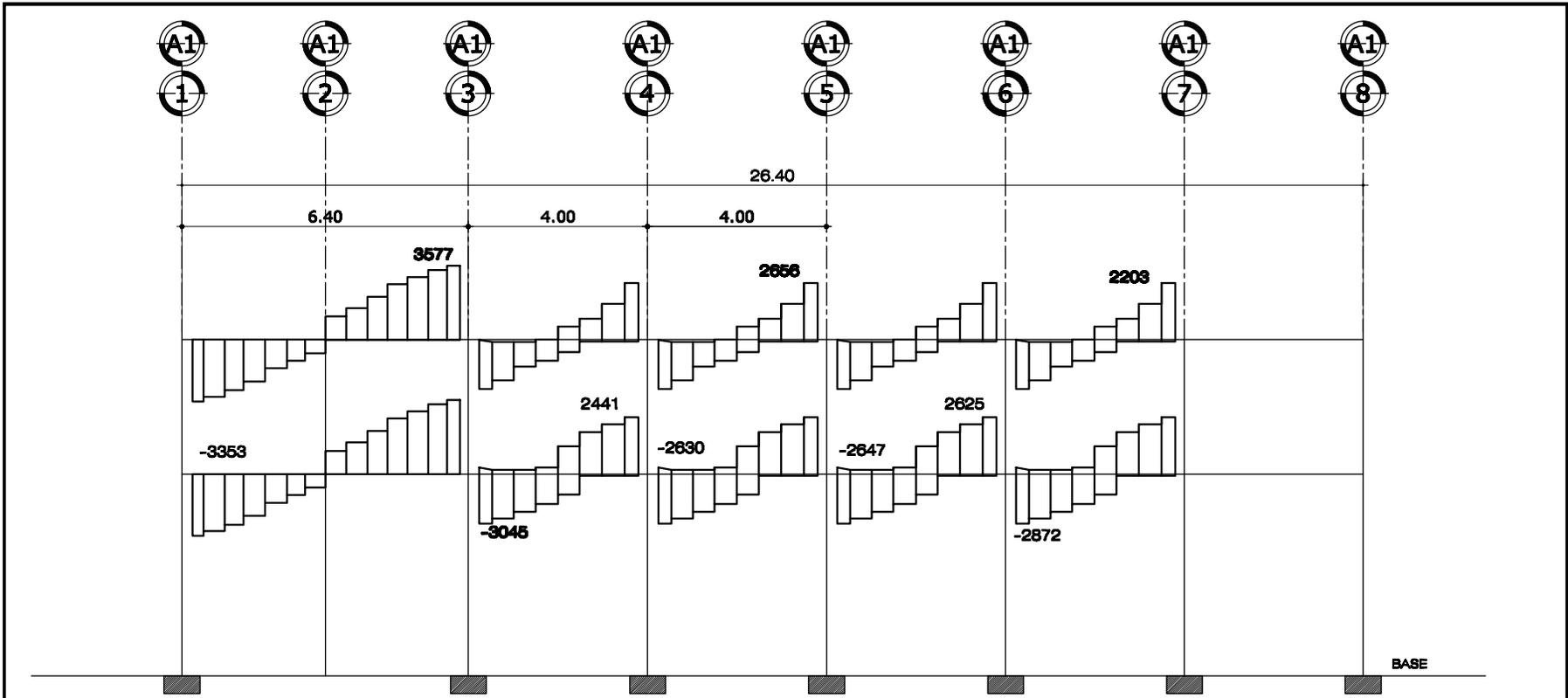


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS TRAMO 1, MARCO 5
UNIDADES: Kgf . UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE A-B

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJO: LOPR
	DISEÑO: LOPR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
	CÁLCULO: LOPR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	HOJA: 70 / 88

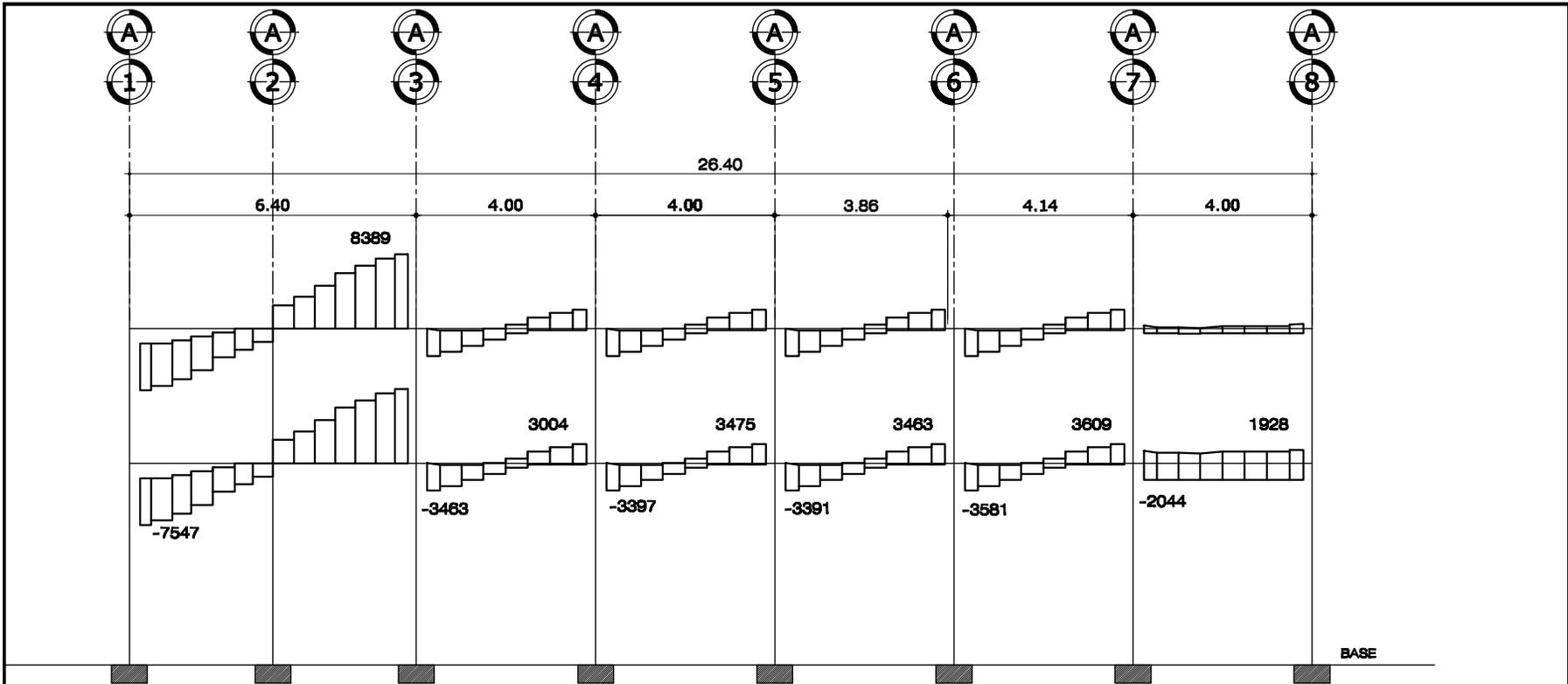


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS TRAMO 1, MARCO 1
UNIDADES: Kgf . UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE A

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJO: LOFR
	DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
	CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES ROSAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	
		HOJA: 71 / 82	

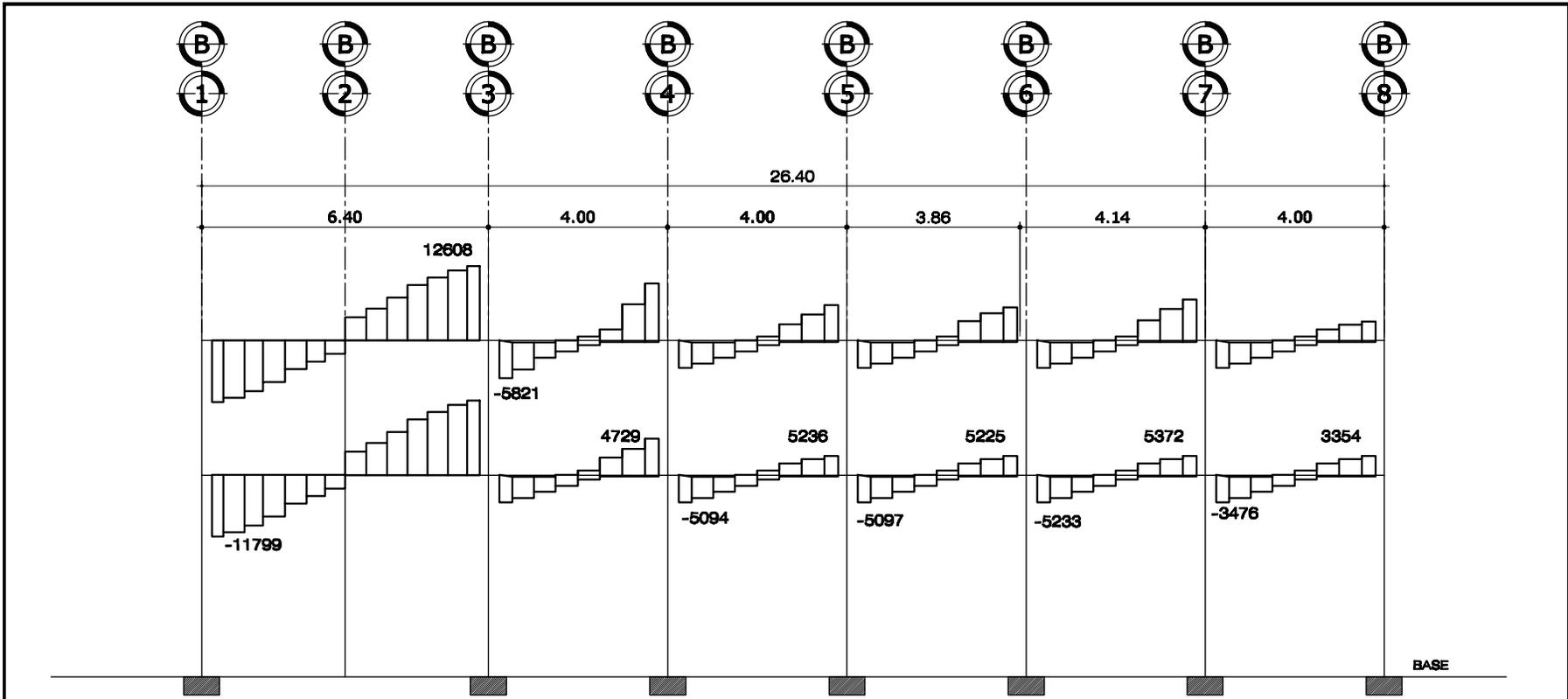


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS TRAMO 1, MARCO 2
UNIDADES: Kgf . UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE B

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA
		HOJA: 78 / 82

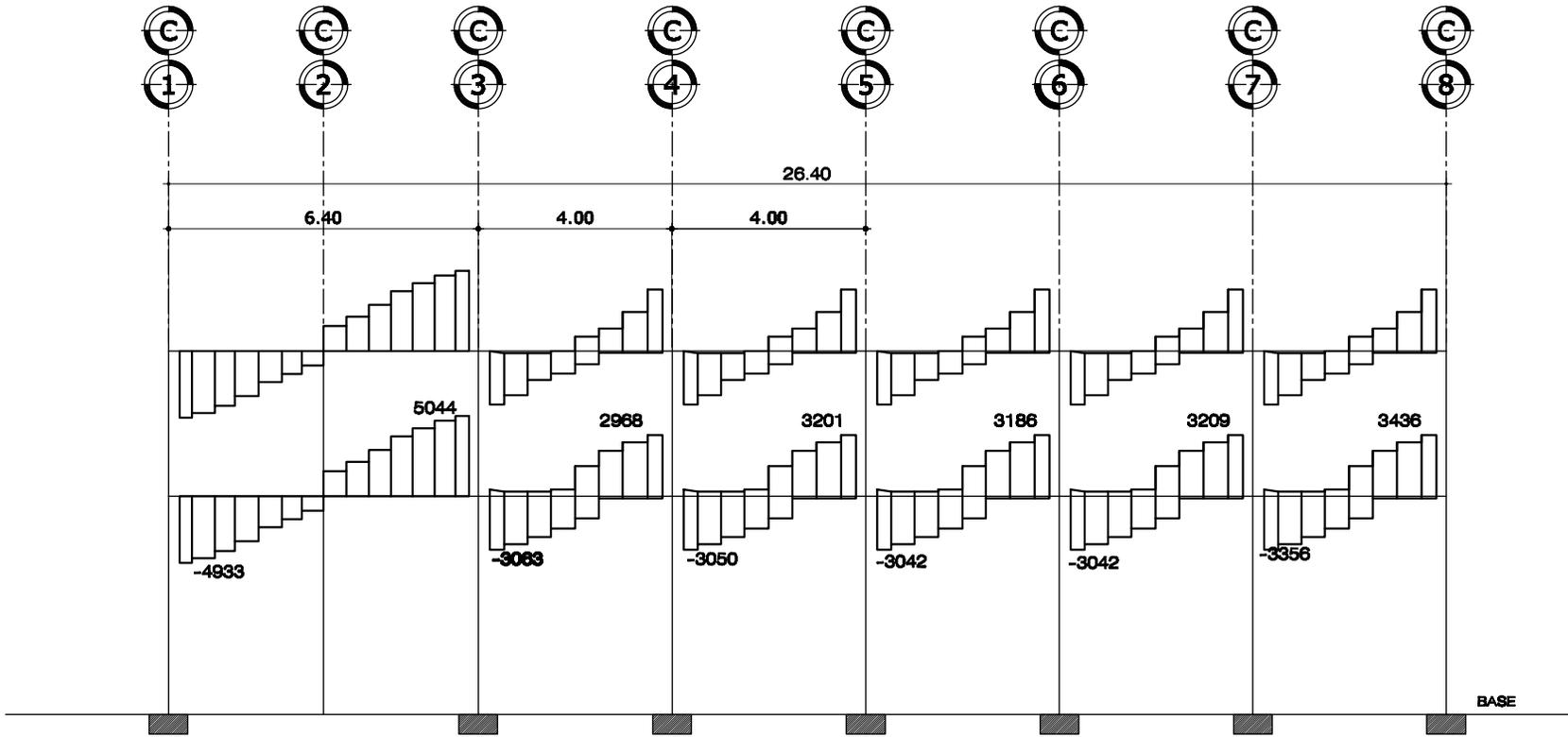


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS TRAMO 1, MARCO 2
UNIDADES: Kgf. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE C

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOPI
FECHA: AGOSTO DE 2011	HOJA: 78 / 88		
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS	V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA		

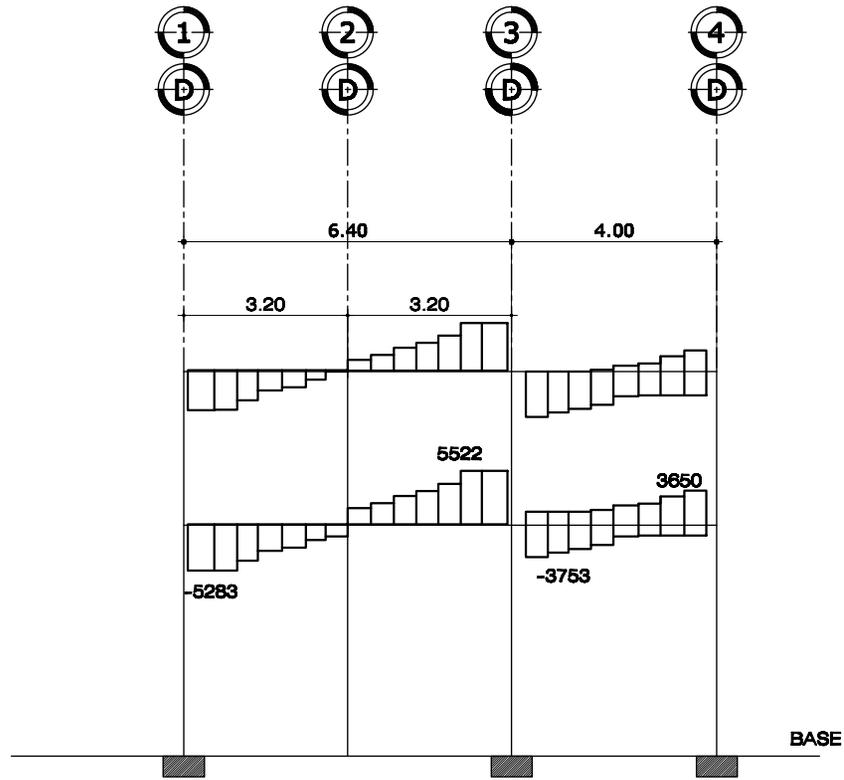


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS, TRAMO 2, MARCO 8
UNIDADES: Kgf. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE D

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA	PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJOS: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES ROSAS		HOJA: 74 / 82
V.E. ASesor: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVALLAGA		

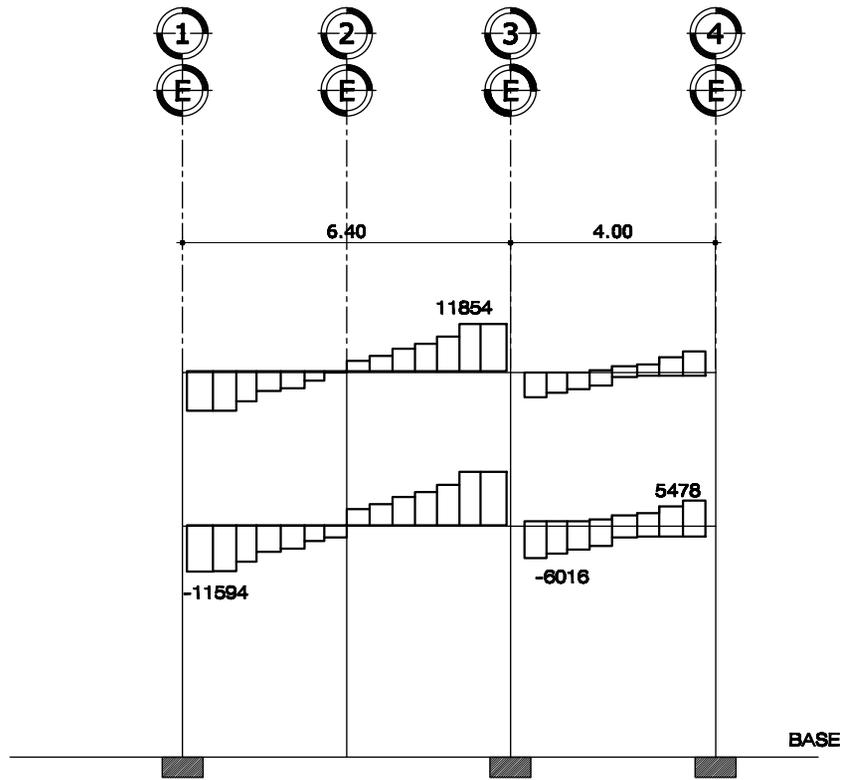


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS, TRAMO 2, MARCO 8
UNIDADES: Kgf. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE E

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOFR
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	HOJA: 76 / 82	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



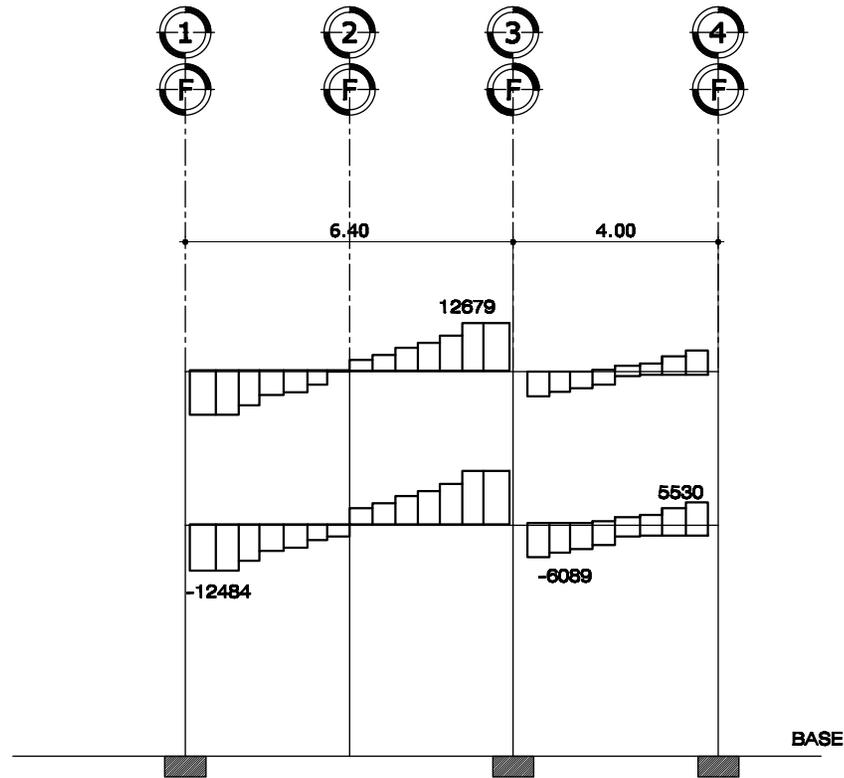


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS, TRAMO 2, MARCO 8
UNIDADES: Kgf. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE F

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LCFR	
DISEÑO: LCFR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LCFR	ESCALA: 1:100	HOJA: 78 / 82	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POCAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



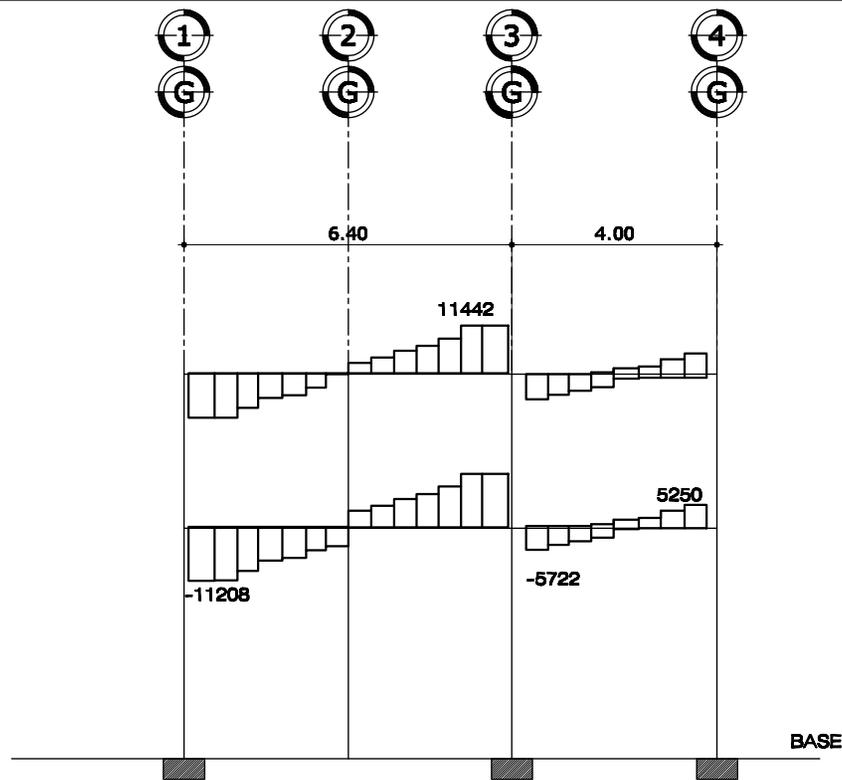


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS, TRAMO 2, MARCO 8
UNIDADES: Kgf. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE G

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DIBUJOS: LCPR	
DISEÑO: LCPR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LCPR	ESCALA: 1:100	HOJA: 77 / 88	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POZAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



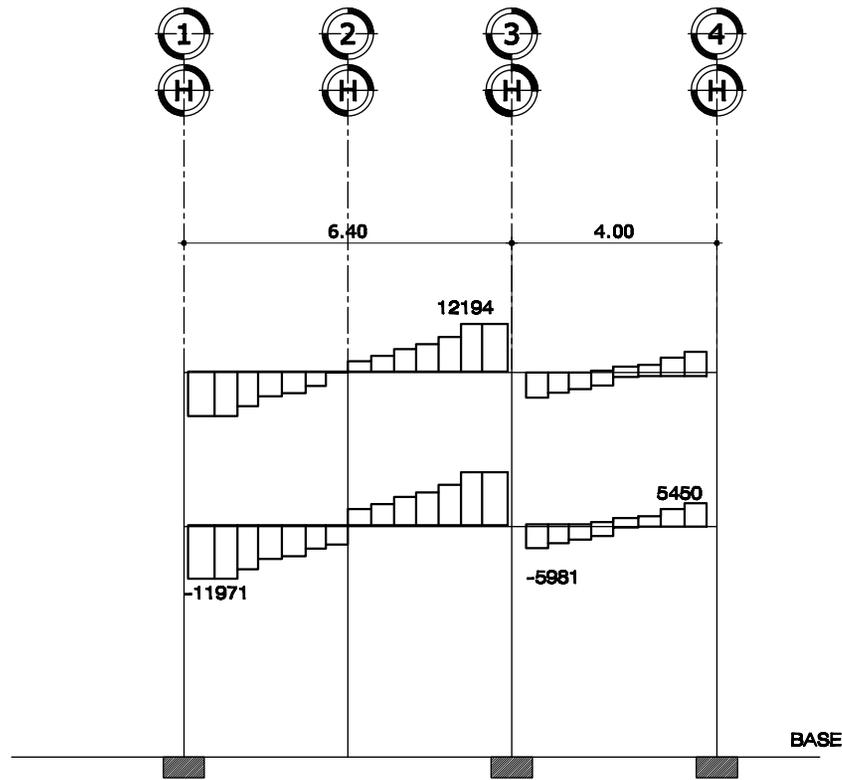


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS, TRAMO 2, MARCO 8
UNIDADES: Kgf. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE H

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LCFR
	DISEÑO: LCFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
	CÁLCULO: LCFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES RODAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	HOJA: 78 / 82

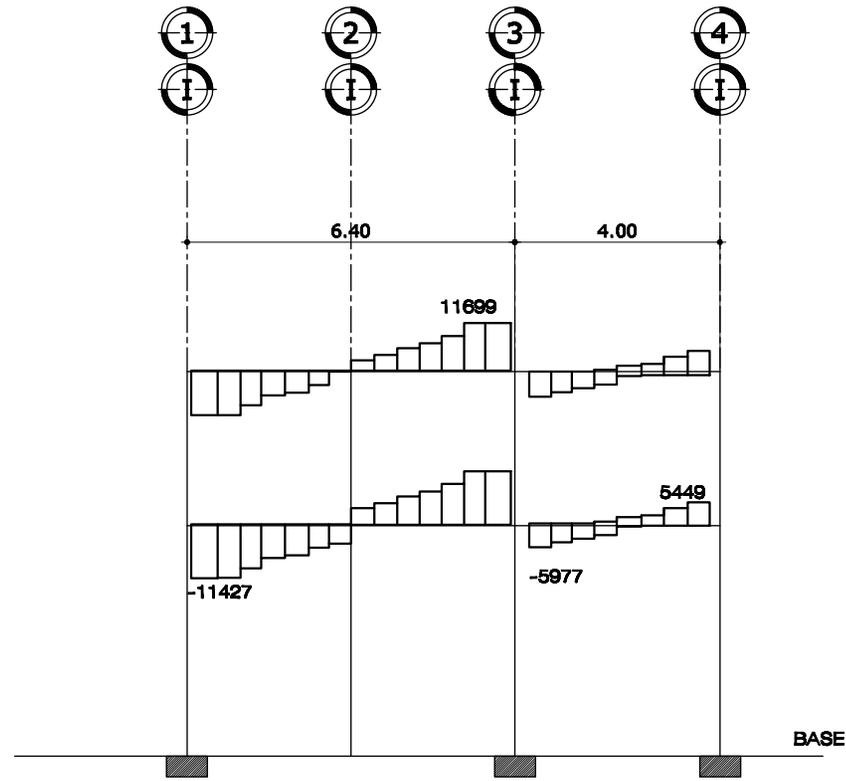


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS, TRAMO 2, MARCO 8
UNIDADES: Kgf. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE I

ESCALA 1/ 100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOFR	
DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011		
CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	HOJA: 78 / 82	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES ROOAS		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	



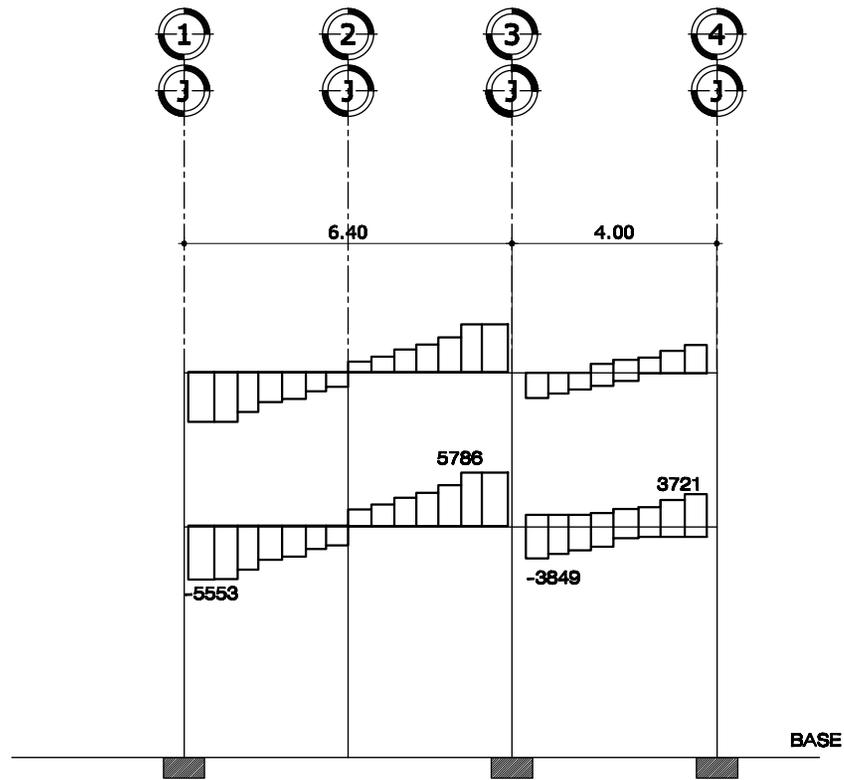
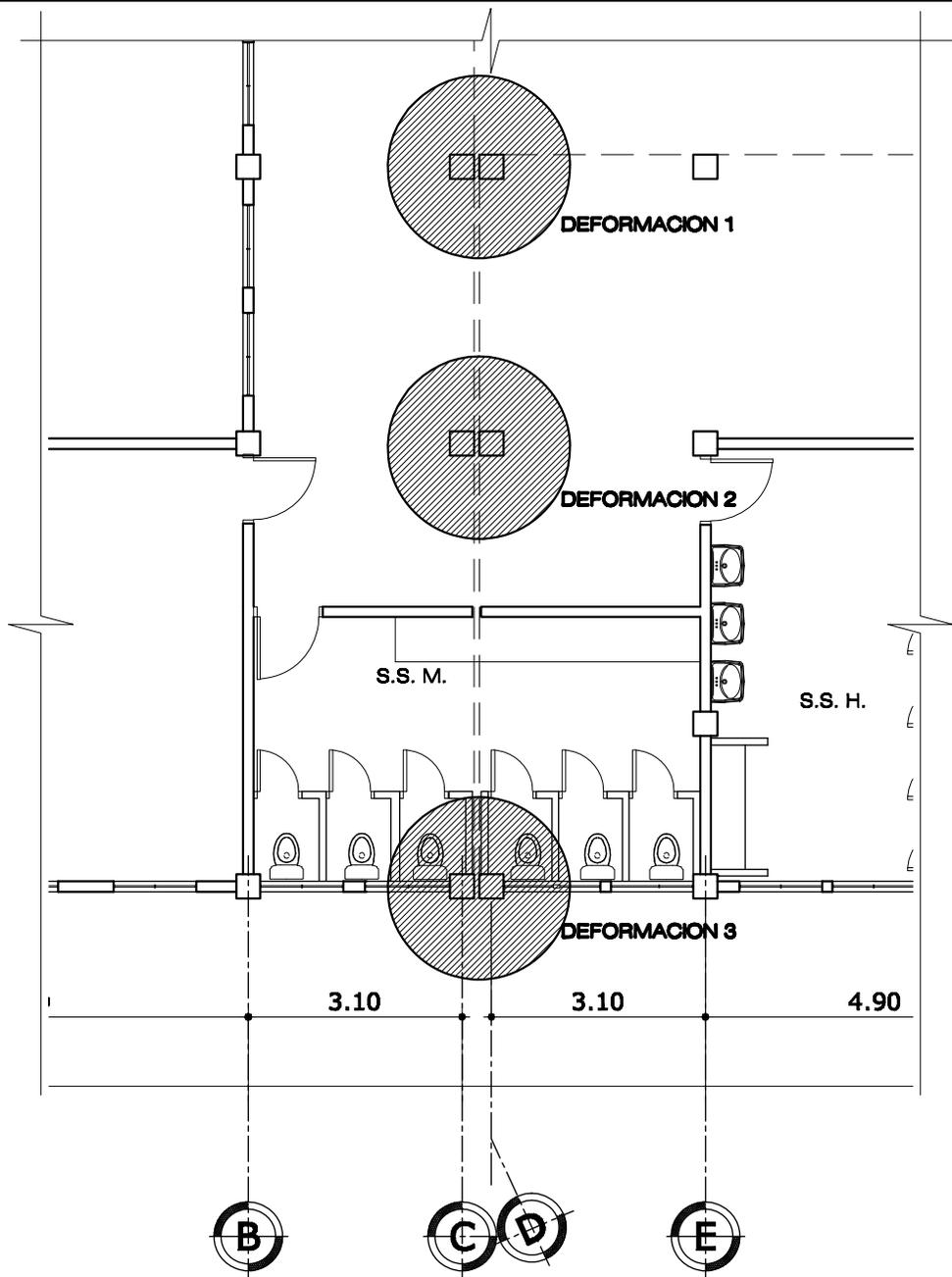


DIAGRAMA DE CORTES MAYORADOS, TRAMO 2, MARCO 8
UNIDADES: Kgf. UBICACION: EN EL PLANO DEL EJE J

ESCALA 1/100

	MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA PINULA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA EL CARMEN LUGAR: ALDEA EL CARMEN, SANTA CATARINA PINULA
	CONTENIDO: DIAGRAMA DE CORTES	PLANO DE: DETALLE DE ESTRUCTURAS	DISEÑO: LOFR
	DISEÑO: LOFR	FECHA: AGOSTO DE 2011	
	CÁLCULO: LOFR	ESCALA: 1:100	
FIRMA: LUIS CARLOS FLORES POOAB		V.E. ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA	HOJA: 80 / 80



MUNICIPALIDAD DE
SANTA CATARINA PINULA

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA
EL CARMEN
LUGAR:
ALDEA EL CARMEN,
SANTA CATARINA PINULA

CONTENIDO:
PLANTA

PLANO DE:
DETALLE DE ESTRUCTURAS

DELIBERADO:
LCFR

DISEÑO:
LCFR

FECHA:
AGOSTO 2011

CALECULO:
LCFR

ESCALA:
1:100

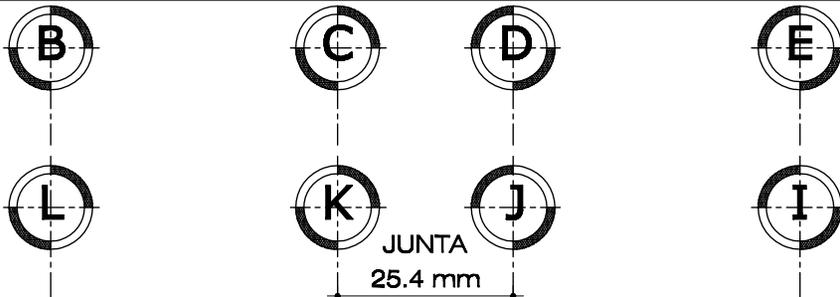
HOJA:
01



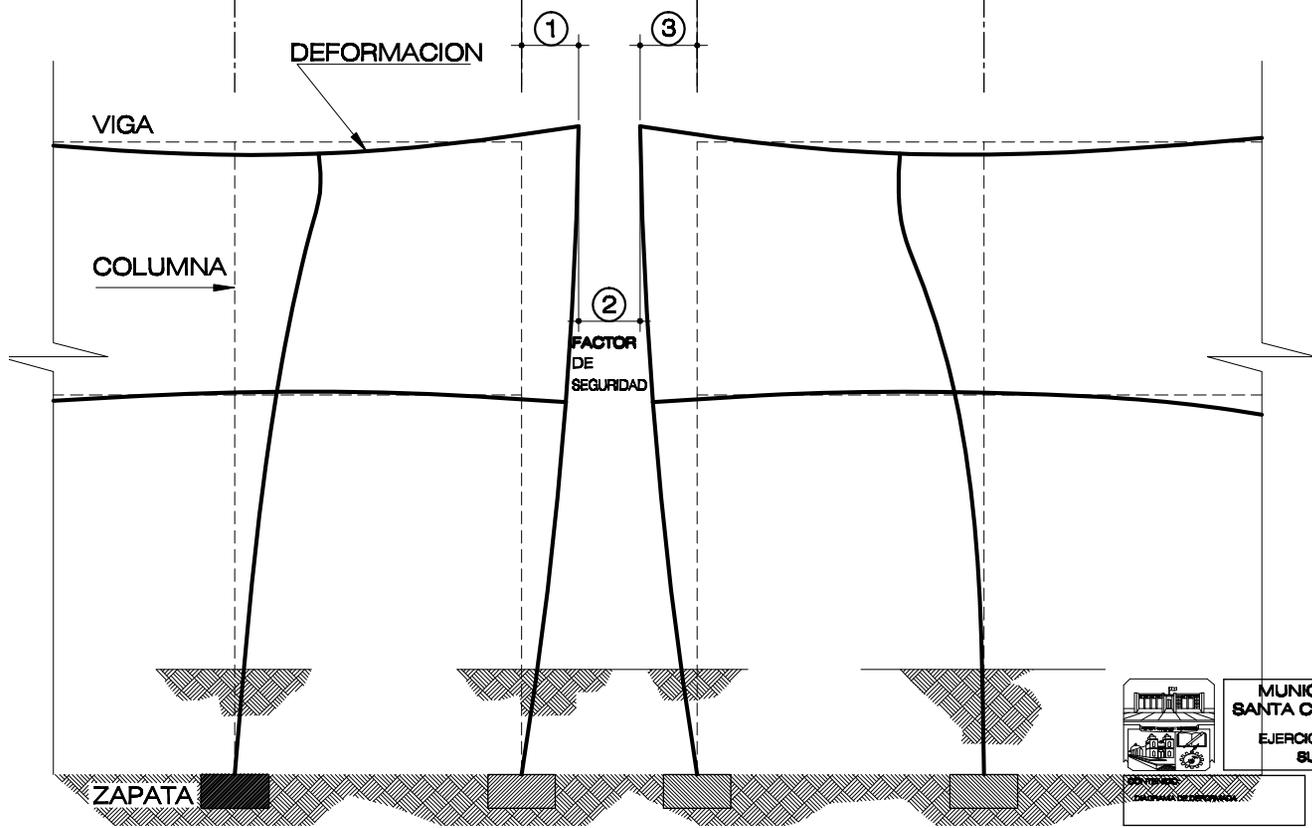
EFECTIVA
LUIS CARLOS FLORES RODAS

V.E. ASESOR
ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA

01
02



JUNTA ENTRE EDIFICIOS			
DEFORMACION	1	2	3
EJE			
1	8.980	10.420	6.000
3	7.730	12.010	5.660
4	6.940	12.770	5.690
	(mm)	(mm)	(mm)



**DIAGRAMA DE DEFORMADA ENTRE MARCOS
(UNO CONTRA OTRO)**

SIN ESCALA



MUNICIPALIDAD DE
SANTA CATARINA PINULA
EJERCICIO PROFESIONAL
SUPERVISADO

PROYECTO:
DISEÑO DE EDIFICIO ESCOLAR EN ALDEA
EL CARMEN
LUGAR:
ALDEA EL CARMEN,
SANTA CATARINA PINULA

PROYECTADO:
Luis Carlos Flores Rodas

PLANO DE:
DETALLE DE BENTALLAPAS

DEBIDO:
LCFR

EMPRESA:
LCFR

FECHA:
AGOSTO 2011

CALEDAJO:
LCFR

ESCALA:
1:100

HOJA:
02 / 02



EMPRESA:
Luis Carlos Flores Rodas

VUE ABONADO:
ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA

ANEXOS

Anexo 1. Factores de carga para determinar el valor soporte del suelo

▼ TABLA 3.4 Factores^a de capacidad de carga

ϕ	N_c	N_q	N_r	N_q/N_c	$\tan\phi$	ϕ	N_c	N_q	N_r	N_q/N_c	$\tan\phi$
0	5.14	1.00	0.00	0.20	0.00	26	22.25	11.85	12.54	0.53	0.49
1	5.38	1.09	0.07	0.20	0.02	27	23.94	13.20	14.47	0.55	0.51
2	5.63	1.20	0.15	0.21	0.03	28	25.80	14.72	16.72	0.57	0.53
3	5.90	1.31	0.24	0.22	0.05	29	27.86	16.44	19.34	0.59	0.55
4	6.19	1.43	0.34	0.23	0.07	30	30.14	18.40	22.40	0.61	0.58
5	6.49	1.57	0.45	0.24	0.09	31	32.67	20.63	25.99	0.63	0.60
6	6.81	1.72	0.57	0.25	0.11	32	35.49	23.18	30.22	0.65	0.62
7	7.16	1.88	0.71	0.26	0.12	33	38.64	26.09	35.19	0.68	0.65
8	7.53	2.06	0.86	0.27	0.14	34	42.16	29.44	41.06	0.70	0.67
9	7.92	2.25	1.03	0.28	0.16	35	46.12	33.30	48.03	0.72	0.70
10	8.35	2.47	1.22	0.30	0.18	36	50.59	37.75	56.31	0.75	0.73
11	8.80	2.71	1.44	0.31	0.19	37	55.63	42.92	66.19	0.77	0.75
12	9.28	2.97	1.69	0.32	0.21	38	61.35	48.93	78.03	0.80	0.78
13	9.81	3.26	1.97	0.33	0.23	39	67.87	55.96	92.25	0.82	0.81
14	10.37	3.59	2.29	0.35	0.25	40	75.31	64.20	109.41	0.85	0.84
15	10.98	3.94	2.65	0.36	0.27	41	83.86	73.90	130.22	0.88	0.87
16	11.63	4.34	3.06	0.37	0.29	42	93.71	85.38	155.55	0.91	0.90
17	12.34	4.77	3.53	0.39	0.31	43	105.11	99.02	186.54	0.94	0.93
18	13.10	5.26	4.07	0.40	0.32	44	118.37	115.31	224.64	0.97	0.97
19	13.93	5.80	4.68	0.42	0.34	45	133.88	134.88	271.76	1.01	1.00
20	14.83	6.40	5.39	0.43	0.36	46	152.10	158.51	330.35	1.04	1.04
21	15.82	7.07	6.20	0.45	0.38	47	173.64	187.21	403.67	1.08	1.07
22	16.88	7.82	7.13	0.46	0.40	48	199.26	222.31	496.01	1.12	1.11
23	18.05	8.66	8.20	0.48	0.42	49	229.93	265.51	613.16	1.15	1.15
24	19.32	9.60	9.44	0.50	0.45	50	266.89	319.07	762.89	1.20	1.19
25	20.72	10.66	10.88	0.51	0.47						

^a Según Vesic (1973)

Anexo 2

Cuantías de acero límite para diseño a flexión

f_y	f'_c	β_1	ρ_b^a	$\rho_{\max} = 0.75\rho_b$	$\rho_{\min} = \frac{200}{f_y}$	$\rho_{\min} = \frac{3\sqrt{f'_c}}{f_y}$
40,000	3000	0.85	0.0371	0.0278	0.0050	0.0041
	4000	0.85	0.0495	0.0371	0.0050	0.0047
	5000	0.80	0.0582	0.0437	0.0050	0.0053
	6000	0.75	0.0655	0.0491	0.0050	0.0058
	7000	0.70	0.0713	0.0535	0.0050	0.0063
	8000	0.65	0.0757	0.0568	0.0050	0.0067
50,000	3000	0.85	0.0275	0.0206	0.0040	0.0033
	4000	0.85	0.0367	0.0275	0.0040	0.0038
	5000	0.80	0.0432	0.0324	0.0040	0.0042
	6000	0.75	0.0486	0.0365	0.0040	0.0046
	7000	0.70	0.0529	0.0397	0.0040	0.0050
	8000	0.65	0.0561	0.0421	0.0040	0.0054
60,000	3000	0.85	0.0214	0.0160	0.0033	0.0027
	4000	0.85	0.0285	0.0214	0.0033	0.0032
	5000	0.80	0.0335	0.0251	0.0033	0.0035
	6000	0.75	0.0377	0.0283	0.0033	0.0039
	7000	0.70	0.0411	0.0308	0.0033	0.0042
	8000	0.65	0.0436	0.0327	0.0033	0.0045
80,000	3000	0.85	0.0141	0.0106	0.0025	0.0021
	4000	0.85	0.0188	0.0141	0.0025	0.0024
	5000	0.80	0.0221	0.0166	0.0025	0.0027
	6000	0.75	0.0249	0.0187	0.0025	0.0029
	7000	0.70	0.0271	0.0203	0.0025	0.0031
	8000	0.65	0.0288	0.0216	0.0025	0.0033

$$^a \rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{f'_c}{f_y} \frac{87,000}{87,000 + f_y}$$

Anexo 3. Factor de resistencia a flexión

Factor de resistencia a flexión: $R = \rho f_y (1 - 0.588 \frac{f_y}{f'_c})$ lb/pulg²

ρ	$f_y = 40,000$				$f_y = 60,000$			
	f'_c				f'_c			
	3000	4000	5000	6000	3000	4000	5000	6000
.0000	0	0	0	0	0	0	0	0
.0005	20	20	20	20	30	30	30	30
.0010	40	40	40	40	59	59	60	60
.0015	59	59	60	60	88	89	89	89
.0020	79	79	79	79	117	118	118	119
.0025	98	99	99	99	146	147	147	148
.0030	117	118	118	119	174	175	176	177
.0035	136	137	138	138	201	204	205	206
.0040	155	156	157	157	229	232	233	234
.0045	174	175	176	177	256	259	261	263
.0050	192	194	195	196	282	287	289	291
.0055	211	213	214	215	309	314	317	319
.0060	229	232	233	234	335	341	345	347
.0065	247	250	252	253	360	368	372	375
.0070	265	268	271	272	385	394	399	403
.0075	282	287	289	291	410	420	426	430
.0080	300	305	308	310	435	446	453	457
.0085	317	323	326	329	459	472	479	485
.0090	335	341	345	347	483	497	506	511
.0095	352	359	363	366	506	522	532	538
.0100	369	376	381	384	529	547	558	565
.0105	385	394	399	403	552	572	583	591
.0110	402	412	417	421	575	596	609	617
.0115	419	429	435	439	597	620	634	643
.0120	435	446	453	457	618	644	659	669
.0125	451	463	471	476	640	667	684	695
.0130	467	480	488	494	661	691	708	720
.0135	483	497	506	511	681	714	733	746
.0140	499	514	523	529	702	736	757	771
.0145	514	531	540	547	722	759	781	796
.0150	529	547	558	565	741	781	805	821
.0155	545	563	575	582	760	803	828	845
.0160	560	580	592	600	779	825	852	870
.0165	575	596	609	617	798	846	875	894
.0170	589	612	626	635	816	867	898	918
.0175	604	628	642	652	834	888	920	942
.0180	618	644	659	669	851	909	943	966

Anexo 4. Factor de resistencia a flexión

TABLA A.6b

Factor de resistencia a flexión: $R = \rho f_y \left(1 - 0.588 \frac{\rho f_y}{f'_c} \right)$ lb/pulg²

ρ	$f_y = 40,000$				$f_y = 60,000$			
	f'_c				f'_c			
	3000	4000	5000	6000	3000	4000	5000	6000
.005	192	194	195	196	282	287	289	291
.006	229	232	233	234	335	341	345	347
.007	265	268	271	272	385	394	399	403
.008	300	305	308	310	435	446	453	457
.009	335	341	345	347	483	497	506	511
.010	369	376	381	384	529	547	558	565
.011	402	412	417	421	575	596	609	617
.012	435	446	453	457	618	644	659	669
.013	467	480	488	494	661	691	708	720
.014	499	514	523	529	702	736	757	771
.015	529	547	558	565	741	781	805	821
.016	560	580	592	600	779	825	852	870
.017	589	612	626	635	816	867	898	918
.018	618	644	659	669	851	909	943	966
.019	647	675	692	703	885	949	987	1013
.020	675	706	725	737	918	988	1031	1059
.021	702	736	757	771	949	1027	1073	1104
.022	728	766	789	804		1064	1115	1149
.023	754	796	820	837		1100	1156	1193
.024	779	825	852	870		1135	1196	1237
.025	804	853	882	902		1169	1235	1280
.026	828	881	913	934		1202	1274	1322
.027	851	909	943	966		1234	1311	1363
.028	874	936	972	997		1265	1348	1403
.029	896	962	1002	1028			1384	1443
.030	918	988	1031	1059			1419	1482
.031	939	1014	1059	1089			1453	1521
.032	959	1039	1087	1119			1486	1559
.033	978	1064	1115	1149			1519	1596
.034	997	1088	1142	1179				1632
.035	1016	1112	1170	1208				1668
.036	1034	1135	1196	1237				1703
.037	1051	1158	1222	1265				1737
.038		1180	1248	1294				
.039		1202	1274	1322				
.040		1224	1299	1349				

Anexo 5. Coeficiente para momentos negativos en losas

Coeficientes para momentos negativos en losas^a

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} w l_a^2$$

donde w = carga muerta más viva uniforme total

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00									
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.045 0.045	0.076	0.050 0.050	0.075	0.071	0.071	0.033 0.061	0.061 0.033
0.95		0.050 0.041	0.072	0.055 0.045	0.079	0.075	0.067	0.038 0.056	0.065 0.029
0.90		0.055 0.037	0.070	0.060 0.040	0.080	0.079	0.062	0.043 0.052	0.068 0.025
0.85		0.060 0.031	0.065	0.066 0.034	0.082	0.083	0.057	0.049 0.046	0.072 0.021
0.80		0.065 0.027	0.061	0.071 0.029	0.083	0.086	0.051	0.055 0.041	0.075 0.017
0.75		0.069 0.022	0.056	0.076 0.024	0.085	0.088	0.044	0.061 0.036	0.078 0.014
0.70		0.074 0.017	0.050	0.081 0.019	0.086	0.091	0.038	0.068 0.029	0.081 0.011
0.65		0.077 0.014	0.043	0.085 0.015	0.087	0.093	0.031	0.074 0.024	0.083 0.008
0.60		0.081 0.010	0.035	0.089 0.011	0.088	0.095	0.024	0.080 0.018	0.085 0.006
0.55		0.084 0.007	0.028	0.092 0.008	0.089	0.096	0.019	0.085 0.014	0.086 0.005
0.50		0.086 0.006	0.022	0.094 0.006	0.090	0.097	0.014	0.089 0.010	0.088 0.003

^a Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

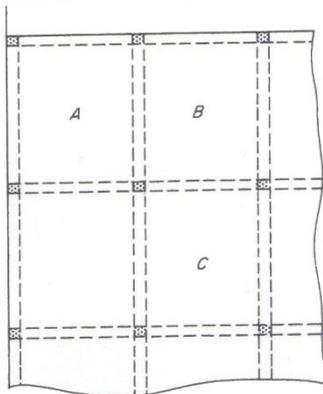


FIGURA 12.8

Planta de una losa de piso típica en dos direcciones con vigas en los ejes de columnas.