

CAPITULO I

ANTECEDENTES

1.1. El problema

Actualmente las exigencias en cuanto al nivel de educación en Bolivia son mucho mayores, por lo que es imperativo dotar a los alumnos de todo el país mínimamente los recursos necesarios para conseguir un nivel de enseñanza óptimo. En comunidades rurales es donde podemos encontrar grandes deficiencias en cuanto a infraestructura y educación, comunidades como Colonia Linares se puede presenciar este tipo de deficiencias, por lo que es necesario mejorar el desarrollo del proceso enseñanza–aprendizaje y para ello contar con una infraestructura que tenga el estado y los ambientes necesarios es imprescindible.

Planteamiento

La Unidad Educativa Colonia Linares enfrenta problemas de poder cubrir las necesidades requeridas para efectuar el desarrollo del proceso Enseñanza–Aprendizaje de forma adecuada.

Las principales causas que originan el este problema son:

- El aumento de estudiantes existente en la comunidad Colonia Linares los últimos años, dando lugar a que la infraestructura actual dela unidad educativa haya superado el límite de su capacidad.
- Cursos sobre-posicionados con varias actividades.
- Falta de, áreas de servicios, talleres, laboratorios, etc.
- Construcciones existentes que no responden a las nuevas exigencias de la reforma educativa
- Poca importancia por parte de las autoridades del sector educación del municipio

De mantenerse la situación actual, habrá incomodidad de estudiantes en las aulas de la unidad educativa, mala formación escolar, inasistencia y ausentismo del alumnado, incomodidad entre alumnos y maestros, deserción escolar, desigualdad en el nivel de formación con otros colegios y un bajo rendimiento de los estudiantes., por lo consiguiente se hace necesario plantear como solución las siguientes alternativas:

- Alquiler de ambientes extraescolares.
- Ampliación de la Unidad Educativa Colonia Linares, readecuando la estructura actual para lograr una edificación modificada a las necesidades actuales.
- Nueva construcción de la Unidad Educativa Colonia Linares

Formulación

La construcción de una nueva infraestructura ameritaría la demolición de la estructura actual ya obsoleta e incómoda, que se justificaría por el tipo de infraestructura nueva que se puede hacer, para que los estudiantes, docentes y participes de la educación en el colegio tengan a su disposición un ambiente moderno, confortable y en óptimas condiciones para que puedan realizar todas sus actividades y lograr de esa manera un proceso de enseñanza-aprendizaje adecuado. De acuerdo al diagnóstico realizado a las instalaciones propias del colegio de la Unidad Educativa Colonia Linares, a través de entrevistas dirigidas a las autoridades y personal administrativo de la misma, se pudo determinar que uno de los problemas detectados que repercute en la labor académica es la infraestructura y el equipamiento como también los talleres de práctica en áreas técnicas. Con la construcción de una nueva infraestructura se puede solucionar el problema, para así de esta manera seguir con la buena atención a la demanda estudiantil y plantel docente.

Sistematización

La construcción de una nueva unidad educativa, se hará con las siguientes especificaciones: los cimientos estarán conformados por zapatas aisladas céntricas y zapatas de medianería, la estructura de sustentación será porticada de H°A°, la separación de niveles en la estructura de dos plantas se hará mediante losas alivianadas de H°A° con complemento de plastoform así como también la cubierta de la Unidad Educativa, se contara con una sección de losa maciza en la sección que se ubican las gradas de la Unidad Educativa, como la parte del voladizo, la fundación será mediante pilotaje dada las condiciones del suelo.

1.2. Objetivos:

1.2.1. Objetivo general

Realizar el diseño estructural de la nueva infraestructura de la Unidad Educativa Colonia Linares, Provincia Arce – Dpto. Tarija de acuerdo a la Norma Boliviana CBH 87, haciendo el uso de programas especializados en el cálculo estructural y conocimientos adquiridos con el fin de entregar un diseño optimo a la alcaldía de Bermejo que será para beneficio de la comunidad de Colonia Linares.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar los análisis de suelos necesarios para determinar distintas características y propiedades del terreno sobre el cual se va a fundar la estructura, como ser: la granulometría, la clasificación del suelos, el esfuerzo admisible del terreno de fundación, haciendo uso del equipo con el que cuenta la universidad, para la realización de un estudio de alternativas y posterior selección del tipo de fundación más adecuado para el diseño.
- Determinar las cargas que actuaran en la estructura de acuerdo al tipo de uso que se brindara la estructura, al tipo de material de con el que se realizará cada elemento estructural, la sobrecargas que actuarán y determinar las distintas combinaciones de cargas para cumplir con lo que indica la Norma Boliviana CBH 87.
- Elaborar todos los cálculos de cada uno de los elementos que componen la estructura siguiendo los criterios que entrega la Norma Boliviana del Hormigón CBH 87, eligiendo los más críticos de toda la estructura para determinar las armaduras y realizar la verificación en los estados limites últimos para su posterior construcción.
- Elaborar el pliego de especificaciones técnicas del proyecto que sirva como base para la ejecución de la obra, en donde se demarcarán los materiales y equipo necesarios para la realización de cada uno de los ítems que componen el diseño, además que se detallaran los procedimientos a seguir para la ejecución de estos.
- Elaborar un análisis de precios unitarios para cada actividad inherente al proyecto y por ende determinar el presupuesto total del proyecto, tomando en cuenta los precios actuales del mercado para una determinación del presupuesto los más cercano posible.

- Realizar el cronograma de ejecución de la obra para determinar la ruta crítica del proyecto, los ítems que la componen y la duración en días con la cual se contará para la realización del proyecto, además de determinar los frentes de trabajo con la cual se contará por cada bloque en la fase de ejecución.
- Realizar la entrega del diseño estructural de la Unidad Educativa Colonia Linares, revisado y aprobado por docentes de la universidad, a la Gobernación Autónoma de Bermejo en la provincia Arce, la cual estará a consideración del personal técnico de allá para su posterior realización.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación técnica

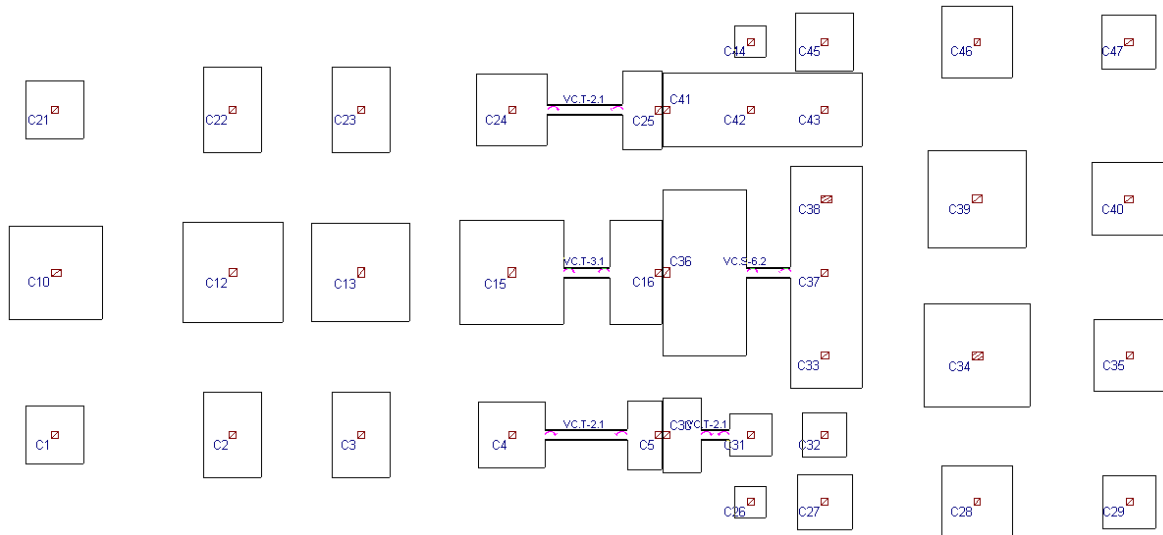
La Unidad Educativa Existente en la localidad de Colonia Linares ya cumplió con su periodo de vida útil, claramente se puede observar las partes descubiertas en las fotografías anexadas a este proyecto. Los materiales empleados en la construcción de la Unidad Educativa existente no permitirían una ampliación en forma vertical debido a que no son adecuados para garantizar una la estabilidad de la estructura, además que su fundación no está diseñada para soportar una carga mayor.

Mediante el uso de programas especializados y haciendo uso de la Norma Boliviana del Hormigón CBH-87 se realizó un diseño de cada una de las partes que componen la estructura buscando las dimensiones más óptimas tomando en cuenta el tratar de uniformizar ciertas dimensiones por cuestiones estéticas. Cada una de las partes que componen la estructura fue diseñada siguiéndolos pasos indicados en la norma Boliviana y realizando las verificaciones descritas en dicha norma, además que se trató de ver nuevas formas de construcción y nuevos métodos empleados en la construcción tratando de buscar eficiencia y menor precio, con el fin de presentar un diseño que cumpla con toda la normativa, se pueda ejecutar en un menor tiempo y al menor coste posible.

En el tema de la fundación se analizó las características del terreno como ser el contenido de humedad, la relación de vacíos y la capacidad portante, hallado por el método del SPT y mediante una relación de la Densidad Relativa (ver anexo 1 ESTUDIO DE SUELOS), de

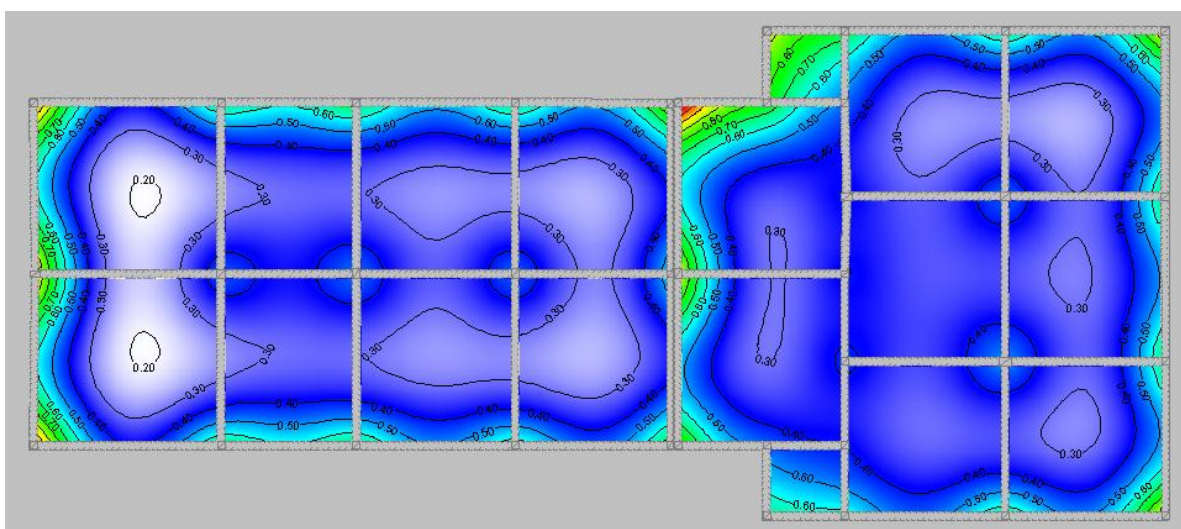
acuerdo a los resultados obtenidos se concluyó que haría que sería necesario hacer uso de una cimentación profunda, desechando los siguientes tipos de fundación:

1.3.1.1. Zapata aislada



Mediante una distribución de zapatas con dimensiones de hasta 4 x 4 m y en otros lugares con sobre posicionamiento de zapatas o zapatas con múltiples pilares fue que se pudo reducir el valor que tendría que tener el esfuerzo admisible del terreno a un valor de 1 kg/cm².

1.3.1.2. Losa de cimentación



Como se puede observar en la gráfica la losa de cimentación reduce el esfuerzo sobre el terreno, pero en los puntos críticos, donde no se puede ampliar la cimentación, puede llegar a bajar solamente hasta en valor de 0.3 kg/cm^2 y 0.8 kg/cm^2 , siendo mayor al esfuerzo admisible que presenta el terreno y dado que es el mismo suelo hasta una profundidad mayor y las variaciones a de esfuerzo admisible a una profundidad mayor no es mucha es que se desechó esta opción.

1.3.2. Justificación social-institucional

Mediante el uso de datos que proporciona el INE se sabe que el crecimiento poblacional en Colonia Linares de un 2.12% anual porque lo que para los ambientes para las principales necesidades para el desarrollo del país quedaron chicas, como ser centros de salud y centros de educación, además que sus edificaciones ya cumplieron su vida útil y no cuentan con lo mínimo para un buen servicio a la población

Con el diseño estructural de la nueva Unidad Educativa Colonia Linares se contribuirá a solucionar el problema de Infraestructura Inadecuada para el desarrollo del proceso Enseñanza–Aprendizaje planteado con anterioridad. Con nuevos ambientes para la enseñanza se podrá abarcar a todo el estudiantado, brindando ambientes más cómodos y con todo el material necesario para una correcta educación.

Los ambientes serán más amplios y contarán con aulas especializadas para cada tipo de actividad programada por el ministerio de educación, como ser ambientes de música, salones de arte y laboratorios para la formación de estudiantes más cultos que posteriormente ayuden en el desarrollo del lugar.

1.3.3. Justificación académica

Durante el periodo de estudio en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho se adquirieron conocimientos impartidos por los docentes respectivos en las materias correspondientes, conocimientos teóricos de diseño y algunos criterios pero para cada elemento por separado, no lográndose ver todos los tipos de elementos estructurales solo los más básicos.

Durante este diseño se profundizaron los conocimientos adquiridos en el diseño de los elementos estructurales intervinientes en las edificaciones, realizando el dimensionamiento de todos los elementos intervinientes adecuadamente y cumpliendo la norma Boliviana.

Mediante el diseño de elementos estructurales de edificaciones se puede analizar como actúan cada uno de los elementos en conjunto y se aprende a distribuir las cargas, dimensionar, uniformizar elementos, se buscan soluciones a diversos problemas que se aprenden realizando estos tipos de diseños. Se buscan diversas soluciones empleando nuevos métodos constructivos o haciendo uso de distintos materiales para optimizar el diseño.

1.4. Alcance del proyecto

1.4.1. Planteo Estructural Definido

La alternativa definida en con anterioridad fue construcción de una nueva infraestructura educativa, con esto se pretende solucionar el problema de ambientes adecuados, para así de esta manera seguir con la buena atención a la demanda estudiantil y plantel docente.

Para el diseño de la estructura de sustentación se definió el siguiente planteo estructural:

- Los cimientos estarán conformados por pilotes de H^oA^o.
- La estructura de sustentación será porticada de hormigón armado.
- La separación de niveles en la estructura así como la cubierta se hará mediante losas alivianadas de H^oA^o con complemento de plastoform.

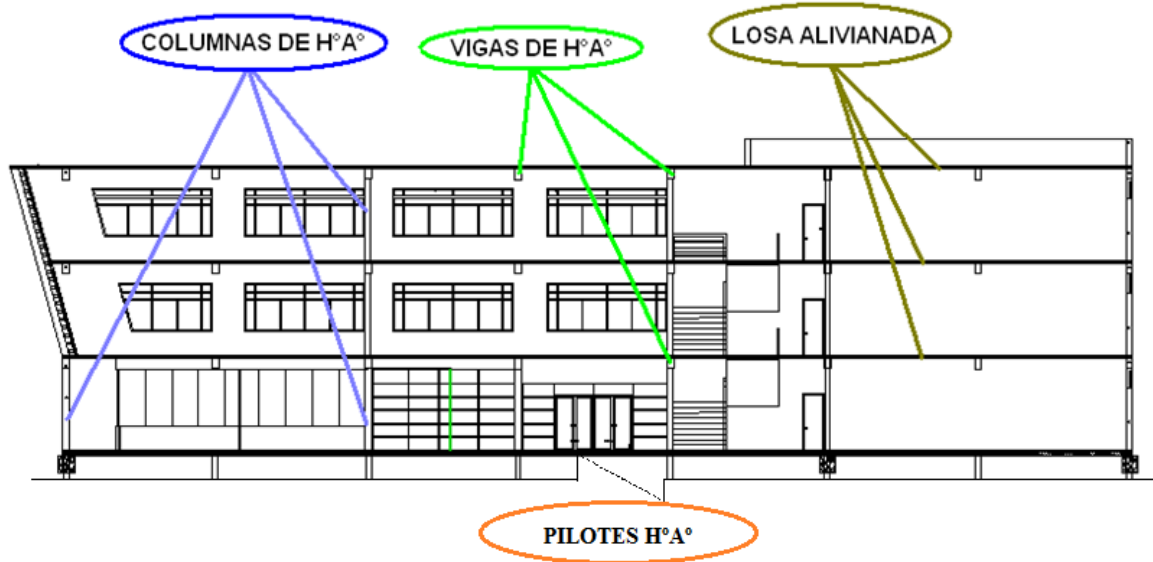


Figura 1. Esquema de la obra¹

1.4.2. Resultados a lograr

- Recopilación y procesamiento de la información técnica disponible en el municipio de la ciudad de Bermejo.
- Estudio de suelos: capacidad portante, clasificación del suelo por el método S.U.C.S (Laboratorio de la U.A.J.M.S.-Densidad y Humedad In Situ, granulometría, límites líquido y plástico, relación de vacíos máxima y mínima, compacidad relativa)
- Planos estructurales a detalle del cálculo de la nueva construcción de colegio.
- Diseño y calculo estructural de la nueva construcción de la Unidad Educativa Colonia Linares, infraestructura y superestructura.
- Métodos constructivos, especificaciones técnicas, volúmenes de obra, precio unitarios y presupuesto del proyecto.

1.4.3. Restricciones

Debido a que lo primordial es la especialización del estudiante en el diseño de estructural no se realizaran los siguientes cálculos:

- No se realizara el cálculo de las instalaciones sanitarias

¹Proporcionado por la alcaldía del Municipio de Bermejo

- No se realizara el cálculo de instalación de agua potable.
- No se realizara el cálculo de conexiones eléctricas

1.5. Localización

El proyecto está ubicado en la Colonia Linares de la Provincia Arce – Dpto. de Tarija, se puede observar mejor en las imágenes de la parte inferior.

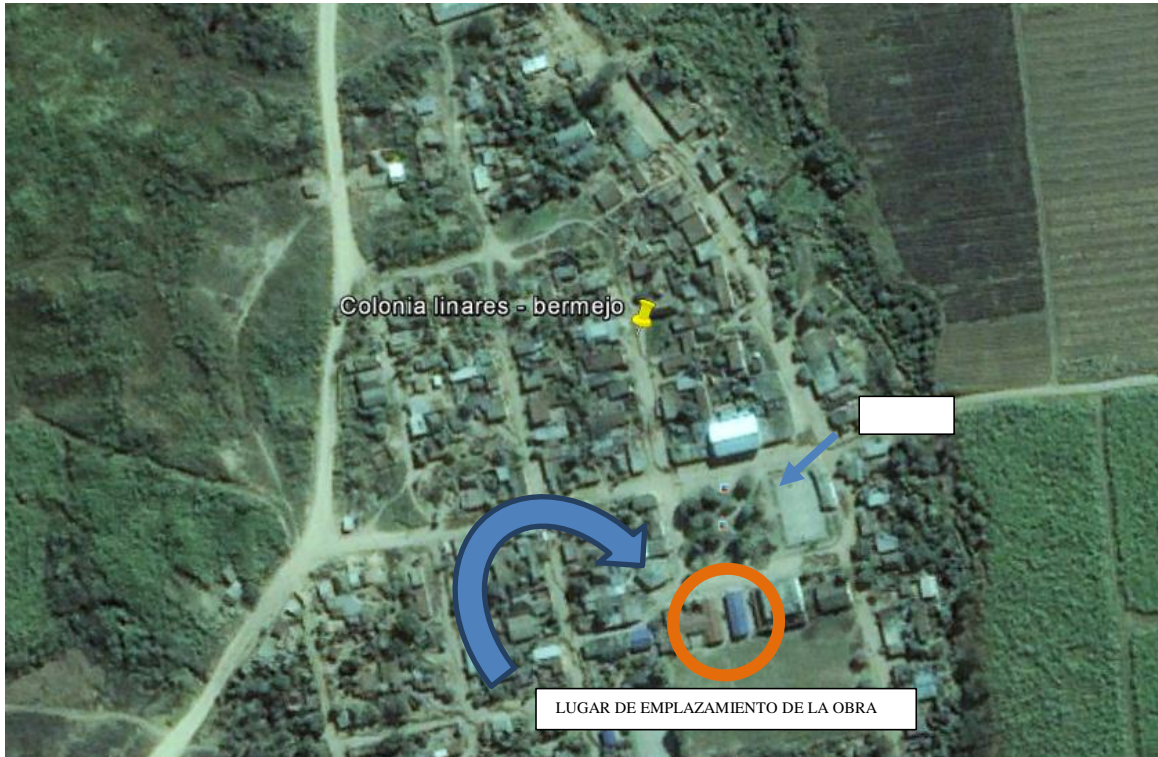


Figura 2. Localización del proyecto²

1.6. Información relativa al proyecto³

Los servicios básicos que existen en Colonia Linares son: Agua, Alcantarillado, Energía Eléctrica, Educación, Comunicación, Salud, otros aspectos con las que cuenta son:

² Fuente: Google Earth Pro

³ Fuente: Municipio de Bermejo

1.6.1. Acceso Vial

Colonia Linares cuenta con un acceso vial de tipo permanente hacia distintas comunidades, con caminos ripiados y puentes – badenes bien construidos en lugares estratégicos, además se efectúa un mantenimiento y mejoramiento periódico de los mismos por parte del municipio de Bermejo. Por otra parte, Bermejo está conectado a la Ciudad de Tarija por la ruta troncal asfaltada y a la Provincia Gran Chaco por el camino Bermejo – Caraparí.

1.6.2. Recursos Forestales, Caza y Pesca

Las actividades enmarcadas en la explotación de los recursos naturales referidas al aprovechamiento forestal, caza, pesca y recolección con el apoyo del Municipio de Bermejo se llevan a cabo bajo la óptica del desarrollo sostenible lo que se traduce en un manejo adecuado y racional de los recursos naturales, lo que ha permitido el mantenimiento o conservación y reproducción de las especies forestales, piscícolas y de fauna. En este marco, existe una relación armónica entre el hombre y la naturaleza que se traduce en un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, lo que influye en última instancia a mejorar la calidad de vida de la población.

1.6.3. Mercado

El municipio de Bermejo mejoró las condiciones de comercialización, se cuenta con un mercado seguro para la producción generada en el municipio, tanto de caña de azúcar como de productos alternativos, y se ha frenado el contrabando de productos “sensibles”. Además, se cuenta con una infraestructura y apoyo técnico a la producción, lo que ha permitido mejorar su calidad lo que facilita el acceso a los mercados. Todo lo anterior se ve complementado por un acceso vial de tipo permanente a las diferentes comunidades y hacia la capital del departamento y el Chaco.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Levantamiento topográfico

2.1.1. Generalidades y concepto

Para cualquier tipo de proyecto o estudio será necesario contar con un modelo, a escala reducida, del terreno sobre el cual vamos a plasmar nuestras ideas, es decir, a construir. Posteriormente la topografía será nuestra fiel aliada para materializar en el terreno todo aquello que hemos proyectado.

Tradicionalmente se define a la topografía como *“el conjunto de métodos e instrumentos necesarios para representar el terreno con todos sus detalles naturales y artificiales”*.

2.1.2. Situación actual del proyecto

El terreno donde será emplazada la nueva Unidad Educativa Colonia Linares será en reemplazo de la vieja infraestructura, por lo que el terreno es relativamente plano sin depresiones considerables.

2.2. Diseño Arquitectónico

Los planos arquitectónicos para la nueva infraestructura de la Unidad Educativa Colonia Linares fueron analizados por el personal técnico del Área de Planificación de la Gobernación Autónoma del Municipio de Bermejo, y posteriormente por las autoridades de la comunidad beneficiaria, quienes aceptaron y aprobaron los planos, de los cuales se les otorgo una copia para que analizaran con mayor detalle, y dieran una aprobación final de los detalles en una reunión de concertación.

2.3. Estudio de Suelos

2.3.1. Tipos de suelos y clasificación

La manera más sencilla de clasificar los distintos tipos de suelos consiste en diferenciarlos en función del tamaño de sus partículas, o sea, por la granulometría, establecida por normas técnicas (ABNT, DIN, ASTM):

Gravas – presentan partículas con diámetro comprendido entre 2,00mm y 10,00cm, caracterizándose por la fácil visualización de los granos. No retienen agua debido a la inactividad de su superficie y los grandes espacios vacíos existentes entre ellas.

Arenas - presentan partículas con diámetro comprendido entre 0,06mm y 2,00mm, aún visibles sin dificultad. Cuando se mezclan con agua no originan agregados continuos y se separan con facilidad.

Limos - presentan partículas con diámetro comprendido entre 0,002mm y 0,06mm. Algunas normas indican que el límite inferior debe ser 0,005mm, todavía no existen consecuencias prácticas entre ambas distinciones. Debajo de esa granulometría ya ocurre retención de agua.

Arcillas - presentan partículas con diámetro inferior a 0,002mm. Son formadas, principalmente, por minerales silicatados, constituidos por cadenas de elementos tetraédricos y octaédricos, unidas por ligaciones covalentes frágiles, que permiten la entrada de moléculas de agua. Con eso, se produce, a veces, un aumento de volumen, que es recuperable cuando el agua evapora. La capacidad de retención de agua de las arcillas es muy grande, consecuente de la presencia de pequeños vacíos y con una gran superficie de absorción.

2.3.2. Distribución granulométrica

Para la realización de este ensayo, una muestra de suelo es sometida al tamizado en una serie de tamices. El material que pasa en cada tamiz es representado gráficamente en función de la abertura del tamiz. Los suelos que contienen fracción fina (limosa y arcillosa, con granulometría inferior a 0,075mm), son tratados de forma diferenciada en ensayos de sedimentación, o análisis hidrométrico.

Los suelos pueden ser clasificados como “bien graduados” o “mal graduados”. Esta característica de suelos granulares se expresa por el coeficiente de uniformidad (C_u), por la expresión:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

D_{60} = diámetro debajo del cual se sitúa el 60% de las partículas;

D_{10} = diámetro debajo del cual se sitúa el 10% de las partículas.

La expresión “bien graduado” corresponde a una curva granulométrica suave e indica la existencia de granos de distintos diámetros. Las partículas menores ocupan los vacíos formados por las partículas mayores, resultando, generalmente, en un suelo más resistente y menos compresible.

Otro coeficiente también utilizado para representar la curva granulométrica de un suelo es el coeficiente de curvatura (C_c), definido como:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

D_{30} = diámetro debajo del cual se sitúa el 30% de las partículas (en peso).

Mientras el coeficiente C_u indica la amplitud de los tamaños de granos, el valor del coeficiente C_c permite identificar eventuales discontinuidades en la curva granulométrica. Se considera un suelo como bien graduado cuando el valor de C_c se sitúa entre 1,0 y 3,0. Valores menores que 1,0 corresponden a curvas discontinuas, o sea, inexistencia de granos con determinado diámetro. En casos de C_c superiores a 3,0, se verifica la predominancia de granos con el mismo diámetro.

2.3.3. Límites de Consistencia¹

Los límites de consistencia, o límites de Atterberg, definen los contenidos de humedad del suelo correspondientes a los cambios de estado físico, como está indicado en la Figura 3.

¹ Fuente: Principio de Ingeniería de cimentaciones – Braja M. Das

El Límite Líquido (LL) representa la frontera entre el estado líquido y el estado plástico, en el cual el volumen varía con la humedad.

El Límite Plástico (LP) corresponde a la transición del estado plástico para el estado sólido.

La determinación de la curva granulométrica y de los límites de consistencia permite clasificar los suelos.

El sistema más utilizado para la clasificación de los suelos es el llamado Sistema Unificado de Clasificación, desarrollado por Casagrande (1948) para el U. S. Bureau of Reclamation. En el Sistema Unificado, los suelos son identificados por 2 letras, como está indicado en la Tabla 1.

G	Pedrisco / grava
S	arena
M	limo
C	arcilla
O	suelo orgánico
W	bien graduado
P	mal graduado
H	alta compresibilidad
L	baja compresibilidad
Pt	turbas

Tabla 1. Terminología del Sistema Unificado.²

En este sistema, el primer aspecto a ser considerado es el porcentaje de finos presentes en el suelo. Se considera fino el material que pasa en el tamiz N° 200 (0,075mm). Si este porcentaje es superior al 50%, el suelo será considerado como de granulación fina: M (limo), C (arcilla) o O (suelo orgánico). Si el porcentaje de finos es inferior al 50%, el suelo será considerado como de granulación gruesa: S (arena) o G (grava).

² Fuente: Principio de Ingeniería de cimentaciones – Braja M. Das

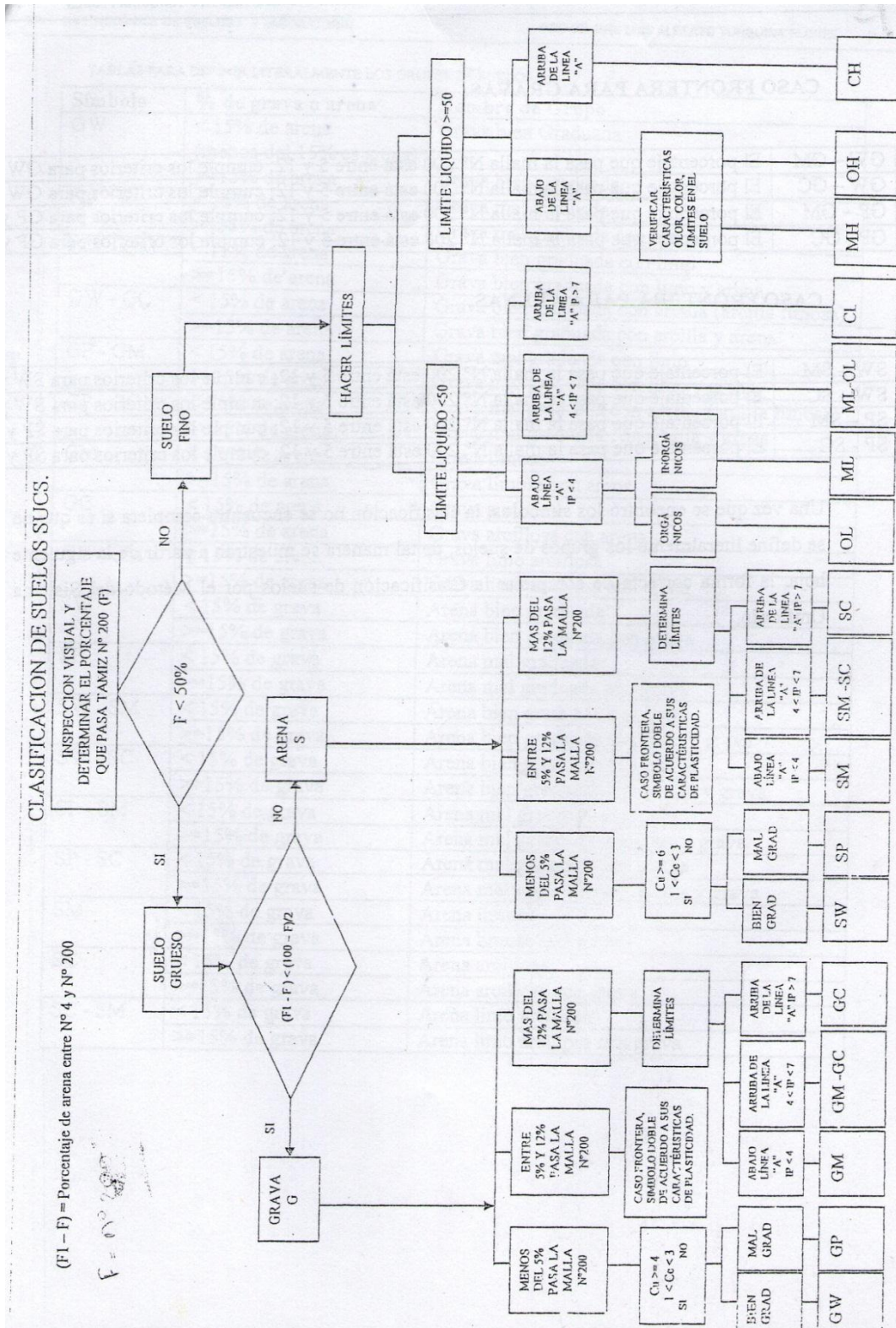


Figura 1. Clasificación por el método S.U.C.S.³

³ Compendio de avance de la materia de Suelos I y Laboratorio – Ing. Luis Alberto Yurquina Flores

2.3.4. Determinación de la resistencia mecánica del suelo

Mediante el método alternativo que consiste en la compactación por medio del martillo o pisón utilizado en compactación de probetas. Se justifica por ser un procedimiento menos complejo y costoso comparándolo con la mesa vibradora; más rápido y manuable, lo que facilita su uso.

La masa del pisón al caer no entra en contacto directo con el suelo a compactar, sino con la placa circular del pisón, lo que ejerce un efecto vibrante en el suelo. Este ensayo se encuentra normalizado en la norma española NTL 205/91 y es aplicable para arenas que pase en su totalidad por el tamiz de 5 mm. (Malla N° 4 ASTM).

Con los valores de la densidad máxima, mínima y natural hallamos la densidad relativa mediante la siguiente formula:

$$DR = (e_{\text{máx}} - e) / (e_{\text{máx}} - e_{\text{min}}) * 100 \quad (\%) \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

e_{min} = razón de vacíos del suelo en su estado más compacto

$e_{\text{máx.}}$ = razón de vacíos del suelo en su estado más suelto

e = razón de vacíos del suelo en su estado natural

Sin embargo es conveniente expresar la densidad relativa en función de los pesos unitarios o densidades secas del suelo, porque el cálculo de la relación de vacíos requiere del valor de la gravedad específica del suelo, por lo que la densidad relativa puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$DR = \gamma_d \text{ máx.} * (\gamma_d - \gamma_d \text{ min}) / (\gamma_d * (\gamma_d \text{ máx.} - \gamma_d \text{ min})) * 100 \quad (\%) \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

$\gamma_d \text{ máx.}$ = peso unitario del suelo en su estado más compacto

$\gamma_d \text{ min}$ = peso unitario seco del suelo en su estado más suelto

γ_d = peso unitario seco in situ

Obtenido el valor de la densidad relativa se puede observar en la tabla 2 y en la tabla 3 su equivalencia en número de golpes de SPT para hallar la capacidad portante del suelo.

Material	Compacidad	Dr (%)	N° de golpes corregido	Densidad seca	Índice de poros (e)	Angulo fricción interna
GW	Densa	75	90	2.21	0.22	40
	Medianamente densa	50	55	2.08	0.28	36
	Suelta	25	< 28	1.97	0.36	32
GP	Densa	75	70	2.04	0.33	38
	Medianamente densa	50	50	1.92	0.39	35
	Suelta	25	< 20	1.83	0.47	32
SW	Densa	75	65	1.89	0.43	37
	Medianamente densa	50	35	1.79	0.49	34
	Suelta	25	< 15	1.70	0.57	30
SP	Densa	75	50	1.76	0.52	36
	Medianamente densa	50	30	1.67	0.60	33
	Suelta	25	< 10	1.59	0.65	29
SM	Densa	75	45	1.65	0.62	35
	Medianamente densa	50	25	1.55	0.74	32
	Suelta	25	< 8	1.49	0.80	29
ML	Densa	75	35	1.49	0.80	33
	Medianamente densa	50	20	1.41	0.90	31
	Suelta	25	< 4	1.35	1.00	27

Tabla 2. Propiedades comunes de los suelos no cohesivos⁴

ARENA LIMOSA			
N _{SPT}	Compacidad relativa (%)	Densidad Relativa	Angulo de fricción interno del suelo (°)
0 - 3	0 - 15	muy suelta	28
3 - 8	15 - 35	suelta	28 - 30
8 - 25	35 - 65	media	30 - 36
25 - 42	65 - 85	densa	36 - 41
42 - 58	85 - 100	muy densa	> 50

Tabla 3. Relación de N golpes del SPT en arenas, compacidad relativa y ángulo de fricción interna⁵

2.4. Diseño estructural

2.4.1. Estados límites últimos.

El proceso de cálculo del Código Boliviano del Hormigón consiste en:

- i. Obtención del efecto S_d , de las acciones exteriores, relativo al estado límite en estudio, a partir de los valores ponderados de las acciones características.
- ii. Obtención de la respuesta R_d , de la estructura correspondiente al estado límite en estudio, a partir de los valores minorados de las características resistentes de los materiales.

⁴ Hunt 1984

⁵ Departamento de Geotecnia – Universidad de Cauca

iii. El criterio de la aceptación, consiste en la comprobación:

$$R_d \geq S_d$$

Donde:

S_d = Valor de cálculo de la sollicitación actuante

R_d = Valor de cálculo de la resistencia de la estructura

2.4.1.1. Coeficientes de ponderación de las acciones.

Coeficiente básico	Nivel de Control y daños previsibles		Corrección
$\gamma_1 = 1.6$	Nivel de Control en la ejecución	Reducido	+0.20
		Normal	0
		Intenso	-0.10
	Daños previsibles en caso de accidente	Mínimos y exclusivamente materiales	-0.10
		Medios	0
		Muy Importantes	+0.20

Tabla 4. Coeficiente de ponderación de acciones⁶

El valor final de γ_1 , será el que se obtenga como resultado de la combinación de las correcciones introducidas en el coeficiente básico, en función del nivel de control adoptado y de la magnitud de los daños previsibles.

Se tendrá en cuenta que, en el caso de daños previsibles muy importantes, no es admisible un control de ejecución a nivel reducido.

2.4.1.2. Coeficientes de minoración de materiales.

Material	Coeficiente básico	Nivel de control	Corrección
ACERO	$\gamma_s = 1.15$	Reducido	+0.05
		Normal	0
		Intenso	-0.05
HORMIGÓN	$\gamma_c = 1.50$	Reducido	+0.20
		Normal	0
		Intenso	-0.10

Tabla 5. Coeficiente de ponderación de acciones⁷

⁶ Código Boliviano del Hormigón CBH 87. – Pág. 51

⁷ Código Boliviano del Hormigón CBH 87. – Pág. 51

2.4.1.3. Hipótesis de carga.

Para encontrar la hipótesis de carga más desfavorable correspondiente a cada caso, se procederá de la siguiente forma:

Para cada estado límite de que se trate, se considerarán las hipótesis de carga que a continuación se indican, y se elegirá la que, en cada caso, resulte más desfavorable, excepción hecha de la Hipótesis III, que sólo se utilizará en las comprobaciones relativas a los estados límites últimos. En cada hipótesis deberán tenerse en cuenta, solamente, aquellas acciones cuya actuación simultánea sea compatible.

Hipótesis I: $\gamma_{ig} * G + \gamma_{ig} * Q$

Hipótesis II: $0.9(\gamma_{ig} * G + \gamma_{ig} * Q) + 0.9 * \gamma_{ig} * W$

Hipótesis III: $0.8(\gamma_{ig} * G + \gamma_{ig} * Q_{ea}) + F_{ea} + W_{ea}$

En estas expresiones:

G = valor característico de las cargas permanentes, más las acciones indirectas con carácter de permanencia.

Q = Valor característico de las cargas variables, de explotación, de nieve, del terreno, más las acciones indirectas con carácter variable, excepto las sísmicas.

Q_{ea} = Valor característico de las cargas variables, de explotación, de nieve, del terreno, más las acciones indirectas con carácter variable, durante la acción sísmica.

W = Valor característico de la carga de viento.

W_{ea} = Valor característico de la carga de viento, durante la acción sísmica. En general, se tomará: $W_{ea} = 0$

En situación topográfica muy expuesta al viento, se adoptará: $W_{ea} = 0.25W$

F_{ea} = Valor característico de la acción sísmica.

Cuando existan diversas acciones Q de diversos orígenes y de actuación conjunta compatible siendo pequeña la probabilidad de que algunas de ellas actúen simultáneamente con sus valores característicos, se adoptará en las expresiones anteriores, el valor característico de Q para la carga variable cuyo efecto sea predominante, y para aquellas cuya

simultaneidad presente una probabilidad no pequeña, y 0.8 del característico para las restantes.

Cuando las cargas variables de uso sean capaces de originar efectos dinámicos, deberán multiplicarse por un coeficiente de impacto.

Cuando, de acuerdo por el proceso constructivo previsto, puedan presentarse acciones de importancia durante la construcción, se efectuará la comprobación oportuna para la hipótesis de carga más desfavorable que resulte de combinar tales acciones con las que sean compatibles con ellas. En dicha comprobación, podrá reducirse, en la proporción que el proyectista estime oportuno, el valor de los coeficientes de ponderación ($\gamma_{ig} = 1.60$) para los estados límites últimos recomendándose no bajar de $\gamma_1 = 1.25$.

2.4.2. Cargas para el cálculo de edificios.

2.4.2.1. Cargas permanentes.

Son todas las cargas constituidas por el peso propio de la estructura, el peso de todos los elementos contractivos fijos en instalaciones permanentes.

La determinación del peso de un cuerpo homogéneo se hará, en general multiplicando su volumen por su peso específico aparente.

Para los casos más frecuentes de fábricas y macizos pueden utilizarse los pesos por unidad de volumen consignados en la siguiente tabla:

ELEMENTO	PESO (Kg/m ³)
A. Sillería	
De basalto	3.000
De granito	2.800
De caliza compacta o mármol	2.800
De arenisca	2.600
De arenisca porosa o caliza porosa	2.400
B. Mampostería con mortero	
De arenisca	2.400
De basalto	2.700
De caliza compuesta	2.600
De granito	2.600

C. Fábrica de ladrillo	
Cerámico macizo	1.800
Cerámico perforado	1.500
Cerámico hueco	1.200
Silicocalcáreo macizo	2.000
D. Fábrica de bloques	
Bloque hueco de mortero(pesado)	1.600
Bloque hueco de mortero (ligero)	1.300
Bloque hueco de yeso	1.000
E. Hormigones	
De grava, armado	2.400
De grava, en masa	2.200
De cascote de ladrillo	1.900
De escoria	1.600
F. Revestimientos	
Argamasa, cemento, cal y arena	1.900
Argamasa, cemento y arena	2.100
Argamasa de yeso	1.200

Tabla 6. Peso de fábricas y macizos⁸

2.4.2.2. Cargas accidentales.

Son todas las cargas que puedan actuar sobre la estructura en función de su uso (personas, muebles, vehículos, instalaciones amovibles, etc. Para cada parte del edificio se elegirá un valor de sobrecarga de uso adecuado al destino que vaya a tener, sin que el valor elegido sea menor que el correspondiente a este uso en la siguiente tabla.

USO DEL ELEMENTO	SOBRECARGA (Kg/m3)
A. Azoteas	
Accesibles sólo para conservación	100
Accesibles sólo privadamente	150
Accesibles al público	Según su uso
B. Viviendas	
Habitaciones de viviendas económicas	150
Habitaciones en otro caso	200
Escaleras y accesos públicos	300
Balcones volados	*

⁸ Hormigón armado de Montoya-Mesenguer-Morán

<i>C. Hoteles, hospitales, cárceles, etc.</i>	
Zonas de dormitorio	200
Zonas públicas, escaleras, accesos	300
Locales de reunión y de espectáculo	500
Balcones volados	*
<i>D. Oficinas y comercios</i>	
Locales privados	200
Oficinas públicas, tiendas	300
Galerías comerciales, escaleras y accesos	400
Locales de almacén	Según su uso
Balcones volados	*
<i>E. Edificios docentes</i>	
Aulas, despachos y comedores	300
Escaleras y accesos	400
Balcones volados	*
<i>F. Iglesias, edificios de reunión y de espectáculos</i>	
Locales con asientos fijos	300
Locales son asientos, tribunas, escaleras	500
Balcones volados	*

Tabla 7. Sobrecargas⁹

2.4.3. Estructura de sustentación de cubierta

La cubierta de la Unidad Educativa Colonia Linares, así como los pisos de los niveles inferiores, estarán compuestos de losa alivianada con complemento de plastofom.

2.4.3.1. Vigüeta pretensada¹⁰

Se denomina hormigón pretensado a la tipología de construcción de elementos estructurales de hormigón sometidos intencionadamente a esfuerzos de compresión previos a su puesta en servicio. Dichos esfuerzos se consiguen mediante cables de acero que son tensados y anclados al hormigón. Esta técnica se emplea para superar la debilidad natural del hormigón frente a esfuerzos de tracción.

⁹ Hormigón armado de Montoya-Mesenguer-Morán

¹⁰ Fuente: PRETENSA: Industria & Ingeniería para la construcción

2.4.3.1.1. Montaje

Apuntalamiento previo

Deberá hacerse antes de montar la primera vigueta, ya que las mismas no trabajan por si solas, sino recién en conjunto con la capa de compresión una vez fraguada.

Las soleras de apoyo de las viguetas se colocarán a una distancia máxima de 2 m con puntales de sostén cada metro para altura de puntales hasta 2,5 m.

a) Montaje de viguetas y complementos

Las viguetas deberán apoyarse entre 5-10 cm sobre encadenados o vigas vaciadas con anterioridad y por lo menos 5 cm en los encofrados de vigas a vaciar en conjunto con la capa de compresión.

La separación entre viguetas se determina automáticamente por los propios complementos. El montaje se completa armando una malla de 30x30 cm con fierro de 6 mm por encima de los complementos, salvo especificaciones especiales.

b) Limpieza y mojado

Antes de proceder al vaciado del hormigón, se debe limpiar perfectamente la superficie de las viguetas para mejorar la adherencia de la capa de compresión.

Las viguetas y complementos se deben mojar abundantemente para obtener un correcto vaciado y una mejor adherencia en la carpeta de compresión.

c) Vaciado de la Carpeta de compresión

El hormigón de la carpeta de compresión deberá ser mezclado, vaciado y vibrado siguiendo las normas tradicionales de construcción.

Es importante caminar y llevar carretillas sobre tablonos y no directamente sobre los complementos o viguetas.

Finalmente se recomienda cubrir la carpeta recién vaciada para protegerla del frío y mojarla con bastante agua durante los primeros 4 días de fraguado.

Una vez fraguado el hormigón, se procederá a su desapuntamiento. A fines prácticos se considera 1 día de apuntalamiento por cada 30 cm de longitud de vigueta.

d) Momentos flectores admisibles



Figura 2. Losa alivianada¹¹

EJE ENTRE VIGUETAS (A) cm	TIPO EPS DE	ESPEORES			PESO PROPIO kg/m ²	COMPONENTES DE LA LOSA		VOLUMEN HORMIGÓN m ³ /m ²	TIPOS DE VIGUETAS SEGÚN PRODUCCIÓN ESTÁNDAR MOMENTOS ADMISIBLES							
		H cm	E cm	D cm		VIGUETA ml/m ²	EPS piezas/m ²		Tipo 1 kgm/m	Tipo2 kgm/m	Tipo 3 kgm/m	Tipo 4 kgm/m	Tipo 5 kgm/m	Tipo 6 kgm/m	Tipo 7 kgm/m	Tipo 8 kgm/m
50	10/100/44	10	5	15	164	200	200	0.056	473	645	668	778	930	1,268	1,486	1,623
60	10/100/54	10	5	15	157	167	167	0.055	395	538	574	658	776	1,058	1,241	1,356
50	12/100/44	12	5	17	179	200	200	0.062	557	755	803	925	1,088	1,477	1,736	1,894
60	12/100/54	12	5	17	169	167	167	0.060	464	629	670	772	908	1,232	1,450	1,582
50	15/100/44	15	5	20	190	200	200	0.066	682	918	976	1,131	1,326	1,790	2,112	2,302
60	15/100/54	15	5	20	178	167	167	0.064	569	766	814	943	1,106	1,494	1,763	1,921
50	17/100/44	17	5	22	205	200	200	0.073	766	1,028	1,092	1,267	1,484	1,999	2,363	2,573
60	17/100/54	17	5	22	191	167	167	0.069	638	857	911	1,057	1,238	1,668	1,972	2,148
50	20/100/44	20	5	25	232	200	200	0.084	891	1,191	1,265	1,473	1,721	2,313	2,739	2,981
60	20/100/54	20	5	25	214	167	167	0.078	743	993	1,055	1,228	1,435	1,929	2,285	2,487
50	22/100/44	22	5	27	254	200	200	0.093	974	1,301	1,381	1,610	1,879	2,522	2,990	3,252
60	22/100/54	22	5	27	234	167	167	0.086	812	1,084	1,151	1,342	1,567	2,103	2,494	2,714
50	25/100/44	25	5	30	265	200	200	0.098	1,100	1,465	1,554	1,815	2,117	2,835	3,366	3,660
60	25/100/54	25	5	30	242	167	167	0.090	917	1,221	1,296	1,513	1,765	2,365	2,808	3,053

Tabla 8. Momentos flectores admisibles para viguetas con complemento de plastoform¹²

2.4.3.2. Complemento de poliestireno

Se caracteriza por ser muy liviano y de reconocida densidad, ayuda al ahorro en el presupuesto de la obra por su fácil colocación, evita la pérdida de hormigón por escurrimiento y facilita el tiempo de aplicación de cielos rasos. Resiste mucho más al aplastamiento

¹¹ Fuente: PRETENZA: Industria & Ingeniería para la construcción

¹² Fuente: PRETENZA: Industria & Ingeniería para la construcción

2.4.4. Estructura de sustentación de la edificación

2.4.4.1. Diseño de vigas de hormigón armado¹³

Las vigas son elementos estructurales lineales, con diferentes formas de sección transversal y que, por lo general, están solicitadas principalmente a flexión. Solamente se analizará el caso de secciones rectangulares de hormigón armado.

2.4.4.1.1. Cálculo a flexión simple

Se deberá mayorar el momento de diseño por un coeficiente de seguridad γ_t que se obtiene de la tabla 4 del presente proyecto.

$$Md = M * \gamma_t \quad \text{Ecuación 5}$$

Se deberá calcular el momento reducido de cálculo con la siguiente ecuación:

$$\mu_d = \frac{M_d}{b_w * d^2 * f_{cd}} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

M_d = Es el momento de diseño.

μ_d = Momento reducido de cálculo.

b_w = Ancho de la viga.

d = Es la distancia del borde más comprimido hasta el centro de gravedad de la armadura más traccionada (también llamada canto útil).

f_{cd} = Resistencia de cálculo del hormigón.

- Se obtendrá el valor de μ_{lim} , a partir de la tabla 8 de este documento
- Si $\mu_{lim} > \mu_d$ no necesita armadura a compresión.
- Si el momento reducido de cálculo es menor al momento reducido límite, la pieza no necesita armadura de compresión, sólo se deberá disponer de una armadura que soporte los esfuerzos de tracción y se deberá seguir los pasos que se mencionan a continuación:

¹³ Análisis y diseño a flexión de vigas, Código Boliviano del Hormigón - CBH 87

- Con el valor del momento reducido se entra a la tabla 11 y se obtiene la cuantía mecánica de la armadura.
- Calcular la armadura para el momento flector tanto positivo como negativo.

$$A_s = w * b_w * d * \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

w= Cuantía geométrica de la armadura

f_{yd}= Resistencia de cálculo del acero

A_s=Área de la armadura de acero que resiste el esfuerzo de tracción.

b_w = Ancho de la viga

d = Es la distancia del borde más comprimido hasta el centro de gravedad de la armadura más traccionada (también llamada canto útil)

f_{cd}: Es la resistencia de cálculo del hormigón a compresión.

f_{yd}: Es la resistencia de cálculo de la armadura.

- Calcular la armadura mínima y el valor de μ se obtiene de la tabla 10

$$A_{\min} = \mu * b_w * d \quad \text{Ecuación 8}$$

La ecuación que se muestra, sólo es para secciones rectangulares

- Se tomará la mayor armadura de los dos valores anteriores mencionados.
- Cuando el momento reducido es mayor que el momento mínimo

si $\rightarrow \mu_{\lim} \leq \mu_d$ Necesita armadura a compresión

f_y(kp/cm²)	2200	2400	4000	4200	4600	5000
f_{yd}(kp/cm²)	1910	2090	3480	3650	4000	4350
ξ lim	0.793	0.779	3.48	0.668	0.648	0.628
μ lim	0.366	0.362	0.679	0.332	0.326	0.319
W lim	0.546	0.536	0.467	0.46	0.446	0.432

Tabla 9. Coeficiente de ponderación de acciones¹⁴

¹⁴ Código Boliviano del Hormigón CBH 87. – Pág. 51

ELEMENTO	POSICIÓN	AH 215 L	AH 400	AH 500	AH 600
Soportes		0.008	0.006	0.005	0.004
Vigas		0.005	0.0033	0.0028	0.0023
Losas		0.002	0.0018	0.0015	0.0014
Muros	Armadura horizontal	0.0025	0.002	0.0016	0.0014
	Armadura vertical	0.0005	0.0004	0.0003	0.00038

Tabla 10. Cuantías geométricas mínimas¹⁵

ξ	μ	w	$(w/F_{yd})*10^2$	
0.0890	0.0300	0.0310		D O M I N I O 2
0.1042	0.0400	0.0415		
0.1181	0.0500	0.0522		
0.1312	0.0600	0.0630		
0.1438	0.0700	0.0739		
0.1561	0.0800	0.0849		
0.1667	0.0886	0.0945		
0.1685	0.0900	0.0961		
0.1810	0.1000	0.1074		
0.1937	0.1100	0.1189		
0.2066	0.1200	0.1306		
0.2197	0.1300	0.1425		
0.2330	0.1400	0.1546		
0.2466	0.1500	0.1669		
0.2593	0.1592	0.1785		
0.2608	0.1600	0.1795		
0.2796	0.1700	0.1924		
0.2987	0.1800	0.2055		
0.3183	0.1900	0.2190		
0.3382	0.2000	0.2327		
0.3587	0.2100	0.2468		
0.3797	0.2200	0.2613		
0.4012	0.2300	0.2761		
0.4233	0.2400	0.2913		
0.4461	0.2500	0.3070		
0.4500	0.2517	0.3097		
0.4696	0.2600	0.3231		
0.4938	0.2700	0.3398		
0.5189	0.2800	0.3571		
0.5450	0.2900	0.3750		
0.5722	0.3000	0.3937		
0.6005	0.3100	0.4132		
0.6168	0.3155	0.4244	0.0929	
0.6303	0.3200	0.4337	0.1006	D O
0.6617	0.3300	0.4553	0.1212	
0.6680	0.3319	0.4596	0.1258	
0.6951	0.3400	0.4783	0.1483	B 500 S
0.7308	0.3500	0.5029	0.1857	
0.7695	0.3600	0.5295	0.2404	
				B 400 S

¹⁵ Código Boliviano del Hormigón CBH 87. – Pág. 51

0.7892	0.3648	0.5430	0.2765	M I N
0.8119	0.3700	0.5587	0.3282	
0.8596	0.3800	0.5915	0.4929	
0.9152	0.3900	0.6297	0.9242	
0.9844	0.4000	0.6774	5.8238	

Tabla 11. Tabla universal para flexión simple o compuesta¹⁶

2.4.4.1.2. Esfuerzo cortante

El estudio del esfuerzo cortante en una pieza de hormigón armado que tendrá que ser tratada en un estado tridimensional, influye no sólo la forma de sección, la esbeltez de la pieza, disposición de las armaduras transversales, longitudinales, la adherencia entre el acero y el hormigón, situaciones de las apoyadas, etc.

$$\tau = \frac{V * m}{b * I} \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

τ = Esfuerzo cortante.

V= Cortante en la sección que estamos verificando la tensión del cizallamiento.

m= Momento estático en la sección donde se está verificando la tensión de cizallamiento.

b= Ancho de la pieza donde se está verificando la tensión de cizallamiento.

I= Momento de inercia respecto del centro de gravedad de la pieza.

2.4.4.1.3. Cálculo de la armadura transversal

El hormigón y las armaduras en conjunto resisten el esfuerzo cortante, la armadura transversal está constituida por estribos, barras levantadas.

En virtud a todos los efectos favorables el hormigón puede resistir, en la situación de rotura el esfuerzo cortante sin armadura.

$$V_{cu} \geq V_d \quad \text{Ecuación 10}$$

$$V_{cu} = f_{yd} * b_W * d \quad \text{Ecuación 11}$$

¹⁶ Tabla 14.3 del Jiménez Montoya (Edición 14°)

$$f_{vd} = 0.131 * \sqrt[3]{f_{ck}^2} \dots\dots\dots(MPa) \quad \text{Ecuación 12}$$

$$f_{cv} = 0.282 \cdot \sqrt[3]{f_{ck}^2} [kp/cm^2] \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

V_{cu} = Capacidad de corte del hormigón.

V_d = Cortante de diseño.

f_{vd} = Resistencia virtual del cálculo del hormigón, a esfuerzo cortante

f_{cd} = Cortante en la sección que estamos verificando la tensión del cizallamiento.

b_w = Ancho de la pieza donde se está verificando la tensión de cizallamiento.

d = Canto útil.

Cuando el esfuerzo cortante real es mayor que el esfuerzo cortante que resiste la pieza es necesario colocar una armadura transversal para resistir el esfuerzo cortante de la diferencia.

$$V_d > V_{cu} \quad \text{Ecuación 14}$$

$$V_d = V_{cu} + V_{su} \rightarrow V_{su} = V_d - V_{cu} \quad \text{Ecuación 15}$$

2.4.4.1.4. Disposiciones relativas a las armaduras transversales

La separación “ s_1 ” entre cercos o estribos, deberá cumplir las condiciones.

$$\left. \begin{array}{l} s_1 \leq 30\text{cm} \\ s_1 \leq 0,85d \\ s_1 \leq 3*b_w \end{array} \right\} \quad \text{Ecuación 16}$$

La norma recomienda (en el apartado 8.2.2. “reglas de cosido” en la pág. 75) que la máxima resistencia característica del acero será de 4200kg/cm². A continuación se muestra un gráfico en orden secuencial para el cálculo de la armadura transversal, donde se indica las fórmulas y criterios de cálculo.

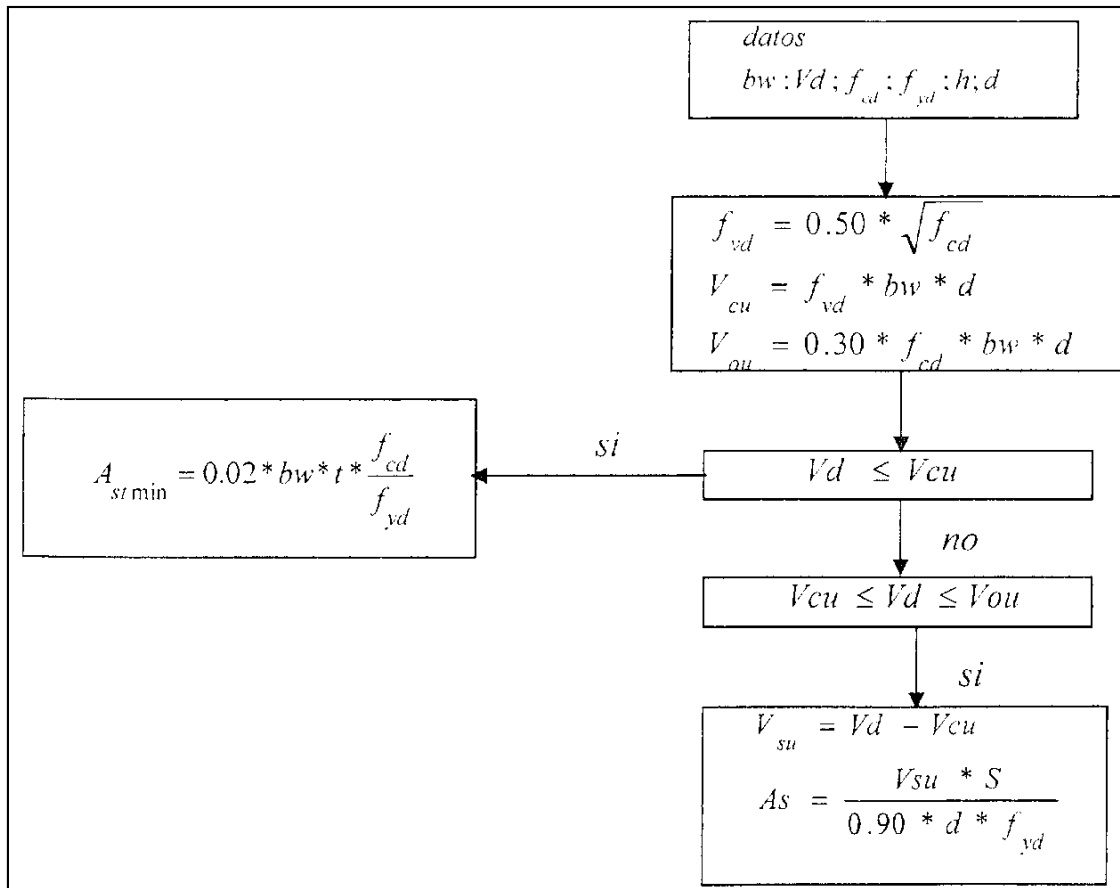


Figura 3. Valores de α (coeficiente de pandeo)

2.4.4.2. Diseño de columnas

Las columnas o pilares de hormigón armado forman piezas, generalmente verticales, en las que la sollicitación normal es lo más importante. Sus distintas secciones transversales pueden estar sometidas a compresión simple, compresión compuesta o flexión compuesta.

Las armaduras de las columnas suelen estar constituidos por barras longitudinales, y estribos. Las barras longitudinales constituyen la armadura principal y están encargadas de absorber, bien compresiones en colaboración con el hormigón, bien tracciones en los casos de flexión compuesta o cortante, así como de colaborar con los estribos para evitar la rotura por deslizamiento del hormigón a lo largo de planos inclinados.

Los estribos constituyen la armadura transversal cuya misión es evitar el pandeo de las armaduras longitudinales comprimidas, contribuir a resistir esfuerzos cortantes y aumentar su ductilidad y resistencia.

2.4.4.2.1. Excentricidad mínima de cálculo

La norma toma una excentricidad mínima ficticia, en dirección principal más desfavorable, igual al mayor de los valores, “h/20” y “2cm” siendo “h” el canto en la dirección considerada. Las secciones rectangulares sometidas a compresión compuesta deben también ser comprobadas independientemente en cada uno de los dos planos principales.

2.4.4.2.2. Armaduras longitudinales

Las armaduras longitudinales tendrán un diámetro no menor de 12cm¹⁷ y se situarán en las proximidades de las caras del pilar, debiendo disponerse por lo menos una barra en cada esquina de la sección. En los soportes de sección circular debe colocarse un mínimo de 6 barras. Para la disposición de estas armaduras deben seguirse las siguientes prescripciones.

La separación máxima entre dos barras de la misma cara no debe ser superior a 35cm. Por otra parte, toda barra que diste más de 15cm de sus contiguas debe arriostrarse mediante cercos o estribos, para evitar el pandeo de la misma.

Para que el hormigón pueda entrar y ser vibrado fácilmente, la separación mínima entre cada dos barras de la misma cara debe ser igual o mayor que 2cm, que el diámetro de la mayor y que 6/5 del tamaño máximo del árido. No obstante, en las esquinas de los soportes se podrán colocar dos o tres barras en contacto.

2.4.4.2.3. Cuantías límites

La norma Boliviana de hormigón armado recomienda para las armaduras longitudinales de las piezas sometidas a compresión simple o compuesto, suponiendo que están colocadas en dos caras opuestas. A1 y A2, las siguientes limitaciones:

$$A_1 * f_{yd} \geq 0.05 * N_d \quad \text{Ecuación 17}$$

$$A_2 * f_{yd} \geq 0.05 * N_d \quad \text{Ecuación 18}$$

$$A_1 * f_{yd} \geq 0.5 * A_c * f_{cd} \quad \text{Ecuación 19}$$

¹⁷ Norma Boliviana del Hormigón Armado CBH-87

$$A_2 * f_{yd} \geq 0.5 * A_c * f_{cd} \quad \text{Ecuación 20}$$

Que para el caso de compresión simple, con armadura total A_s , puede ponerse en la forma:

$$A_s * f_{yd} \geq 0.10 * N_d \quad \text{Ecuación 21}$$

$$A_s * f_{yd} \leq A_c * f_{cd} \quad \text{Ecuación 22}$$

Donde:

A_c = El área de la sección bruta de hormigón

f_{yd} = Resistencia de cálculo del acero que no se tomará mayor en este caso de 4200kg/cm².

A_1 y A_2 =Armaduras longitudinales de las piezas sometidas a compresión simple o compuesta.

N_d =Esfuerzo axial de cálculo

f_{cd} =Resistencia de cálculo del hormigón.

A_s =EI área de acero utilizado en la pieza de hormigón armado.

Se comprobará, además, que las cuantías geométricas de las armaduras no sean inferiores exigidos en la tabla 10

Las barras de la armadura principal irán sujetas por una armadura transversal constituidas por cercos o estribos.

El diámetro de las armaduras transversales debe ser al menos una cuarta parte del diámetro del diámetro máximo entre las armaduras longitudinales.

2.4.4.2.4. Armadura transversal

La misión de los estribos es evitar el pandeo de las armaduras longitudinales comprimidas, evitar la rotura por deslizamiento del hormigón a lo largo de planos inclinados y, eventualmente, contribuir a la resistencia de la pieza a esfuerzos cortantes, ya que los esfuerzos cortantes en los pilares suelen ser más reducidos y la mayoría de las veces pueden ser absorbidos por el hormigón.

Debe disponerse una armadura horizontal, paralela a las caras del muro y colocada entre la armadura vertical y el paramento más próximo. Su cuantía será, al menos, igual al 50 % de la correspondiente a la armadura vertical.

La separación entre dos barras horizontales próximas no será superior a 30 cm. Su diámetro no será superior a la cuarta parte del correspondiente a las barras verticales.

2.4.4.2.5. Longitud de pandeo

Una estructura se llama intraslacional si sus nudos, bajo solicitaciones de cálculo, presentan desplazamientos transversales cuyos efectos pueden ser despreciados desde el punto de vista de la estabilidad del conjunto y traslacional en caso contrario.

La longitud de pandeo l_o o de un soporte se define como la longitud del soporte biarticulado equivalente al mismo a efectos de pandeo, y es igual a la distancia entre dos puntos de momento nulo del mismo. La longitud de pandeo de los soportes aislados se indica en la tabla 12 en función de la sustentación de la pieza.

Sustentación de la pieza de longitud f.	k
-Un extremo libre y otro empotrado	2
-Ambos extremos articulados	1
-Biempotrado, con libre desplazamiento normal a la directriz	1
-Articulación fija en un extremo y empotrado en el otro	0.70
-Empotramiento perfecto en ambos extremos	0.50
-Soportes elásticamente empotrados	0.70
-Otros casos	0.90

Tabla 12. Longitud de pandeo $l_o=k*$ de las piezas aisladas¹⁸

La longitud de pandeo de una columna está en función de las rigideces de las columnas y vigas que concurren a está.

Para poder determinar la longitud de pandeo se utiliza la siguiente ecuación:

Longitud de pandeo $l_o = k * l$ (k se obtiene entrando con ψ)

$$\psi_A = \frac{\sum (EI \div l) \text{ de todos los pilares}}{\sum (EI \div l) \text{ de todas las vigas}}; \text{ (igual para } \psi_B) \quad \text{Ecuación 23}$$

¹⁸ Código Boliviano del Hormigón CBH 87. – Pág. 51

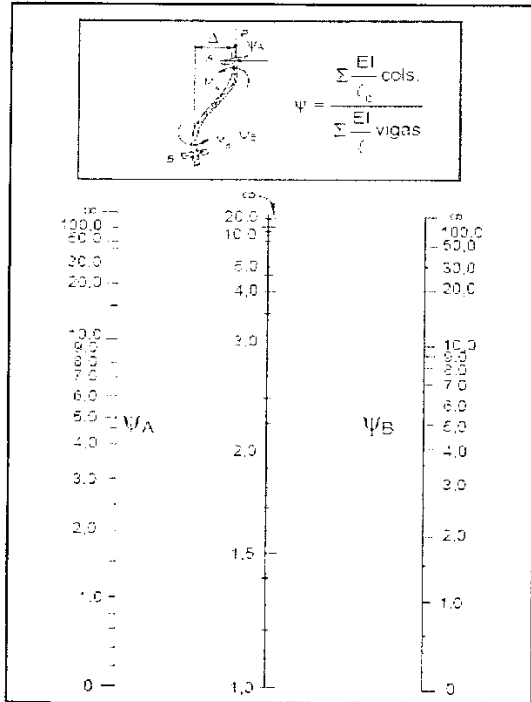


Figura 4. Pórticos traslacionales (para obtener el valor de k)¹⁹

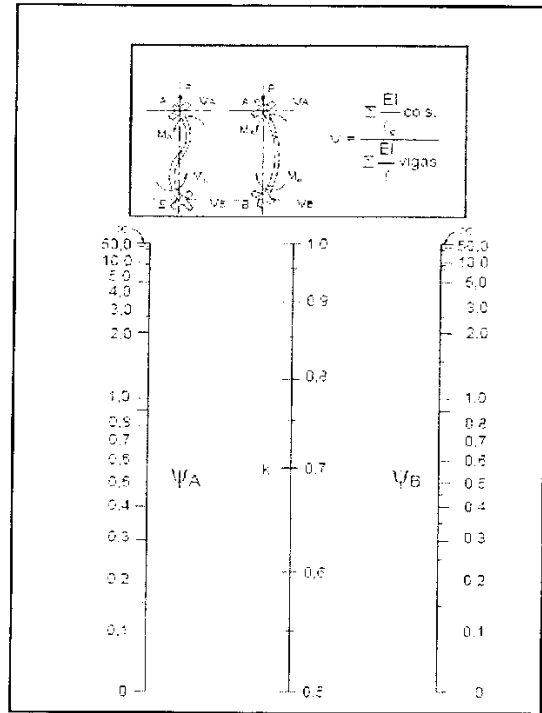


Figura 5. Pórticos intraslacionales (para obtener el valor de k)²⁰

2.4.4.2.6. Esbeltez geométrica y mecánica

Se llama esbeltez geométrica de una pieza de sección constante a la relación $\lambda_g = \ell_o/h$ entre la longitud de pandeo y la dimensión h de la sección en el plano de pandeo, y la esbeltez mecánica a la relación $\lambda = \ell_o/i_c$ entre la longitud de pandeo y el radio de giro i_c , de la sección en el plano de pandeo. Recuérdese que $i_c = \sqrt{I/A}$, siendo I y A respectivamente, la inercia en dicho plano y el área de la sección, ambas referidas a la sección del hormigón.

Los valores límites para la esbeltez mecánica que recomienda la norma Boliviana de hormigón armado son los que mencionan a continuación:

- Para esbelteces mecánicas $\lambda < 35$ (equivalentes, en secciones rectangulares, a esbelteces geométricas menores a 10), la pieza puede considerarse corta, despreciando los efectos de segundo orden y no siendo necesario efectuar ninguna comprobación a pandeo.

¹⁹ Código Boliviano del Hormigón CBH 87 – Pág. 84

²⁰ Código Boliviano del Hormigón CBH 87 – Pág. 84

- Para esbelteces mecánicas $35 \leq \lambda < 100$ (geométricas $10 \leq \lambda < 29$), puede aplicarse el método aproximado.
- Para esbelteces mecánicas $100 \leq \lambda < 200$ (geométricas $29 \leq \lambda < 58$), debe aplicarse el método general para soportes de secciones y armadura constante a lo largo de su altura puede aplicarse el método aproximado de la columna modelo o el de las curvas de referencia.
- No es recomendable proyectar piezas comprimidas de hormigón armado con esbelteces mecánicas $\lambda > 200$ (geométricas $\lambda > 58$).

2.4.4.2.7. Proceso de cálculo

- Los datos básicos que se necesitan son los que se mencionan a continuación:

hx, hy=Son las dimensiones de la sección del pilar.

Myd=Momentos flectores de cálculo en la dirección Y.

Mxd=Momentos flectores de cálculo en la dirección X.

Nd=Esfuerzo normal de cálculo.

fcd= Resistencia de cálculo del hormigón.

fyd = Resistencia de cálculo del acero.

- Determinar la capacidad mecánica del hormigón

$$U_C = f_{cd} * h_X * h_Y \quad \text{Ecuación 24}$$

- Determinar los esfuerzos reducidos

$$v = \frac{N_d}{U_C} \quad \text{Ecuación 25}$$

$$\mu_X = \frac{M_{Xd}}{U_C * h_X} \quad \text{Ecuación 26}$$

$$\mu_X = \frac{M_{Xd}}{U_C * h_X} \quad \text{Ecuación 27}$$

- Definir los valores de momento reducido

$$\mu_1 ; \mu_2$$

- Determinar la cuantía mecánica w

Con los valores de los esfuerzos reducidos y definiendo la distribución de la armadura para los pilares se entra a los diagramas de interacción, estos diagramas se encuentran en el libro de hormigón armado de Jiménez Montoya 14ª EDICIÓN.

Si el valor de v no es redondo, se obtiene w por interpolación entre los resultados correspondientes a los valores redondos de v entre los que esté situado el lado.

- Determinar la capacidad mecánica de la armadura total.

$$U_{total} = w * U_C \quad \text{Ecuación 28}$$

- Determinar la armadura total de acero

$$A_{total} = \frac{U_{total}}{f_{yd}} \rightarrow A_{total} = \frac{w * h_X * f_{cd}}{f_{yd}} \quad \text{Ecuación 29}$$

- Se deberá verificar que la pieza se encuentre en buenas condiciones frente al pandeo, para poder lograr esto se deberá cumplir la siguiente relación:

$$\frac{e_X}{e_{X \max}} + \frac{e_y}{e_{y \max}} \leq 1 \quad \text{Ecuación 30}$$

- La excentricidad total en la dirección X-X

$$e_{x \max} = \left[e_y + \frac{\beta * h * e_X}{b} \right] + e_{fx} + f_{ax} \quad \text{Ecuación 31}$$

$$e_x = \frac{My}{N} \quad \text{Ecuación 32}$$

$$e_{ax} = \frac{b}{20} \geq 2cm \quad \text{Ecuación 33}$$

$$e_{fx} = \left[3 + \frac{f_{yd}}{3500} \right] * \left[\frac{b + 20 * e_x}{b + 10 * e_x} \right] * \frac{l_o^2 * 10^{-4}}{b} \quad \text{Ecuación 34}$$

- La excentricidad total en la dirección Y-Y

$$e_{y \max} = \left[\frac{b * e_y}{h} + \beta * e_x \right] + e_{fy} + e_{ay} \quad \text{Ecuación 35}$$

$$e_y = \frac{Mx}{N} \quad \text{Ecuación 36}$$

$$e_{ay} = \frac{h}{20} \geq 2cm \quad \text{Ecuación 37}$$

$$e_{fy} = \left[3 + \frac{f_{yd}}{3500} \right] * \left[\frac{h + 20 * e_y}{h + 10 * e_y} \right] * \frac{l_o^2 * 10^{-4}}{h} \quad (kg/cm^2) \quad \text{Ecuación 38}$$

Donde:

b, h=Es la dimensión de la pieza en la dirección del plano X y Y.

l_o=Longitud de pandeo.

e_a=Excentricidad accidental en el plano que se analiza.

e_f=Excentricidad ficticia en el plano que se analiza.

β=Una constante cuyos valores están en función del axial reducido v.

v	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	≥1
β	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.8	0.6	0.7	0.5	0.5	0.5

Tabla 13. Valores de la constante β, para el cálculo de la excentricidad ficticia²¹

2.4.4.3. Fundaciones: Pilotaje

2.4.4.3.1. Definición de pilote

Los pilotes son miembros estructurales hechos de acero, concreto y/o madera y son usados para construir cimentaciones, cuando son profundas y cuestan más que las cimentaciones superficiales. A pesar del costo, el uso de pilotes es a menudo necesario para garantizar la seguridad estructural. La siguiente lista identifica algunas de las condiciones que requieren cimentaciones de pilotes²².

- a) Cuando el estrato o estratos superiores del suelo son altamente compresibles y demasiado débiles para soportar la carga transmitida por la superestructura se usan pilotes para transmitir la carga al lecho rocoso o a una capa dura. Cuando no se

²¹ Código Boliviano del Hormigón CBH 87.

²² Vesic, 1977

encuentra un lecho rocoso a una profundidad razonable debajo de la superficie del terreno los pilotes se usan para transmitir la carga estructural gradualmente al suelo.

La resistencia a la carga estructural aplicada se deriva principalmente de la resistencia a fricción desarrollada en la interfaz suelo-pilote (figura 8. a).

- b)** Cuando están sometidas a fuerzas horizontales, las cimentaciones con pilotes resisten por flexión mientras soportan aún la carga vertical transmitida por la superestructura. Este tipo de situación se encuentra generalmente en el diseño y construcción de estructuras de retención de tierra y en la cimentación de estructuras altas que están sometidas a fuerzas grandes de viento y/o sísmicas (figura 8. b).
- c)** En muchos casos, suelos expansivos y colapsables están presentes en el sitio de una estructura propuesta y se extienden a gran profundidad por debajo de la superficie del terreno. Los suelos expansivos se hinchan y se contraen conforme el contenido de agua crece y decrece y su presión de expansión es considerable. Si se usan cimentaciones superficiales en tales circunstancias, la estructura sufrirá daños considerables (figura 8. c).

Una disminución repentina de la relación de vacíos induce grandes asentamientos de las estructuras soportadas por cimentaciones superficiales. En tales casos, las cimentaciones con pilotes se usan con éxito si éstos se extienden hasta las capas de suelo estables más allá de la zona de cambio posible de contenido de agua.

- d)** Las cimentaciones de algunas estructuras, como torres de transmisión, plataformas fuera de la costa y losas de sótanos debajo del nivel freático, están sometidas a fuerzas de levantamiento. Algunas veces se usan pilotes para esas cimentaciones y así resistir la fuerza de levantamiento (figura 8.e).
- e)** Los estribos y pilas de puentes son usualmente construidos sobre cimentaciones de pilotes para evitar la posible pérdida de capacidad de carga que una cimentación superficial sufrirá por erosión del suelo en la superficie del terreno (figura 8.f).

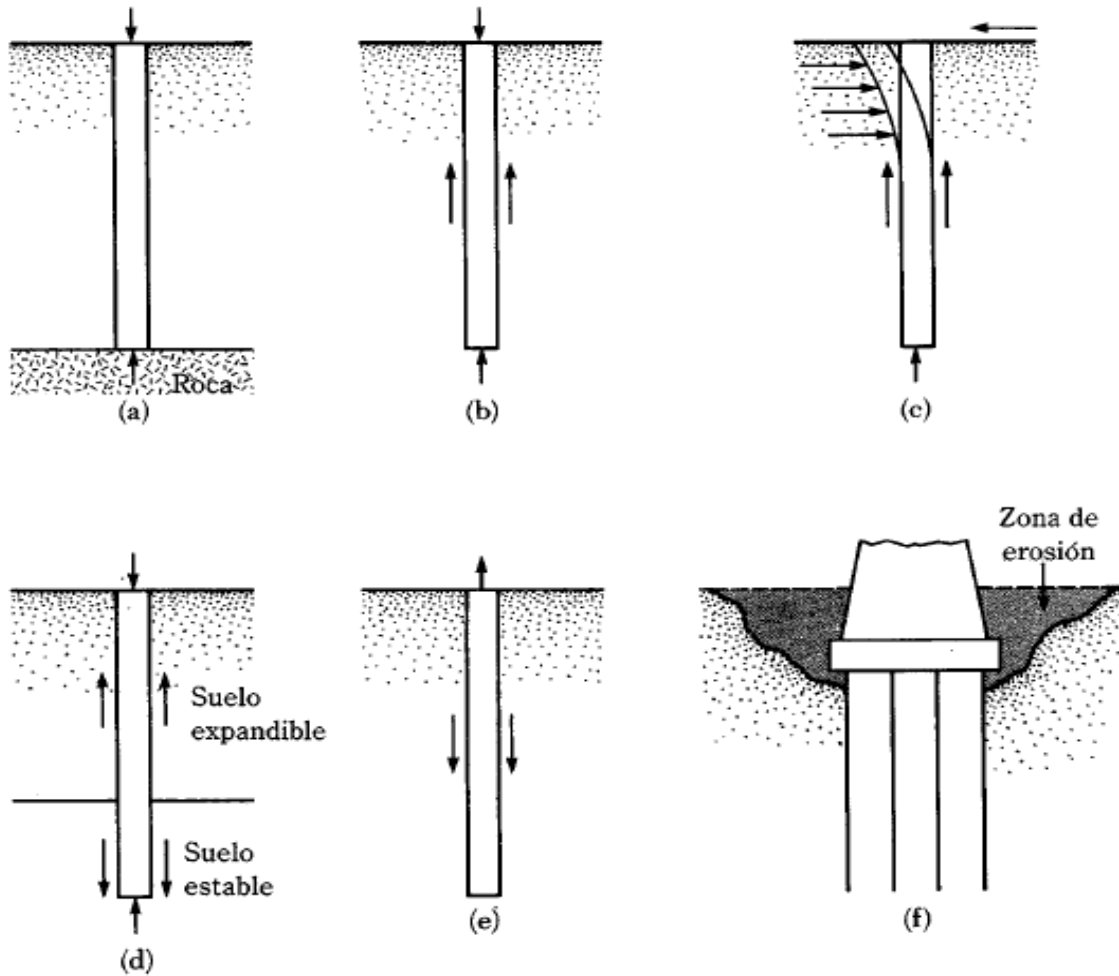


Figura 6. Condiciones para el uso de cimentaciones con pilotes²³

2.4.4.3.2. Comparación de los tipos de pilotes

Varios factores afectan la selección de pilotes para una estructura particular en un sitio específico. La siguiente tabla da una breve comparación de las ventajas y desventajas de los varios tipos de pilotes con base en el material de que están hechos.

²³ Principio de Ingeniería de cimentaciones – Braja M. Das – Pág. 565

Tipo de pilote	Longitud usual del pilote	Longitud máxima del pilote	Carga usual	Carga máxima aproximada	Comentarios
Acero	50–200 pies (15–60 m)	Prácticamente ilimitada	67-270 klb (300–1200 kN)	Ec. (9.1)	<p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Fácil de manipular respecto al corte y extensión a la longitud deseada b. Resiste altos esfuerzos de hincado c. Penetra estratos duros como gravas densas y roca blanda d. Alta capacidad de carga <p>Desventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Material relativamente caro b. Alto nivel de ruido durante el hincado c. Susceptible a la corrosión d. Los pilotes H se dañan o deflexionan respecto a la vertical durante el hincado a través de estratos duros u obstrucciones mayores
Concreto prefabricado	<i>Prefabricado:</i> 30–50 pies (10–15 m) <i>Presforzado:</i> 30–150 pies (10–35 m)	<i>Prefabricado:</i> 100 pies (30m) <i>Presforzado:</i> 200 pies (60m)	67-675 klb (300–3000 kN)	<i>Prefabricado:</i> 180–200 klb (800–900 kN) <i>Presforzado:</i> 1700–1900 Klb (7500–8500 kN)	<p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Puede someterse a un fuerte hincado b. Resistente a la corrosión c. Combinable fácilmente con una superestructura de concreto <p>Desventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Difícil de lograr un corte apropiado b. Difícil de transportar
Concreto colado <i>in situ</i> ademado	15–50 pies (5–15 m)	100–130 pies (30–40 m)	45–115 klb (200–500 kN)	180 klb (800 kN)	<p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Relativamente barato b. Posibilidad de inspección antes de verter el concreto c. Fácil de alargar <p>Desventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Difícil de empalmar después de colar b. Ademes delgados pueden dañarse durante el hincado
Concreto colado <i>in situ</i> no ademado	15–50 pies (5–15 m)	100–130 pies (30–40 m)	65–115 klb (300–500 kN)	160 klb (700 kN)	<p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Inicialmente económicos b. Pueden terminarse a cualquier elevación <p>Desventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Pueden generarse vacíos si el concreto se cuela rápidamente b. Difícil de empalmar después de colar c. En suelos blandos, los lados del agujero pueden desplomarse, comprimiendo el concreto
Madera	30–50 pies (10–15 m)	100 pies (30 m)	22–45 klb (100–200 kN)	60 klb (270 kN)	<p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Económico b. Fácil de manipular c. Los pilotes permanentemente sumergidos son bastante resistentes al deteriorarse <p>Desventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Deterioro arriba del nivel freático b. Pueden dañarse durante un hincado fuerte c. Baja capacidad de carga d. Baja resistencia a carga de tensión al estar empalmados

Tabla 14. Comparación de pilotes hechos de diferentes materiales²⁴

²⁴ Principio de Ingeniería de cimentaciones – Braja M. Das – Pág. 572

2.4.4.3.3. Estimación de la longitud de pilote

2.4.4.3.3.1. Pilotes de carga de punta

Si los registros de perforación establecen la presencia de lechos de roca o de material rocoso a una profundidad razonable, los pilotes se extienden hasta la superficie de la roca. En este caso, la capacidad última de los pilotes depende por completo de la capacidad de carga del material subyacente; entonces son llamados pilotes de carga de punta. En la mayoría de esos casos, la longitud necesaria del pilote debe ser establecida lo más preciso.

Si en vez de un lecho rocoso se encuentra un estrato de suelo bastante compacto y duro a una profundidad razonable, los pilotes se prolongan unos cuantos metros dentro del estrato duro. Los pilotes con pedestales se construyen sobre el lecho del estrato duro, y la carga última del pilote se expresa como

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad \text{Ecuación 39}$$

Donde

Q_p = carga tomada en la punta del pilote

Q_s = carga tomada por la fricción superficial desarrollada en los lados del pilote (causada por la resistencia cortante entre el suelo y el pilote)

Si Q_s es muy pequeña,

$$Q_u \approx Q_p \quad \text{Ecuación 40}$$

En este caso, la longitud requerida de pilote se estima con mucha precisión si se dispone de los registros de exploración del subsuelo.

2.4.4.3.3.2. Pilotes de fricción

Cuando no se tiene una capa de roca o material duro a una profundidad razonable, los pilotes de carga de punta resultan muy largos y antieconómicos. Para este tipo de condición en el subsuelo, los pilotes se hincan en el material más blando a profundidades específicas. La

carga última de esos pilotes se expresa por la ecuación $Q_u = Q_p + Q_s$. Sin embargo, si el valor de Q_p es relativamente pequeño,

$$Q_u \approx Q_s \quad \text{Ecuación 41}$$

Éstos se denominan pilotes de fricción porque la mayor parte de la resistencia se deriva de la fricción superficial. Sin embargo, el término pilote de fricción no es muy apropiado, aunque se usa con frecuencia en la literatura técnica; en suelos arcillosos, la resistencia a la carga aplicada es también generada por adhesión.

La longitud de estos pilotes depende de la resistencia cortante del suelo, de la carga aplicada y del tamaño del pilote. Para determinar las longitudes necesarias, un ingeniero requiere de un buen entendimiento de la interacción suelo-pilote, de buen juicio y de experiencia.

2.4.4.3.3. Pilotes de compactación

Bajo ciertas circunstancias, los pilotes se hincan en suelos granulares para lograr una compactación apropiada del suelo cercano a la superficie del terreno, y se denominan pilotes de compactación. Su longitud depende de factores como (a) la compacidad relativa del suelo antes de la compactación, (b) la compacidad relativa deseada del suelo después de la compactación y (c) la profundidad requerida de compactación. Son generalmente cortos; sin embargo, algunas pruebas de campo son necesarias para determinar una longitud razonable.

El tipo de pilote que se va a usar en el siguiente proyecto será: Pilote perforado, hormigonado In Situ de H^oA^o, el tipo de suelo que se considerará será arena y dado que no se tiene un estudio de suelos más a detalle de todos los estratos inferiores al sitio de fundación se considerara el caso más desfavorable en el que el pilote solo resistirá por fricción. El cabezal sobre el cual estarán empotrados los pilotes se lo diseñara como cabezal rígido, que es el recomendado para edificaciones.

2.4.4.3.4. Resistencia por fricción en arena (Q_s)

La ecuación planteada para determinar Q_s es la siguiente:

$$Q_s = \sum p \Delta L f \quad \text{Ecuación 42}$$

La resistencia unitaria por fricción “f”, es difícil de estimar. Al calcular deben tenerse en cuenta varios factores importantes, como son:

- a) La naturaleza de la instalación del pilote.
- b) Se ha observado que la naturaleza de la variación de “f” en campo es aproximadamente como muestra la siguiente figura. La fricción unitaria superficial crece con la profundidad más o menos linealmente hasta una profundidad de L' y permanece luego constante. La magnitud de la profundidad crítica L' es de entre 15 y 20 diámetros del pilote. Una estimación conservadora sería

$$L' \approx 15D$$

Ecuación 43

- c) A profundidades similares, la fricción unitaria superficial en arena suelta es mayor para un pilote de alto desplazamiento que para un pilote de bajo desplazamiento.
- d) A profundidades similares, los pilotes perforados o hincados parcialmente con chorro de agua a gran presión, tendrán una fricción unitaria superficial menor que en el caso de pilotes hincados.

Considerando los factores anteriores, se da una relación aproximada para “f” como sigue:

Para $z = 0$ a L'

$$f = K\sigma'_v \tan \delta$$

Ecuación 44

y para $z = L'$ a L

$$f = f_{z=L'}$$

Ecuación 45

Donde

K = coeficiente efectivo de la tierra

σ'_v = esfuerzo vertical efectivo a la profundidad bajo consideración

δ = ángulo de fricción entre suelo y pilote

En realidad, la magnitud de K varía con la profundidad. Es aproximadamente igual al coeficiente, K_p , de presión pasiva de Rankine en la parte superior del pilote y menor que el

coeficiente, K_o , de la presión en reposo a una profundidad mayor. Con base en los resultados disponibles actualmente, los siguientes valores promedio de K son recomendados para usarse en la ecuación anterior:

Tipo de pilote	K
Perforado	$\approx K_o = 1 - \text{sen } \phi$
Hincado, de bajo desplazamiento	$\approx K_o = 1 - \text{sen } \phi$ a $1.4 K_o = 1.4 (1 - \text{sen } \phi)$
Hincado, de alto desplazamiento	$\approx K_o = 1 - \text{sen } \phi$ a $1.8 K_o = 1.8 (1 - \text{sen } \phi)$

Tabla 15. Valores de K según el tipo de pilote²⁵

Los valores de δ dados por varios investigadores parecen estar en el rango de 0.5ϕ a 0.80ϕ . Se requiere buen juicio al escoger el valor de S . Para pilotes hincados de gran desplazamiento, Bhusan (1982) recomendó:

$$K \tan \delta = 0.18 + 0.0065Cr \quad \text{Ecuación 46}$$

y

$$K = 0.5 + 0.008Cr \quad \text{Ecuación 47}$$

Donde

Cr = compacidad relativa (%)

2.4.4.3.5. Diseño estructural

2.4.4.3.5.1. Cálculos geotécnicos y estructurales²⁶

En el cálculo de cimentaciones se realizan dos tipos diferentes de cálculos:

- Cálculos geotécnicos o referentes al terreno, como las presiones que actúan sobre el mismo y sus asientos. Estos cálculos se suelen hacer para las solicitaciones de servicio (acciones características) y las comprobaciones se refieren a valores admisibles. La razón es que sólo para presiones relativamente pequeñas, en comparación con la presión de hundimiento, puede suponerse que el suelo se comporta linealmente, siendo entonces posible calcular la distribución de presiones en el mismo. Si el cálculo de esfuerzos se ha hecho

²⁵ 67 Principio de Ingeniería de cimentaciones – Braja M. Das – Pág. 592

²⁶ Hormigón Armado – Montoya, Meseguer, Moran – Pág. 491

partiendo de acciones mayoradas, será necesario desmayorar los esfuerzos que actúan sobre la cimentación. Esto no siempre es fácil o posible y exige a veces repetir el cálculo de esfuerzos partiendo de acciones sin mayorar.

Por otra parte, para la comprobación de presiones sobre la base de la cimentación se prescinde a veces del peso del suelo excavado (situado sobre dicha base hasta el nivel del terreno natural), ya que el suelo de la base estaba, antes de efectuar la excavación, en equilibrio con dicho peso.

- Cálculos estructurales o referentes a los elementos de cimentación de hormigón armado (zapatas, losas y pilotes). Estos cálculos se efectúan en el estado límite último y en ellos se utilizan las acciones (y esfuerzos transmitidos por la estructura) mayoradas.

En estos cálculos se prescinde del peso de los elementos de hormigón -pues al fraguar éste (estado inicial) el peso se transmite al suelo sin causar tensiones ni deformaciones y del peso del suelo o rellenos repartidos uniformemente sobre la base de la cimentación pues estos pesos se equilibran con reacciones iguales y opuestas del suelo y tampoco causan esfuerzos en la cimentación.

2.4.4.3.5.2. Cálculo y armado de encepados²⁷

2.4.4.3.5.2.1. Criterios generales de diseño

La forma y dimensiones en planta de los encepados dependen del número de los pilotes, de las dimensiones de éstos y de su separación. La separación mínima entre ejes de pilotes debe ser de dos veces el diámetro de los mismos (1,75 veces la diagonal si son de sección cuadrada) y no menor de 75 cm. Esta separación debe mantenerse a lo largo de todo el pilote lo cual debe tenerse en cuenta en especial si existen pilotes inclinados; en cualquier caso para evitar problemas de alineación, conviene que la separación no sea inferior a 1/15 de la longitud de los pilotes. A veces, si no se consigue que la resultante de las cargas pase por el gravedad del pilotaje, conviene aumentar la separación de los pilotes para disminuir las cargas en los mismos debida al momento producido por la excentricidad.

²⁷ Hormigón Armado – Montoya, Meseguer, Moran – Pág. 531

El canto del encepado se fija, generalmente, por consideraciones económicas de modo que no necesite armadura de cortante. Como canto útil recomendado que permite evitar en la mayoría de los casos la comprobación de cortante puede adoptarse el proporcionado por la expresión:

$$d = \frac{N_d}{500b} - 0,14 \leq 0,34$$

Ecuación 48

Válida para el caso más frecuente de encepados de dos a seis pilotes situados simétricamente alrededor de un soporte cuadrado, y en la que:

N_d = esfuerzo axial transmitido por el soporte en KN

b = ancho del encepado en m (ancho de la sección en la que se comprobará el cortante)

d = canto útil recomendado para el encepado en metros

En la siguiente figura se indican algunas limitaciones para el diseño de los encepados.

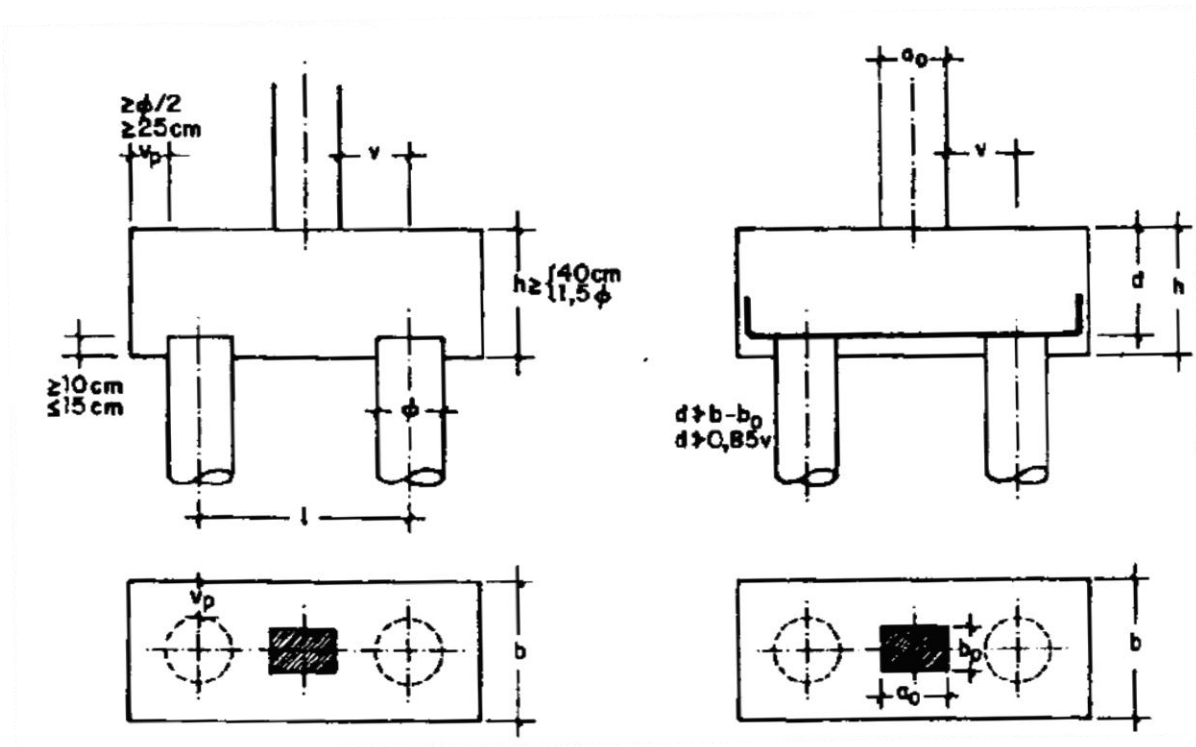


Figura 7. Dimensiones recomendadas en encepados²⁸

²⁸Hormigón Armado – Montoya, Meseguer, Moran – Pág. 532

2.4.4.3.5.2.2. Encepados rígidos sobre dos pilotes

De acuerdo con la Instrucción española, en los encepados rígidos sobre dos pilotes puede aplicarse el modelo de bielas y tirantes de la fig.10.

a) Armadura Principal: La armadura principal inferior se dimensiona para resistir la tracción de cálculo T_d (fig. 9), que viene dada por la expresión:

$$T_d = \frac{N_d \cdot (v + 0'25 \cdot a)}{(0'85 \cdot D)} = A_s \cdot f_{yd}$$

Ecuación 49

Donde:

$$f_{yd} > 400 \text{ N/mm}^2$$

N_d = El axil de cálculo del pilote más cargado.

D = El canto útil del pilote más cargado.

La armadura principal así calculada se colocará sin reducir su sección en toda la longitud del encepado y se anclará por prolongación recta, en ángulo recto o mediante barras transversales soldadas, a partir de planos verticales que pasen por el eje de cada pilote (fig. 11). El efecto beneficioso en el anclaje de la compresión vertical del pilote permite reducir en un 20 por 100 su longitud de anclaje.

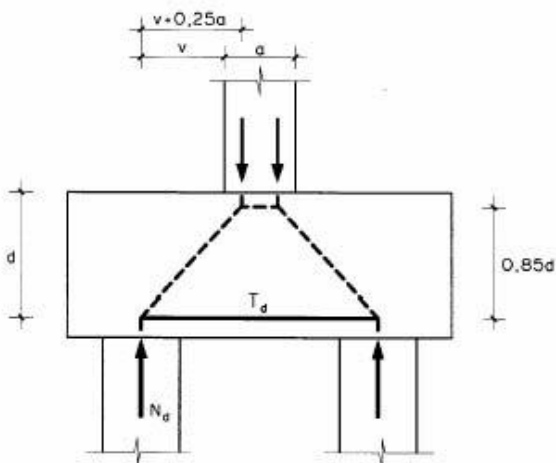


Figura 8. Modelo de bielas y tirantes para el cálculo de pilotes²⁹

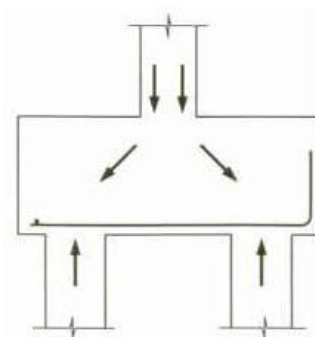


Figura 9. Formas de anclaje de la armadura principal³⁰

²⁹Fuente: Comisión Permanente del Hormigón (CPH) España1999

³⁰Fuente: Comisión Permanente del Hormigón (CPH) España1999

Armadura secundaria: La armadura secundaria consistirá en:

- a) Una armadura longitudinal dispuesta en la cara superior del encepado y extendida a toda a longitud del mismo cuya capacidad mecánica no debe ser inferior al 10% de la de la principal
- b) Una armadura horizontal y vertical dispuesta en retícula en las caras laterales. La vertical consistirá en cercos cerrados que aten a la armadura longitudinal inferior y superior. La horizontal consistirá en cercos cerrados que aten a la armadura vertical antes descrita (fig. 12). La cuantía geométrica de estas armaduras, referida al área de la sección de hormigón perpendicular a su dirección, debe ser como mínimo de 0,004. Si el ancho supera a la mitad del canto, la sección de referencia debe tomarse con un ancho igual a la mitad del canto.

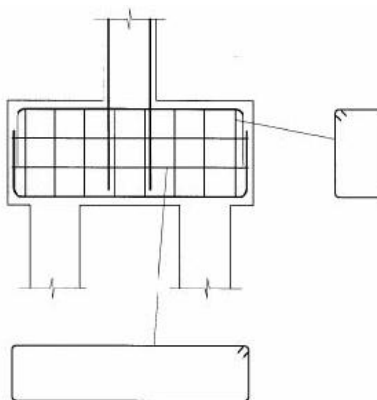


Figura 10. Disposición de la armadura secundaria³¹

Si la concentración de armaduras es elevada, conviene aproximar más, en la zona de anclaje de la armadura principal, los cercos verticales para garantizar el zunchado de la armadura principal en dicha zona de anclaje (fig. 13).

³¹Fuente: Comisión Permanente del Hormigón (CPH) España 1999

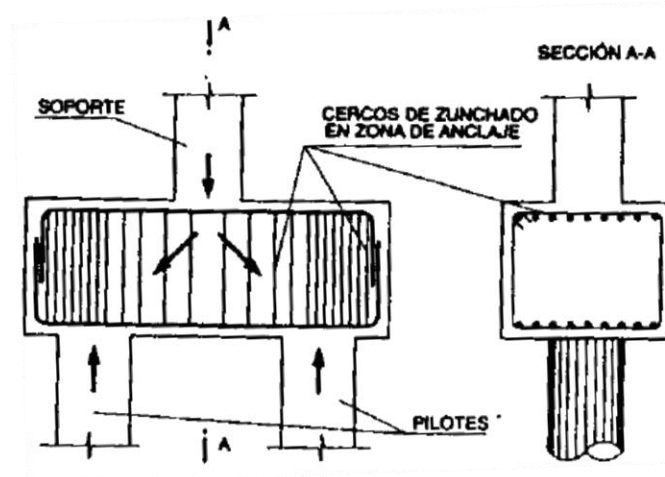


Figura 11. Zunchado en zonas de anclaje³²

2.4.4.3.5.2.3. Encepados rígidos sobre varios pilotes

Armadura principal: En el caso de encepados sobre tres pilotes colocado según los vértices de un triángulo equilátero, con el pilar situado en el centro del triángulo, la armadura principal entre cada pareja de pilotes puede obtenerse a partir de la tracción T_d dada por la expresión:

$$T_d = \frac{0'68 \cdot (0'85 \cdot l + 0'25 \cdot a) \cdot N_d}{D} = A_s \cdot f_{yd} \quad \text{Ecuación 50}$$

Con $f_{yd} > 400 \text{ N/mm}^2$ y N_d es el axil de cálculo del pilote más cargado y “ d ” el canto útil del encepado (fig. 14).

En el caso de encepados sobre cuatro pilotes colocado según los vértices de un cuadrado o rectángulo, con el pilar situado en el centro, la armadura principal entre cada pareja de pilotes puede obtenerse a partir de las expresiones:

$$T_{1d} = \frac{(0'5 \cdot l_1 + 0'25 \cdot a_1) \cdot N_d}{0'85 \cdot D} = A_s \cdot f_{yd} \quad \text{Ecuación 51}$$

$$T_{2d} = \frac{(0'5 \cdot l_2 + 0'25 \cdot a_2) \cdot N_d}{0'85 \cdot D} = A_s \cdot f_{yd} \quad \text{Ecuación 52}$$

Con $f_{yd} > 400 \text{ N/mm}^2$ y donde N_d es el axil de cálculo del pilote más cargado y “ d ” el canto útil del encepado (fig. 15).

³²Fuente: Comisión Permanente del Hormigón (CPH) España 1999

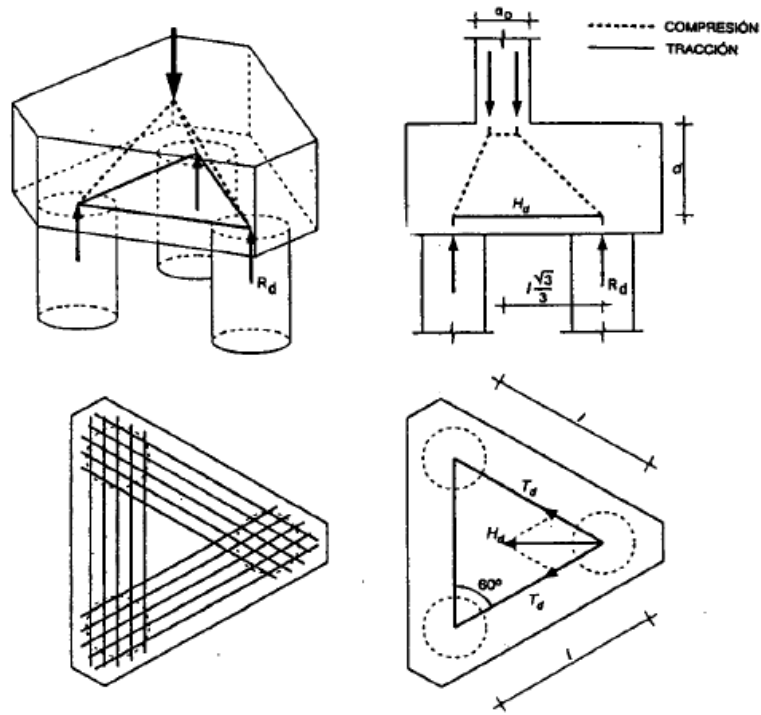


Figura 12. Encepado sobre tres pilotes³³

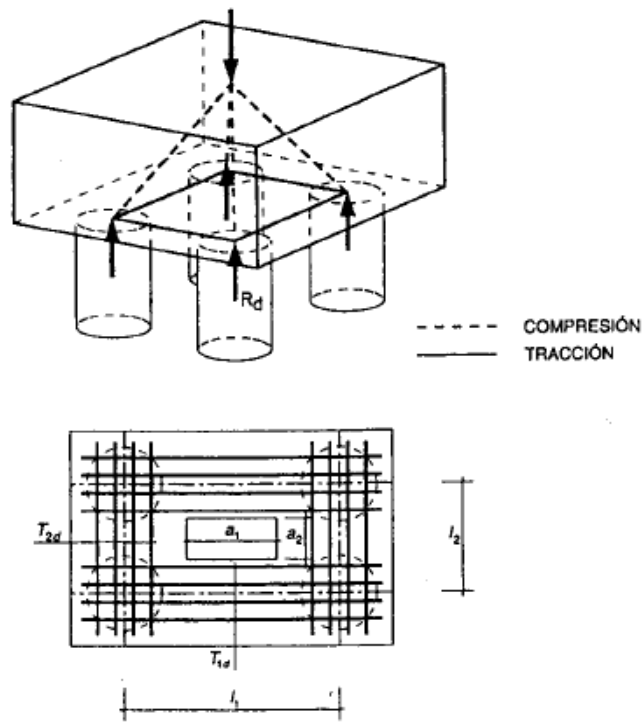


Figura 13. Encepado sobre cuatro pilotes³⁴

³³Fuente: Comisión Permanente del Hormigón (CPH) España1999

³⁴Fuente: Comisión Permanente del Hormigón (CPH) España1999

La armadura principal debe disponerse en banda sobre los pilotes (fig.16). Se define como banda o faja una zona cuyo eje es la línea que une los centros de los pilotes y cuyo ancho es igual al diámetro del pilote más dos veces la distancia entre la cara superior del pilote y el centro de gravedad de la armadura del tirante (fig. 17). la armadura principal debe anclarse a partir de un plano vertical que pase por el eje de cada pilote.

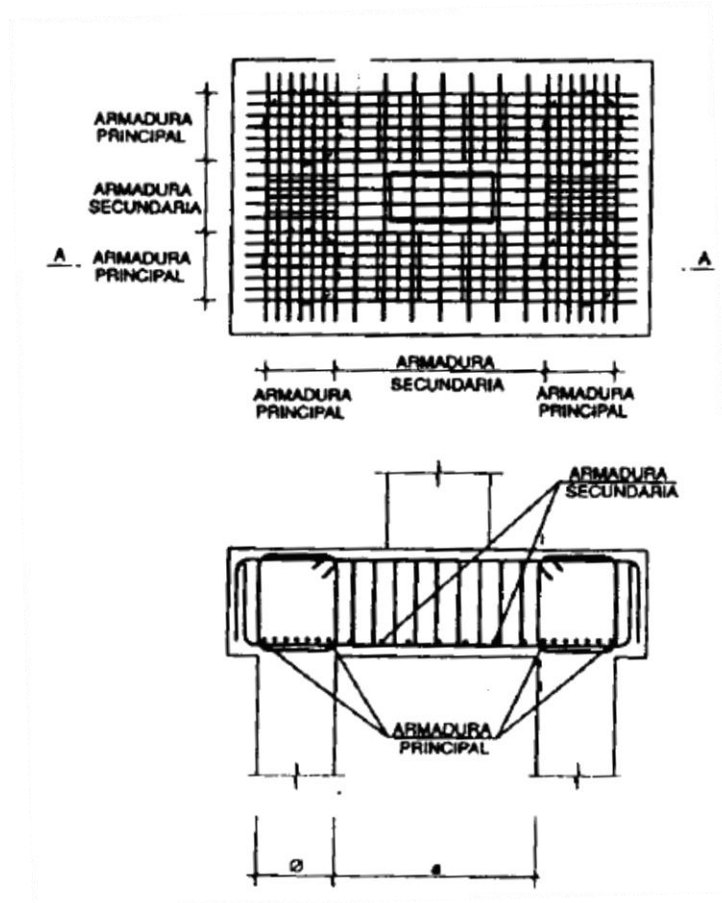


Figura 14. Disposición de armaduras en encepados rígidos sobre varios pilotes³⁵

Armadura secundaria: Se dispondrá además una armadura secundaria horizontal en retícula, cuya capacidad mecánica en cada sentido no será menor $\frac{1}{4}$ de la capacidad mecánica de la armadura colocada en las bandas o fajas, y una armadura secundaria vertical formada por cercos atando la armadura principal de las bandas (fig.16).

³⁵Fuente: Comisión Permanente del Hormigón (CPH) España1999

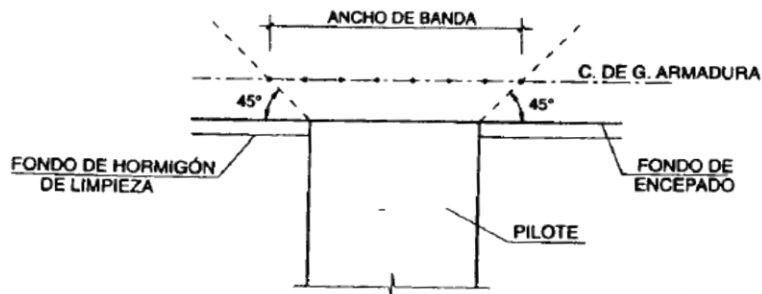


Figura 15. Disposición del ancho de banda³⁶

2.4.4.3.5.2.4. Caso en que existen momentos en la base del pilar

La existencia de momentos en la base del pilar modifica las cargas sobre los pilotes. Llamando N^d , M^x_d , M^y_d al esfuerzo axial y a los momentos de cálculo actuantes sobre el encepado, la distribución de los esfuerzos en los pilotes se basa en las hipótesis siguientes:

- Se supone que el encepado es infinitamente rígido
- Se supone los pilotes articulados en su unión al encepado, por lo que no se consideran momentos transmitidos a los pilotes.
- Las deformaciones de los pilotes son elásticas y siguen una ley plana.
- Los pilotes son de la misma sección y longitud.

De acuerdo con ello, resulta aplicable la fórmula de Navier generalizada

$$N_d = \frac{N^d}{n} + \frac{M^x}{\sum(x_i^2)} + \frac{M^y}{\sum(y_i^2)} \quad \text{Ecuación 53}$$

Donde:

N_d = Esfuerzo axial de cálculo actuante sobre el pilote cuyo centro en planta tiene coordenadas x_i , y_i .

N^d = Esfuerzo axial de cálculo del pilar. (Si el encepado no se hormigona sobre el terreno incluye el peso de este).

M^x = Momento flector en pie del pilar con eje OX. Se considera positivo cuando produce compresiones en los pilotes con $y_i > 0$

³⁶Fuente: Comisión Permanente del Hormigón (CPH) España1999

M_y = Momento flector en pie del pilar con eje OY. Se considera positivo cuando produce compresiones en los pilotes con $x_i > 0$

x_i, y_i = Coordenadas del centro de la sección en planta de cada pilote.

2.4.4.3.5.2.5. El armado en pilotes

La armadura longitudinal que se utiliza para pilotes corresponde a cuantías mínimas geométricas.

a) Según la normativa europea UNE-EN 1536

En esta normativa se dan los siguientes valores (tabla 16):

Área de la sección transversal del pilote: A_c	Cuantía geométrica mínima de la armadura longitudinal: A_s
$A_c \leq 0,5 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,5 \% A_c$
$0,5 \text{ m}^2 < A_c \leq 1 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,0025 \text{ m}^2$
$A_c > 1 \text{ m}^2$	$A_s \geq 0,25 \% A_c$

Tabla 16 Cuantía mínima según UNE-EN-1536

- La armadura longitudinal no será de diámetro inferior a 12 mm.
- El número de barras será mayor a 4.
- La separación longitudinal no debe ser mayor que 40cm

b) Según la norma EHE

- El número de barras para pilotes será mayor o igual a 6 (según la EHE ≥ 6).
- La separación longitudinal no debe ser superior a 20 cm.
- Los estribos deben ser de diámetro no inferior a $\frac{1}{4}$ de la armadura longitudinal y su separación no superior a 15 veces el diámetro de dicha armadura.

2.4.5. Diseño de escaleras

2.4.5.1. Trazado de la Escalera

El trazado de una escalera, una vez elegido el tipo, ha de basarse en las dimensiones de la huella “h” y de la contrahuella “c”. Por razones de seguridad para los usuarios todos los

peldaños deben ser iguales y para evitar un cansancio excesivo, las dimensiones de “c” y “h” han de cumplir determinadas condiciones, siendo las más frecuentes:

$$\text{(Blondel)} \quad h + 2c = k \quad \left\{ \begin{array}{l} k = 59\text{cm} \rightarrow (\text{edificios de viviendas}) \\ k = 66\text{cm} \rightarrow (\text{edificios públicos}) \end{array} \right. \quad \text{Ecuación 54}$$

$$\text{(Tournus)} \quad h + 2c = 63\text{cm} \quad \text{Ecuación 55}$$

$$h - c = 12\text{cm}$$

$$\text{(Neufert)} \quad 2c + h = 61 \text{ a } 64 \text{ cm} \quad \text{Ecuación 56}$$

$$h - c = 12 \text{ cm}$$

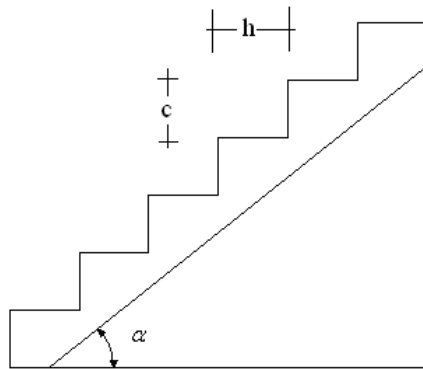


Figura 16. Esquema de una escalera de H°A°

2.4.5.2. Esfuerzo en los Tiros

Se considera el caso de una escalera formada por un solo tiro, con los extremos articulados. Llamando α al ángulo del tiro con la horizontal y “g” al peso lineal de escalera de proyección horizontal de tiro, la carga “g” se descompone en una normal al tiro, de valor $g \cos(\alpha)$ y otra paralela, de valor $g \sin(\alpha)$. La carga normal al tiro:

$$g' = \frac{g \cos \alpha}{1 / \cos \alpha} = g \cos^2 \alpha \quad \text{Ecuación 57}$$

El momento flector de cargas permanente vale por tanto.

$$M_D = \frac{1}{8} g' (L')^2 = \frac{1}{8} g \cos^2 \alpha \left(\frac{L}{\cos \alpha} \right)^2 = \frac{1}{8} g L^2 \quad \text{Ecuación 58}$$

Donde, como se ha dicho “g” es la carga permanente por ml, de proyección horizontal. Siendo “q” la sobrecarga por ml. el momento total, resulta:

$$M_T = \frac{1}{8}(g + q)L^2$$

Ecuación 59

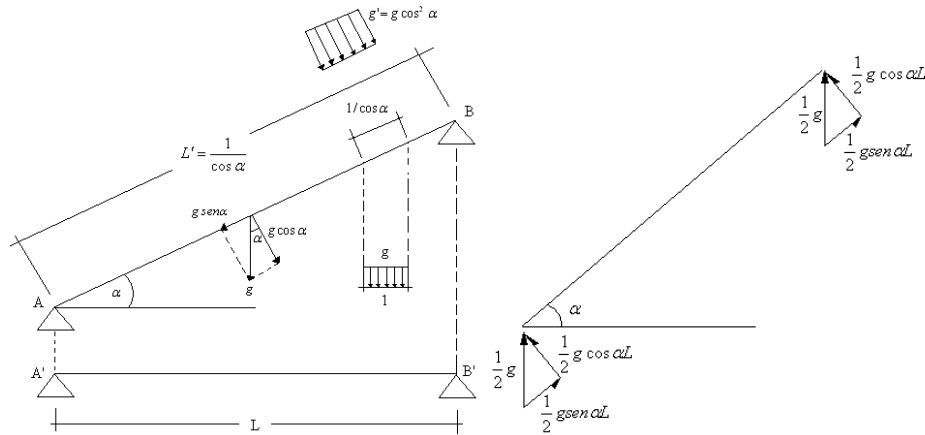


Figura 17. Diagrama de Fuerzas en el tiro y reacciones en los apoyos

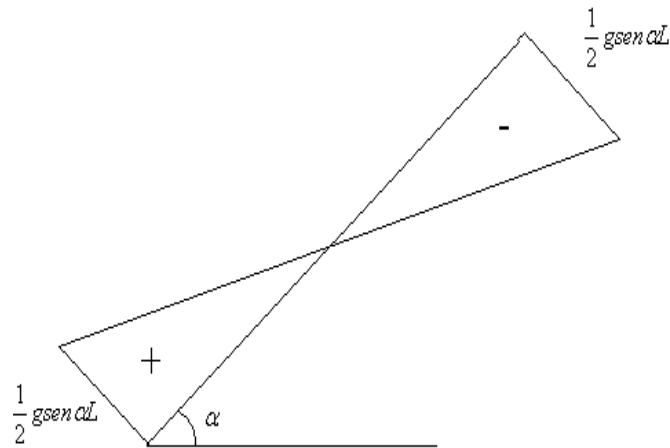


Figura 18. Diagrama de Fuerzas Normales

Los esfuerzos cortantes en A y B resultan:

$$V_A = V_B = \frac{1}{2}g \cos^2 \alpha L' = \frac{1}{2}g \cos \alpha L \quad \text{Ecuación 60}$$

Las reacciones paralelas al plano del tiro son $\frac{1}{2}g \sin \alpha L$, en el apoyo inferior y el mismo valor en el superior. Esto conduce a que la mitad superior del tiro esté en tracción y la mitad inferior en compresión, ambas linealmente variables. Estos esfuerzos introducen tracciones que son despreciables en la mayoría de los casos.

CAPITULO III

INGENIERÍA DEL

PROYECTO

3.1. Análisis del levantamiento topográfico

Como se puede observar en el plano de levantamiento topográfico (Anexo PLANOS) la Unidad Educativa Colonia Linares cuenta con una superficie bastante amplia actualmente, en su parte posterior también cuenta con otro proyecto como es el Internado Campesino, en los lados de la unidad educativa son viviendas particulares pertenecientes a la familia Flores en el lado Este y a la familia Valdez en el lado opuesto y al frente se puede observar en el plano la plaza principal de Colonia Linares.

La unidad educativa se encuentra a una elevación de 387 m.s.n.m y tal como se puede apreciar en el plano topográfico las variaciones de nivel en el sitio de emplazamiento de la obra no son de consideración.

3.2. Análisis del diseño arquitectónico

Los planos de la Unidad Educativa Colonia Linares fueron realizados por la Sub-gobernación del Municipio de Bermejo y dicha aprobación fue consensuada por las personas beneficiarias de dicha obra. (Anexo 3)

La superficie a construir será de:

Bloque A = 286.056 m²

Bloque B = 278.595 m²

Superficie Total = 564.651 m²

La unidad educativa constará de tres niveles; planta baja, primer piso y segundo piso. Las superficies de cada nivel son variables. Las alturas de cada nivel serán de 3.40 m.

La planta baja estará conformado por:

- **Bloque A:** Conformada por dos aulas para estudiantes, sala de máquinas, baños, áreas de recreación y graderías
- **Bloque B:** Conformada por una oficina del director, recepción, sala de archivos, sala de profesores, mini cocina, baño para profesores, área de recreación y zona para kioscos

El primer piso estará conformado por:

- **Bloque A:** Conformada por dos aulas para estudiantes, sala de máquinas, baños, áreas de recreación y graderías.
- **Bloque B:** Conformada por tres aulas y un área recreativa de aprendizaje.

El segundo piso estará conformado por:

- **Bloque A:** Conformada por un salón de música, departamento de instrumentación, laboratorio de física y química, baños, sala de máquinas y graderías
- **Bloque B:** Conformada por tres aulas y un hall de distribución.

3.3. Análisis del estudio de suelos

Los estudios de suelos realizados en la zona de emplazamiento de la obra fueron:

Clasificación de suelos, realizado por el método S.U.C.S. mediante el cual obtuvimos un suelo de clasificación “Limo Arenoso Inorgánico (ML)” el método de clasificación puede apreciarse en la figura 3.

Al tratarse de un suelo con gran cantidad de suelo no cohesivo en la realización del ensayo de límites líquido y plástico no se pudieron obtener valores.

El ensayo de clasificación de suelos puede apreciarse en el Anexo 3, así mismo también se puede apreciar el ensayo SPT realizado por un laboratorio especializado en un lugar cercano al sitio de emplazamiento.

Este tipo de suelo es común encontrar en Colonia Linares ya que por esa zona anteriormente era como una playa, las riadas que se generaban anteriormente por el río Tarija dejaban sus arenas en esa zona.

Los resultados obtenidos dieron como resistencia admisible del terreno de *Pozo 1* = **0.17 Kg/cm²** a una profundidad de 2.20 m y *el Pozo 2* = **0.33 Kg/cm²** a una profundidad de 1.85m.

3.4. Análisis, cálculo y diseño estructural (análisis de cargas – resultados)

3.4.1. Análisis de cargas

PESO MURO CERÁMICO (20 cm)		
Espesor de Muro	E=	20,00 cm
Dimensiones de Ladrillo		
Ancho	a =	18,00 cm
Alto	h =	11,00 cm
Largo	l =	25,00 cm
Dimensiones de mortero		
Sep. Horizontal	sh=	2,00 cm
Sep. Vertical	sv=	1,00 cm
Dimensiones de Revoques		
Revoque grueso 2 caras	erg=	2,00 cm
Revoque Fino 2 caras	erf=	0,70 cm
Cantidad de ladrillos por metro cuadrado		
filas	f=	8,333
columnas	c=	3,704
Lad/m ²		30,86
Cantidad de mortero por metro cuadrado		
Área ladrillos	al=	0,85 m ²
Área Mortero	am=	0,15 m ²
Volumen ladrillo	Vl=	0,15 m ³
Volumen Mortero	Vm=	0,03 m ³
Volumen Rev. grueso	Vrg=	0,02 m ³
Volumen Rev. Fino	Vrf=	0,01 m ³
Calculo de Pesos		
P. Especif. Ladrillo	g _{lad} =	900,00 Kg/m ³
P. Especif. Mortero	g _{lad} =	2200,00 Kg/m ³
P. Especif. Rev. Grueso	g _{rg} =	2200,00 Kg/m ³

P. Especif. Rev. Fino	$g_{rf} =$	1200,00 Kg/m ³
Peso Ladrillo	$PL =$	137,50 Kg/m
Peso Mortero	$PM =$	59,89 Kg/m
Peso Rev. grueso	$Prg =$	44,00 Kg/m
Peso Rev. Fino	$Prf =$	8,40 Kg/m
Peso Total	$PT =$	249,79 Kg/m
Altura de Muro	$H =$	3,47 m
Peso de Muro por metro lineal	$P =$	866,77 Kg/m

PESO MURO CERÁMICO (15 cm)		
Espesor de Muro	$E =$	15,00 cm
Dimensiones de Ladrillo		
Ancho	$a =$	11,00 cm
Alto	$h =$	18,00 cm
Largo	$l =$	25,00 cm
Dimensiones de mortero		
Sep. Horizontal	$sh =$	2,00 cm
Sep. Vertical	$sv =$	1,00 cm
Dimensiones de Revoques		
Revoque grueso 2 caras	$erg =$	2,00 cm
Revoque Fino 2 caras	$erf =$	0,70 cm
Cantidad de ladrillos por metro cuadrado		
filas	$f =$	5,263
columnas	$c =$	3,704
Lad/m ²		19,49
Cantidad de mortero por metro cuadrado		
Área ladrillos	$al =$	0,88 m ²
Área Mortero	$am =$	0,12 m ²
Volumen ladrillo	$VI =$	0,10 m ³
Volumen Mortero	$Vm =$	0,01 m ³
Volumen Rev. grueso	$Vrg =$	0,02 m ³
Volumen Rev. Fino	$Vrf =$	0,01 m ³

Calculo de Pesos			
P. Especific. Ladrillo	$g_{lad} =$		900,00 Kg/m ³
P. Especific. Mortero	$g_{lad} =$		2200,00 Kg/m ³
P. Especific. Rev. Grueso	$g_{rg} =$		2200,00 Kg/m ³
P. Especific. Rev. Fino	$g_{rf} =$		1200,00 Kg/m ³
Peso Ladrillo	PL =		86,84 Kg/m
Peso Mortero	PM =		29,72 Kg/m
Peso Rev. grueso	Prg =		44,00 Kg/m
Peso Rev. Fino	Prf =		8,40 Kg/m
Peso Total	PT =		168,96 Kg/m
Altura de Muro	H =		3,47 m
Peso de Muro por metro lineal	P =		586,30 Kg/m

PESO PISOS + CIELO RASO			
Espesor de Cielo raso	E =		2,00 cm
Espesor de Mortero de nivelación	E =		3,50 cm
Espesor de pegamento cerámico	E =		0,50 cm
Espesor de cerámico	E =		0,50 cm
P. Especific. Cerámica	$g_{lad} =$		900,00 Kg/m ³
P. Especific. Mortero	$g_{lad} =$		2200,00 Kg/m ³
P. Especific. Yeso	$g_{rg} =$		1200,00 Kg/m ³
P. Especific. Pegamento	$g_{rf} =$		2200,00 Kg/m ³
Peso Cerámica	PL =		4,50 Kg/m ²
Peso Mortero de Niv.	PM =		77,00 Kg/m ²
Peso Pegamento	Prg =		11,00 Kg/m ²
Peso Cielo raso	Prf =		24,00 Kg/m ²
Peso Total	PT =		116,50 Kg/m²

PLACAS			
Espesor de Dry Wall	E =		5,00 cm
Espesor de Revoque	E =		0,00 cm
Espesor de Revoque Fino	E =		0,00 cm

P. Especific. Dry Wall	$g_{lad} =$	1200,00 Kg/m ³
P. Especific. Revoque	$g_{lad} =$	2200,00 Kg/m ³
P. Especific. Rev. fino	$g_{lad} =$	1200,00 Kg/m ³
Peso Muro de H°	PL =	60,00 Kg/m ²
Peso Revoque	PM =	0,00 Kg/m ²
Peso Revoque Fino	Prg =	0,00 Kg/m ²
Peso Total	PT =	60,00 Kg/m²
Altura de Muro	H =	3,00 m
Peso de Muro por metro lineal	P =	180,00 Kg/m

MURO DE VIDRIO		
Espesor de vidrio	E =	1,00 cm
Peso Estr. Portante	E =	10,00 Kg/m ²
P. Especific. Vidrio	$g_{lad} =$	3000,00 Kg/m ³
Peso Muro de Vidrio	PL =	30,00 Kg/m ²
Peso Total	PT =	30,00 Kg/m²
Altura de Muro	H =	5,00 m
Peso de Muro por metro lineal	P =	150,00 Kg/m

Para cargas accidentales o sobrecargas de uso la tabla 7 de este proyecto

3.4.2. Comprobación de viguetas

De la tabla 8 se puede observar los momentos admisibles por vigueta

EJE ENTRE VIGUETAS (A) cm	TIPO DE EPS	ESPEORES			PESO PROPIO kg/m ²	COMPONENTES DE LA LOSA		VOLUMEN HORMIGÓN m ³ /m ²	TIPOS DE VIGUETAS SEGÚN PRODUCCIÓN ESTÁNDAR MOMENTOS ADMISIBLES							
		H cm	E cm	D cm		VIGUETA ml/m ²	EPS piezas/m ²		Tipo 1 kgm/m	Tipo 2 kgm/m	Tipo 3 kgm/m	Tipo 4 kgm/m	Tipo 5 kgm/m	Tipo 6 kgm/m	Tipo 7 kgm/m	Tipo 8 kgm/m
50	10/100/44	10	5	15	164	200	200	0.056	473	645	668	778	930	1,268	1,486	1,623
60	10/100/54	10	5	15	157	167	167	0.055	395	538	574	658	776	1,058	1,241	1,356
50	12/100/44	12	5	17	179	200	200	0.062	557	755	803	925	1,088	1,477	1,736	1,894

60	12/100/54	12	5	17	169	167	167	0.060	464	629	670	772	908	1,232	1,450	1,582
50	15/100/44	15	5	20	190	200	200	0.066	682	918	976	1,131	1,326	1,790	2,112	2,302
60	15/100 /54	15	5	20	178	167	167	0.064	569	766	814	943	1,106	1,494	1,763	1,921
50	17/100 /44	17	5	22	205	200	200	0.073	766	1,028	1,092	1,267	1,484	1,999	2,363	2,573
60	17/ 100 /54	17	5	22	191	167	167	0.069	638	857	911	1,057	1,238	1,668	1,972	2,148
50	20/100 144	20	5	25	232	200	200	0.084	891	1,191	1,265	1,473	1,721	2,313	2,739	2,981
60	20/100/54	20	5	25	214	167	167	0.078	743	993	1,055	1,228	1,435	1,929	2,285	2,487
50	22 /100 /44	22	5	27	254	200	200	0.093	974	1,301	1,381	1,610	1,879	2,522	2,990	3,252
60	22/100/54	22	5	27	234	167	167	0.086	812	1,084	1,151	1,342	1,567	2,103	2,494	2,714
50	25/100/44	25	5	30	265	200	200	0.098	1,100	1,465	1,554	1,815	2,117	2,835	3,366	3,660
60	25/100 /54	25	5	30	242	167	167	0.090	917	1,221	1,296	1,513	1,765	2,365	2,808	3,053

Como las viguetas pretensadas ya vienen con la máxima capacidad de momento admisible que pueden soportar, a continuación solo se hace una comprobación de que la vigueta empleada cumple con las cargas planteadas.

Datos directos e indirectos:

Resistencia del concreto de la vigueta = $f'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$

Resistencia del concreto de la losa = $f'cl = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Días transcurridos después de la transferencia = 7 días

Resistencia del concreto de la vigueta después de la transferencia = $f'ci = 280 \text{ Kg/cm}^2$

Separación entre viguetas = $S = 50 \text{ cm}$

Cargas a resistir

$CM = 110 \text{ Kg/m}^2$ $CM' = 110 * 0.5 = 55 \text{ Kg/m}$

$CV = 400 \text{ Kg/m}^2$ $CV' = 400 * 0.5 = 200 \text{ Kg/m}$

Luz de vigueta (Max) = $L = 550 \text{ cm}$

Propiedades de la sección de la vigueta:

Área de la vigueta = $Av = 81.16 \text{ cm}^2$

Eje centroidal = $Yc = 4.835 \text{ cm}$

Inercia = $Iv = 893.8 \text{ cm}^4$

Distancia fibra superior = $c1 = 6.165 \text{ cm}$

Distancia fibra inferior = $c2 = 4.835 \text{ cm}$

Condiciones del acero de presfuerzo:

Recubrimiento inferior = $r = 1.9 \text{ cm}$

Diámetro del acero = $\emptyset = 5 \text{ mm}$

Área del acero inferior = $A_s = 0.589 \text{ cm}^2$

Resistencia del acero = $f_{pu} = 18000 \text{ Kg/cm}^2$

Excentricidad = $e = c_2 - r - \emptyset/2 = 2.735 \text{ cm}$

Propiedades de la sección compuesta:

Peralte total de la losa = $H = 25 \text{ cm}$

Espesor de la capa de compresión = $h_f = 5 \text{ cm}$

Ancho efectivo b:

$b_w + 16 \cdot h_f = 7 + 80 = 87 \text{ cm}$

$L/4 = 500/4 = 125 \text{ cm}$

Separación de viguetas = 50 cm (rige por ser el menor)

Ancho efectivo modificado btr:

$$b_{tr} = b * \sqrt{\frac{f'cl}{f'c}} = 50 * \sqrt{\frac{210}{350}} = 38.72 \text{ cm}$$

Área de la losa:

$A_1 = b_{tr} \cdot h_f = 193.6 \text{ cm}^2$

Inercia de la losa:

$$I_1 = b_{tr} * \frac{h_f^3}{12} = 38.72 * \frac{5^3}{12} = 403.33 \text{ cm}^4$$

Eje centroidal de la sección compuesta:

$Y_{cc} = (A_v \cdot Y_c + A_1 \cdot Y_1) / (A_v + A_1) = (81.16 \cdot 4.835 + 193.6 \cdot 17.5) / (81.16 + 193.6)$

$Y_{cc} = 13.76 \text{ cm}$

Inercia de la sección compuesta:

$$I_c = I_v + I_1 + A_v (Y_{cc} - Y_c)^2 + A_1 (Y_{cc} - Y_1)^2$$

$$I_c = 893.8 + 403.33 + 81.16 (13.76 - 4.835)^2 + 193.6 (13.76 - 17.5)^2$$

$$I_c = 4060.07 \text{ cm}^4$$

Excentricidad con respecto a la sección compuesta:

$$e_c = Y_{cc} - (Y_c - e) = 13.76 - (4.835 - 2.73) = 11.655 \text{ cm}$$

Calculo de la fuerza de presfuerzo en $t = 0$

Fibra superior

$$\frac{-M_o * C_1}{I_o} + \frac{P_o * e * C_1}{I_o} - \frac{P_o}{A_v} \leq 0.8 * \sqrt{f'c_i}$$

$$P_o \leq \frac{0.8 * \sqrt{f'c_i} + \frac{M_o * C_1}{I_o}}{\left(\frac{e * C_1}{I_o} - \frac{1}{A_v}\right)}$$

$$P_o \leq 7309.258 \text{ Kg}$$

Fibra inferior

$$\frac{M_o * C_2}{I_o} - \frac{P_o * e * C_2}{I_o} - \frac{P_o}{A_v} \geq -0.6 * f'c_i$$

$$P_o \leq \frac{-0.6 * f'c_i - \frac{M_o * C_2}{I_o}}{\left(-\frac{e * C_2}{I_o} - \frac{1}{A_v}\right)}$$

$$P_o \leq 7409.89 \text{ Kg}$$

El M_o es el momento de peso propio solo de la vigueta

Se elige la fuerza de pretensado de 7309.258 Kg por ser el menor.

$$0.74 * f_{pu} = \frac{P_o}{A_s}$$

$$A_s = \frac{P_o}{0.74 * f_{pu}} = \frac{7309.258}{0.74 * 18000} = 0.549 \text{ cm}^2$$

$A_s \text{ necesario} < A_s \text{ real}$

$$0.549 \text{ cm}^2 < 0.589 \text{ cm}^2 \quad \text{CUMPLE !!}$$

Calculo de la carga máxima que puede soportar la vigueta:

Esfuerzo en $t = \infty$

El M_t es el $M_o + M_e$ (momento de cargas externas sean muertas y vivas)

$$M_t = M_o + q_e * l^2 / 8$$

Fibra superior

$$\frac{-M_t * C_1}{I_c} + \frac{\eta * P_o * e_c * C_1}{I_c} - \frac{\eta * P_o}{A_c} \geq -0.45 * f'_c$$

$$q_e = 4.82 \text{ Kg/cm} = 482 \text{ Kg/m}$$

Fibra inferior

$$\frac{M_t * C_2}{I_c} - \frac{\eta * P_o * e_c * C_2}{I_c} - \frac{\eta * P_o}{A_c} \leq 1.6 * \sqrt{f'_c}$$

$$q_e = 2.76 \text{ Kg/cm} = 276 \text{ Kg/m}$$

Se elige la carga de 276 Kg/m por ser el menor.

$q_e \text{ máxima} > q_e \text{ real}$

$$276 \text{ Kg/m} > 255 \text{ Kg/m} \quad \text{CUMPLE !!}$$

Lo que significa que la vigueta pretensada elegida para la carga más desfavorable cumple a la perfección.

3.4.3. Análisis, cálculo y diseño estructural de vigas de H°A°

A continuación se muestra un resumen de las dimensiones de la viga como su armadura, un ejemplo del procedimiento de cálculo que se utilizó y las longitudes de armadura se encuentran más a detalle en el Anexo 2.1.

DETALLE DE VIGAS PLANTA BAJA

Pórtico N°	Tramo	REF.	LUZ L [m]	TIPO	SECCIÓN BxH [cm²]		d [cm]	FLECHA		Armado Sup. izq.	Armado Sup. der.	Armado mont	Armado Inf.	Refuerzo Inf.	Estribos		
								Y [cm]	L/a								
1	1	C26-C27	2.75	R	20	x	30	28	0.012	L/ 23067	1 Ø 12	1 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 12			9 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	2	C27-C28	5.65	R	20	x	30	28	0.374	L/ 1509	1 Ø 12	1 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 12	1 Ø 10	18 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
	3	C28-C29	5.65	R	20	x	30	28	0.379	L/ 1489	1 Ø 12	1 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 12	1 Ø 10	18 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
2	1	C1-C2	6.60	R	20	x	30	28	0.258	L/ 2558	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 10	2 Ø 12			22 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	2	C2-C3	4.75	R	20	x	30	28	0.016	L/ 29310	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 10	2 Ø 12			15 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	3	C3-C4	5.60	R	20	x	30	28	0.559	L/ 1001	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 10	2 Ø 12	1 Ø 12	18 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
	4	C4-C5	5.45	R	20	x	30	28	0.321	L/ 1699	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 10	2 Ø 12			18 x1e Ø 6 e/ 30 cm
3	1	C30-C31	3.12	R	20	x	30	28	0.032	L/ 9682	2 Ø 10	1 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12			10 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	2	C31-C32	2.75	R	20	x	30	28	0.001	L/ 314311	1 Ø 10		2 Ø 10	2 Ø 12			9 x1e Ø 6 e/ 30 cm
4	1	B8-*	6.63	R	20	x	30	28	0.642	L/ 1032	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 10	2 Ø 12	1 Ø 10	22 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
	2	*-*	4.75	R	20	x	30	28	0.039	L/ 12131	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 10	2 Ø 12			16 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	3	*-B9	5.60	R	20	x	30	28	0.547	L/ 1023	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 10	2 Ø 12	1 Ø 10	18 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
5	1	C33-C34	5.65	R	20	x	30	28	0.233	L/ 2425	1 Ø 10	1 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12			18 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	2	C34-C35	5.65	R	20	x	30	28	0.238	L/ 2375	1 Ø 10	1 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12			18 x1e Ø 6 e/ 30 cm
6	1	C10-C12	6.55	R	25	x	45	43	0.165	L/ 3968	2 Ø 20	2 Ø 16	2 Ø 10	2 Ø 16	1 Ø 12	21 x1e Ø 8 e/ 30 cm	
	2	C12-C13	4.75	R	20	x	40	38	0.000	L/ -2E+06	2 Ø 16	2 Ø 16	2 Ø 10	2 Ø 16			15 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	3	C13-C15	5.60	R	20	x	40	38	0.320	L/ 1752	2 Ø 16	2 Ø 20	2 Ø 10	2 Ø 16	1 Ø 12	18 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
	4	C15-C16	5.45	R	20	x	40	38	0.020	L/ 27724	2 Ø 20	2 Ø 16	2 Ø 10	2 Ø 16			18 x1e Ø 6 e/ 30 cm
7	1	C36-C37	5.87	R	20	x	30	28	0.063	L/ 9257	1 Ø 10	1 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12			19 x1e Ø 6 e/ 30 cm
8	1	B2-B4	5.87	R	25	x	40	38	1.181	L/ 497	1 Ø 12	1 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 20	3 Ø 16	6 x1e Ø 6 e/ 15 cm	
																19 x1e Ø 6 e/ 25 cm	
9	1	C38-C39	5.58	R	20	x	30	28	0.213	L/ 2625	1 Ø 10	1 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12			18 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	2	C39-C40	5.63		20	x	30	28	0.229	L/ 2460	1 Ø 10	1 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12			18 x1e Ø 6 e/ 30 cm
10	1	B6-*	6.63	R	20	x	30	28	0.642	L/ 1033	2 Ø 10	1 Ø 12	2 Ø 10	2 Ø 12			22 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	2	*-*	4.75		20	x	30	28	0.039	L/ 12137	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 10	2 Ø 12			16 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	3	*-B12	5.60	R	20	x	30	28	0.548	L/ 1022	2 Ø 12	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12	1 Ø 10	18 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
11	1	C41-C42	3.12		25	x	35	33	0.128	L/ 2432	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 12	15 x1e Ø 8 e/ 20 cm	
	2	C42-C43	2.75	R	25	x	35	33	0.010	L/ 26728	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 12	1 Ø 10	13 x1e Ø 8 e/ 20 cm	
12	1	C21-C22	6.60		20	x	30	28	0.257	L/ 2568	1 Ø 12	1 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 12			22 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	2	C22-C23	4.75	R	20	x	30	28	0.016	L/ 29273	1 Ø 12	1 Ø 16	2 Ø 12	2 Ø 12			15 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	3	C23-C24	5.60		20	x	30	28	0.546	L/ 1025	1 Ø 16	1 Ø 16	2 Ø 12	2 Ø 12	1 Ø 12	18 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
	4	C24-C25	5.45	R	20	x	30	28	0.311	L/ 1752	1 Ø 16	1 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 12			18 x1e Ø 6 e/ 30 cm
13	1	C44-C45	2.75	R	20	x	30	28	0.012	L/ 22360	1 Ø 12	1 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 12			9 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	2	C45-C46	5.65		20	x	30	28	0.382	L/ 1478	1 Ø 12	1 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 12			18 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	3	C46-C47	5.63		20	x	30	28	0.360	L/ 1562	1 Ø 12	1 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 12			18 x1e Ø 6 e/ 30 cm
14	1	C1-C10	6.03	R	20	x	30	28	0.130	L/ 4624	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12			20 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	2	C10-C21	6.03	R	20	x	30	28	0.137	L/ 4401	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12			20 x1e Ø 6 e/ 30 cm
15	1	B7-*	6.05	R	20	x	40	38	0.423	L/ 1430	2 Ø 10	2 Ø 20	2 Ø 10	2 Ø 12	2 Ø 10	20 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
	2	*-B5	6.05		20	x	40	38	0.396	L/ 1529	2 Ø 20	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12	2 Ø 10	20 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
16	1	C2-C12	6.03	R	20	x	40	38	0.234	L/ 2572	3 Ø 12	3 Ø 12	2 Ø 10	2 Ø 12	1 Ø 16	20 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
	2	C12-C22	6.02		20	x	40	38	0.236	L/ 2546	3 Ø 12	3 Ø 12	2 Ø 10	2 Ø 12	1 Ø 16	20 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
17	1	C3-C13	6.03	R	20	x	40	38	0.252	L/ 2395	2 Ø 16	2 Ø 16	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 12	20 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
	2	C13-C23	6.02	R	20	x	40	38	0.254	L/ 2374	2 Ø 16	2 Ø 16	2 Ø 12	2 Ø 12	2 Ø 12	20 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
18	1	B10-*	6.05		20	x	30	28	0.438	L/ 1381	2 Ø 10	2 Ø 16	2 Ø 10	2 Ø 10	1 Ø 10	20 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
	2	*-B11	6.05	R	20	x	30	28	0.386	L/ 1569	2 Ø 16	2 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 10	1 Ø 10	20 x1e Ø 6 e/ 30 cm	
19	1	C4-C15	6.03		20	x	30	28	0.183	L/ 3297	1 Ø 10	1 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12			20 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	2	C15-C24	6.02	R	20	x	30	28	0.189	L/ 3178	1 Ø 10	1 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12			20 x1e Ø 6 e/ 30 cm
20	1	C5-C16	6.02	R	20	x	30	28	0.084	L/ 7125	1 Ø 10	1 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12			20 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	2	C16-C25	6.00		20	x	30	28	0.079	L/ 7611	1 Ø 10	1 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12			20 x1e Ø 6 e/ 30 cm
21	1	C30-C36	6.02		25	x	40	38	0.024	L/ 25305	2 Ø 12	3 Ø 16	2 Ø 10	2 Ø 12	1 Ø 12	23 x1e Ø 6 e/ 25 cm	
	2	C36-C41	6.02	R	25	x	40	38	0.126	L/ 4761	3 Ø 16	2 Ø 12	2 Ø 10	2 Ø 12	1 Ø 12	18 x1e Ø 6 e/ 25 cm	
																18 x1e Ø 6 e/ 25 cm	
22	1	C26-C31	2.48		20	x	30	28	0.013	L/ 18523	1 Ø 10	1 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12			8 x1e Ø 6 e/ 30 cm
23	1	C42-C44	2.52	R	20	x	30	28	0.014	L/ 18056	1 Ø 10	1 Ø 10	2 Ø 10	2 Ø 12			8 x1e Ø 6 e/ 30 cm
	1	C27-C32	2.48	R	20	x	30	28	0.001	L/ 225555			2 Ø 12	2 Ø 10	2 Ø 12		8 x1e Ø 6 e/ 30 cm

24	2	C32-C33	2.95	R	25	x	40	38	0.007	L/	39402	2 Ø	12	2 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	12	1 Ø	12	9	xle	Ø	6	ø	30	cm	
	3	C33-C37	3.08	R	25	x	40	38	0.005	L/	57934	2 Ø	12	2 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	12	1 Ø	12	10	xle	Ø	6	ø	30	cm	
	4	C37-C38	2.72	R	25	x	40	38	0.011	L/	23804	2 Ø	12	2 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	12	1 Ø	12	9	xle	Ø	6	ø	30	cm	
	5	C38-C43	3.30	R	25	x	40	38	0.009	L/	34828	2 Ø	12	2 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	12	1 Ø	12	11	xle	Ø	6	ø	30	cm	
	6	C43-C45	2.53	R	20	x	30	28	0.008	L/	31869	2 Ø	12	2 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	12				8	xle	Ø	6	ø	30	cm
25	1	C28-C34	5.42	R	20	x	30	28	0.053	L/	10247	1 Ø	10	1 Ø	10	2 Ø	10	2 Ø	12				18	xle	Ø	6	ø	30	cm
	2	C34-C39	5.80	R	20	x	30	28	0.071	L/	8171	1 Ø	10	1 Ø	10	2 Ø	10	2 Ø	12				19	xle	Ø	6	ø	30	cm
	3	C39-C46	5.83	R	20	x	30	28	0.074	L/	7898	1 Ø	10	1 Ø	10	2 Ø	10	2 Ø	12				19	xle	Ø	6	ø	30	cm
26	1	C29-C35	5.42	R	20	x	30	28	0.317	L/	1712	1 Ø	16	1 Ø	16	2 Ø	10	2 Ø	12				18	xle	Ø	6	ø	30	cm
	2	C35-C40	5.80	R	20	x	30	28	0.426	L/	1362	1 Ø	16	1 Ø	16	2 Ø	10	2 Ø	12				19	xle	Ø	6	ø	30	cm
	3	C40-C47	5.83	R	20	x	30	28	0.461	L/	1265	1 Ø	16	1 Ø	16	2 Ø	10	2 Ø	12				19	xle	Ø	6	ø	30	cm

DETALLE DE VIGAS PRIMERA PLANTA

Pórtico Nº	Tramo	REF.	LUZ L [m]	TIPO	SECCIÓN		d [cm]	FLECHA		Armado Sup. izq.	Armado Sup. der.	Armado mont	Armado Inf..	Refuerzo Inf.	Estribos														
					BxH [cm²]			Y [cm]	L / a																				
1	1	C26-C27	2.75	R	20	x	45	43	-0.015	L/	-18665			2 Ø	16	2 Ø	10	2 Ø	16	1 Ø	12	17	xle	Ø	8	ø	15	cm	
	2	C27-C28	5.65	R	20	x	50	48	0.282	L/	2001	2 Ø	16	2 Ø	20	2 Ø	10	2 Ø	16	1 Ø	12	37	xle	Ø	8	ø	15	cm	
	3	C28-C29	5.65	R	20	x	50	48	0.366	L/	1542	2 Ø	20	2 Ø	16	2 Ø	10	2 Ø	16	1 Ø	12	37	xle	Ø	8	ø	15	cm	
2	1	C30-C31	3.12	R	20	x	45	43	0.015	L/	21121	2 Ø	10	2 Ø	10	2 Ø	10	2 Ø	12	1 Ø	10	10	xle	Ø	6	ø	30	cm	
	2	C31-C32	2.75	R	20	x	45	43	0.006	L/	47262	2 Ø	10	2 Ø	10	2 Ø	10	2 Ø	12	1 Ø	10	9	xle	Ø	6	ø	30	cm	
3	1	C1-C2	6.60	R	25	x	50	48	0.630	L/	1048	3 Ø	12	2 Ø	20	2 Ø	10	2 Ø	16	3 Ø	12	19	xle	Ø	8	ø	30	cm	
																						5	xle	Ø	8	ø	15	cm	
	2	C2-C3	4.75	R	25	x	50	48	-0.047	L/	-10091	2 Ø	20			2 Ø	10	2 Ø	12			15	xle	Ø	8	ø	30	cm	
	3	C3-C4	5.60	R	20	x	45	43	0.124	L/	4513	2 Ø	20	2 Ø	16	2 Ø	10	2 Ø	12	1 Ø	10	18	xle	Ø	6	ø	30	cm	
4	C4-C5	5.45	R	25	x	45	43	0.124	L/	4402	2 Ø	16	2 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	12	2 Ø	10	20	xle	Ø	6	ø	30	cm		
4	1	C33-C34	5.65	R	25	x	60	58	0.289	L/	1957	3 Ø	12	2 Ø	20	2 Ø	10	2 Ø	16	2 Ø	16	27	xle	Ø	8	ø	20	cm	
		armadura de piel				2 Ø	10																						
	2	C34-C35	5.65	R	25	x	60	58	0.337	L/	1677	2 Ø	20	3 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	16	2 Ø	16	28	xle	Ø	8	ø	20	cm	
		armadura de piel			2 Ø	10					2 Ø	16																	
5	1	C10-C12	6.55	R	25	x	60	58	0.678	L/	966	3 Ø	16	3 Ø	20	2 Ø	10	2 Ø	20	3 Ø	16	11	xle	Ø	8	ø	30	cm	
		armadura de piel			2 Ø	10																	19	xle	Ø	8	ø	15	cm
	2	C12-C13	4.75	R	25	x	60	58	-0.064	L/	-7365	3 Ø	20			2 Ø	10	2 Ø	12	1 Ø	10	15	xle	Ø	8	ø	30	cm	
		armadura de piel			2 Ø	10																							
	3	C13-C15	5.60	R	25	x	45	43	0.083	L/	6771	3 Ø	20	2 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	12	2 Ø	10	22	xle	Ø	6	ø	25	cm	
4	C15-C16	5.45	R	25	x	45	43	0.106	L/	5123	2 Ø	12	2 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	12	2 Ø	10	21	xle	Ø	6	ø	25	cm		
6	C36-C37	5.87	R	25	x	50	48	0.913	L/	6843	4 Ø	12	4 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	20	3 Ø	16	36	xle	Ø	#	ø	16	cm		
7	1	C38-C39	5.58	R	25	x	55	53	0.304	L/	1834	3 Ø	12	3 Ø	20	2 Ø	10	2 Ø	16	2 Ø	16	27	xle	Ø	8	ø	20	cm	
	2	C39-C40	5.77		25	x	55	53	0.406	L/	1420	3 Ø	20	3 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	16	2 Ø	16	27	xle	Ø	8	ø	20	cm	
8	1	C21-C22	6.60		25	x	50	48	0.630	L/	1047	3 Ø	12	2 Ø	20	2 Ø	10	2 Ø	16	3 Ø	12	19	xle	Ø	8	ø	30	cm	
																						6	xle	Ø	8	ø	15	cm	
	2	C22-C23	4.75	R	25	x	50	48	-0.048	L/	-9988	2 Ø	20			2 Ø	10	2 Ø	12			15	xle	Ø	8	ø	30	cm	
	3	C23-C24	5.60		20	x	45	43	0.127	L/	4395	2 Ø	20	2 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	12	1 Ø	10	18	xle	Ø	6	ø	30	cm	
4	C24-C25	5.45	R	20	x	45	43	0.132	L/	4126	2 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	10	2 Ø	12	1 Ø	10	18	xle	Ø	6	ø	30	cm		
9	1	C41-C42	3.12		20	x	50	48	0.082	L/	3828	2 Ø	12	2 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	16			23	xle	Ø	8	ø	13	cm	
	2	C42-C43	2.75	R	20	x	50	48	0.023	L/	11753	2 Ø	12	2 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	16			20	xle	Ø	8	ø	13	cm	
10	1	C44-C45	2.75	R	20	x	45	43	-0.016	L/	-16700			2 Ø	16	2 Ø	12	2 Ø	12	1 Ø	12	17	xle	Ø	6	ø	15	cm	
	2	C45-C46	5.65		20	x	50	48	0.270	L/	2091	2 Ø	16	2 Ø	16	2 Ø	12	2 Ø	12	2 Ø	12	14	xle	Ø	8	ø	15	cm	
																						25	xle	Ø	6	ø	15	cm	
3	C46-C47	5.77		20	x	50	48	0.310	L/	1862	2 Ø	16	2 Ø	12	2 Ø	12	2 Ø	12	2 Ø	12	7	xle	Ø	8	ø	13	cm		
																						30	xle	Ø	6	ø	15	cm	
11	1	C1-C10	6.03	R	20	x	35	33	0.744	L/	810	2 Ø	10	2 Ø	20	2 Ø	10	2 Ø	12	2 Ø	12	24	xle	Ø	6	ø	25	cm	
	2	C10-C21	6.03	R	20	x	35	33	0.744	L/	810	2 Ø	20	2 Ø	12	2 Ø	10	2 Ø	12	2 Ø	12	24	xle	Ø	6	ø	25	cm	
12	1	C2-C12	6.03	R	20	x	45	43	0.246	L/	2447	2 Ø	10	2 Ø	16	2 Ø	10	2 Ø	12	1 Ø	12	17	xle	Ø	6	ø	30	cm	
																						7	xle	Ø	6	ø	13	cm	
2	C12-C22	6.02		20	x	45	43	0.253	L/	2382	2 Ø	16	2 Ø	10	2 Ø	10	2 Ø	12	1 Ø	12	7	xle	Ø	6	ø	13	cm		
																						17	xle	Ø	6	ø	30	cm	

13	1	C3-C13	6.03	R	25	x	60	58	0.345	L/	1748	3	Ø	12	3	Ø	20	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	16	24	x1e	Ø	8	c/	25	cm		
		armadura de piel			2	Ø	10																												
	2	C13-C23	6.02	R	25	x	60	58	0.340	L/	1769	3	Ø	20	3	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	16	24	x1e	Ø	8	c/	25	cm		
		armadura de piel			2	Ø	10																												
14	1	C4-C15	6.03		25	x	60	58	0.282	L/	2135	3	Ø	12	3	Ø	20	2	Ø	10	2	Ø	16	3	Ø	12	39	x1e	Ø	8	c/	15	cm		
		armadura de piel			2	Ø	10																												
	2	C15-C24	6.02	R	25	x	60	58	0.321	L/	1873	3	Ø	20	3	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	16	3	Ø	12	23	x1e	Ø	8	c/	25	cm		
		armadura de piel			2	Ø	10																												
15	1	C5-C16	6.02	R	25	x	45	43	0.241	L/	2503	2	Ø	12	2	Ø	20	2	Ø	10	2	Ø	12	2	Ø	12	6	x1e	Ø	6	c/	15	cm		
																											20	x1e	Ø	6	c/	25	cm		
	2	C16-C25	6.00		25	x	45	43	0.345	L/	1740	2	Ø	20	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	3	Ø	12	6	x1e	Ø	6	c/	15	cm		
																											20	x1e	Ø	6	c/	25	cm		
16	1	C30-C36	6.02		20	x	45	43	0.542	L/	1110	2	Ø	12	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	10	7	x1e	Ø	6	c/	13	cm		
																											20	x1e	Ø	6	c/	25	cm		
	2	C36-C41	6.02	R	20	x	45	43	0.092	L/	6572	2	Ø	16	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	23	x1e	Ø	6	c/	25	cm		
17	1	C26-C31	2.48		20	x	45	43	0.009	L/	26367	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	8	x1e	Ø	6	c/	30	cm		
18	1	C42-C44	2.52	R	20	x	45	43	0.012	L/	20453																								
19	1	C27-C32	2.48	R	20	x	45	43	-0.009	L/	-28019																								
	2	C32-C33	2.95	R	20	x	45	43	0.022	L/	13309	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	4	x1e	Ø	6	c/	20	cm		
	3	C33-C37	3.08	R	20	x	45	43	0.031	L/	9807	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	10	x1e	Ø	6	c/	30	cm		
	4	C37-C38	2.72	R	20	x	45	43	-0.001	L/	-203267	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	9	x1e	Ø	6	c/	30	cm		
	5	C38-C43	3.30	R	20	x	45	43	0.010	L/	34609	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	11	x1e	Ø	6	c/	30	cm		
20	1	C28-C34	5.42	R	25	x	25	23	0.460	L/	1178	2	Ø	10	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	26	x1e	Ø	6	c/	20	cm		
	2	C34-C39	5.80	R	25	x	25	23	0.186	L/	3126	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12				28	x1e	Ø	6	c/	20	cm		
	3	C39-C46	5.83	R	25	x	25	23	0.222	L/	2621	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12				28	x1e	Ø	6	c/	20	cm		
21	1	C29-C35	5.42	R	20	x	35	33	0.264	L/	2053	2	Ø	10	1	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	18	x1e	Ø	6	c/	30	cm		
	2	C35-C40	5.80	R	20	x	35	33	0.268	L/	2164	1	Ø	16	1	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	19	x1e	Ø	6	c/	30	cm		
	3	C40-C47	5.83	R	20	x	35	33	0.357	L/	1631	1	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	19	x1e	Ø	6	c/	30	cm		

DETALLE DE VIGAS SEGUNDO PISO

Pórtico N°	Tramo	REF.	LUZ L [m]	TIPO	SECCIÓN BxH [cm²]	d [cm]	FLECHA		Armado Sup. izq.	Armado Sup. der.	Armado mont.	Armado Inf.	Refuerzo Inf.	Estribos																						
							Y [cm]	L/a																												
1	1	C26-C27	2.75	R	20	x	45	43	-0.017	L/	-16202																									
	2	C27-C28	5.65	R	20	x	45	43	0.401	L/	1408	2	Ø	16	2	Ø	20	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	10	27	x1e	Ø	6	c/	20	cm			
	3	C28-C29	5.65	R	20	x	45	43	0.504	L/	1121	2	Ø	20	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	10	11	x1e	Ø	6	c/	30	cm			
2	1	C30-C31	3.12	R	20	x	45	43	0.015	L/	20567	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	10	x1e	Ø	6	c/	30	cm			
	2	C31-C32	2.75	R	20	x	45	43	0.004	L/	66300	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	9	x1e	Ø	6	c/	30	cm			
3	1	*C1	0.58	R	25	x	50	48	0.001	L/	40148	3	Ø	12																						
	2	C1-C2	6.60	R	25	x	50	48	0.606	L/	1090	3	Ø	12	3	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	16													
	3	C2-C3	4.75	R	25	x	50	48	-0.022	L/	-21323	3	Ø	16	2																					
	4	C3-C4	5.60	R	25	x	45	43	0.111	L/	5044	2	Ø	12	3	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12													
4	1	C33-C34	5.65	R	25	x	60	58	0.283	L/	1994	3	Ø	12	3	Ø	20	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	16	13	x1e	Ø	8	c/	30	cm			
		armadura de piel			2	Ø	10																													
	2	C34-C35	5.65	R	25	x	60	58	0.310	L/	1823	3	Ø	20	3	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	16	6	x1e	Ø	8	c/	24	cm			
		armadura de piel			2	Ø	10																													
5	1	*C10	0.63	R	25	x	60	58	0.003	L/	21772	2	Ø	16	2	Ø	20	2	Ø	10	2	Ø	10													
		armadura de piel			2	Ø	10																													
	2	C10-C12	6.55	R	25	x	60	58	0.662	L/	990	4	Ø	16	3	Ø	20	2	Ø	10	2	Ø	20													
		armadura de piel			2	Ø	10																													
	3	C12-C13	4.75	R	25	x	60	58	-0.060	L/	-7935	3	Ø	20																						
6	1	C36-C37	5.87	R	25	x	50	48	0.939	L/	625	4	Ø	12	4	Ø	12	2																		

7	1	C38-C39	5.58	R	25	x	55	53	0.287	L/	1944	2	Ø	16	3	Ø	20	2	Ø	10	2	Ø	12	2	Ø	20	35	x	le	Ø	8	c/	15	cm	
	2	C39-C40	5.65		25	x	55	53	0.418	L/	1351	3	Ø	20	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	12	2	Ø	20	37	x	le	Ø	8	c/	15	cm	
8	1	*C21	0.58		25	x	50	48	0.001	L/	40680	3	Ø	12						2	Ø	10	2	Ø	16			3	x	le	Ø	8	c/	15	cm
	2	C21-C22	6.60		25	x	50	48	0.606	L/	1089	3	Ø	12	3	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	16	3	Ø	12	22	x	le	Ø	8	c/	25	cm	
																											6	x	le	Ø	8	c/	15	cm	
	3	C22-C23	4.75	R	25	x	50	48	-0.045	L/	-10670	3	Ø	16						2	Ø	10	2	Ø	16			18	x	le	Ø	8	c/	25	cm
	4	C23-C24	5.60		20	x	45	43	0.113	L/	4953	3	Ø	16	3	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	10	22	x	le	Ø	6	c/	25	cm	
5	C24-C25	5.45	R	20	x	45	43	0.115	L/	4746	3	Ø	12	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	10	21	x	le	Ø	6	c/	25	cm		
9	1	C41-C42	3.12		25	x	50	48	0.069	L/	4519	3	Ø	12	3	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	16	17	x	le	Ø	8	c/	17	cm	
	2	C42-C43	2.75	R	25	x	50	48	0.015	L/	18898	3	Ø	12	3	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	16	15	x	le	Ø	8	c/	17	cm	
10	1	C44-C45	2.75	R	20	x	50	48	-0.024	L/	-11682				2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	16	1	Ø	10	17	x	le	Ø	8	c/	15	cm	
	2	C45-C46	5.65		20	x	50	48	0.377	L/	1499	2	Ø	16	2	Ø	20	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	10	37	x	le	Ø	8	c/	15	cm	
	3	C46-C47	5.65		20	x	50	48	0.338	L/	1674	2	Ø	20	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	10	37	x	le	Ø	8	c/	15	cm	
11	1	C1-C10	6.03	R	20	x	35	33	0.178	L/	3388	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	45	x	le	Ø	6	c/	13	cm	
	2	C10-C21	6.03	R	20	x	35	33	0.177	L/	3403	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	45	x	le	Ø	6	c/	13	cm	
12	1	C2-C12	6.03	R	20	x	45	43	0.251	L/	2400	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	12	17	x	le	Ø	6	c/	30	cm	
																											7	x	le	Ø	6	c/	13	cm	
	2	C12-C22	6.02		20	x	45	43	0.255	L/	2365	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	12	7	x	le	Ø	6	c/	13	cm	
																											17	x	le	Ø	6	c/	30	cm	
13	1	C3-C13	6.03	R	25	x	60	58	0.347	L/	1738	3	Ø	12	2	Ø	20	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	16	24	x	le	Ø	8	c/	25	cm	
		armadura de piel			2	Ø	10								2	Ø	16																		
	2	C13-C23	6.02	R	25	x	60	58	0.363	L/	1658	2	Ø	20	3	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	16	24	x	le	Ø	8	c/	25	cm	
		armadura de piel			2	Ø	10							2	Ø	16																			
14	1	C4-C15	6.03		25	x	55	53	0.433	L/	1392	3	Ø	12	2	Ø	20	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	16	23	x	le	Ø	8	c/	25	cm	
		armadura de piel			2	Ø	10							2	Ø	16																			
	2	C15-C24	6.02	R	25	x	55	53	0.421	L/	1430	2	Ø	20	3	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	16	23	x	le	Ø	8	c/	25	cm	
		armadura de piel			2	Ø	10						2	Ø	16																				
15	1	C5-C16	6.03	R	20	x	45	43	0.280	L/	2150	2	Ø	10	2	Ø	20	2	Ø	10	2	Ø	12	2	Ø	10	17	x	le	Ø	6	c/	30	cm	
																												7	x	le	Ø	6	c/	13	cm
	2	C16-C25	6.00		25	x	45	43	0.439	L/	1366	2	Ø	20	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	2	Ø	12	7	x	le	Ø	6	c/	13	cm	
																												16	x	le	Ø	6	c/	30	cm
16	1	C30-C36	6.02		20	x	45	43	0.529	L/	1139	2	Ø	16	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	16	1	Ø	12	39	x	le	Ø	6	c/	15	cm	
	2	C36-C41	6.02	R	20	x	45	43	0.529	L/	1139	2	Ø	16	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	16	1	Ø	12	39	x	le	Ø	6	c/	15	cm	
17	1	C26-C31	2.48		20	x	45	43	0.016	L/	15633	1	Ø	10	1	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	8	x	le	Ø	6	c/	30	cm	
18	1	C42-C44	2.52	R	20	x	35	33	0.016	L/	16001				1	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	8	x	le	Ø	6	c/	30	cm	
		C27-C32	2.48	R	20	x	45	43	-0.010	L/	-23642				2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	15	x	le	Ø	6	c/	15	cm	
	2	C32-C33	2.95	R	20	x	45	43	0.022	L/	13379	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	18	x	le	Ø	6	c/	15	cm	
	3	C33-C37	3.08	R	20	x	45	43	0.033	L/	9444	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	20	x	le	Ø	6	c/	15	cm	
	4	C37-C38	2.72	R	20	x	45	43	-0.002	L/	-131902	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	17	x	le	Ø	6	c/	15	cm	
	5	C38-C43	3.30	R	20	x	45	43	0.001	L/	334119	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	21	x	le	Ø	6	c/	15	cm	
20	1	C28-C34	5.42	R	25	x	25	23	0.423	L/	1280	2	Ø	10	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	31	x	le	Ø	6	c/	17	cm	
	2	C34-C39	5.80	R	25	x	25	23	0.155	L/	3736	2	Ø	12	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12				33	x	le	Ø	6	c/	17	cm	
	3	C39-C46	5.83	R	25	x	25	23	0.214	L/	2720	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12				33	x	le	Ø	6	c/	17	cm	
21	1	C29-C35	5.42	R	20	x	35	33	0.270	L/	2010	2	Ø	10	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	18	x	le	Ø	6	c/	30	cm	
	2	C35-C40	5.80	R	20	x	35	33	0.264	L/	2195	2	Ø	12	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	19	x	le	Ø	6	c/	30	cm	
	3	C40-C47	5.83	R	20	x	35	33	0.373	L/	1563	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	19	x	le	Ø	6	c/	30	cm	

DETALLE DE VIGAS TERCER PISO

Pórtico N°	Tramo	REF.	LUZ L [m]	TIPO	SECCIÓN BxH [cm²]	d [cm]	FLECHA		Armado Sup. izq.	Armado Sup. der.	Armado mont	Armado Inf.	Refuerzo Inf.	Estribos																					
							Y [cm]	L/a																											
1	1	C26-C27	2.75	R	20	x	45	43	-0.007	L/	-37472			2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	9	x	le	Ø	6	c/	30	cm		
	2	C27-C28	5.65	R	20	x	45	43	0.151	L/	3732	2	Ø	12	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	12	x	le	Ø	6	c/	30	cm	
	3	C28-C29	5.65	R	20	x	45	43	0.233	L/	2422	2	Ø	12	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	13	x	le	Ø	6	c/	15	cm	
																												12	x	le	Ø	6	c/	30	cm
1	1	B5-C1	2.13	R	25	x	50	48	0.069	L/	3076	2	Ø	12					2	Ø	10	2	Ø	10			14	x	le	Ø	8	c/	15	cm	
		C1-C2	6.60	R	25	x	50	48	0.342	L/	1928	3	Ø	12	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	10	3	Ø	12	19	x	le	Ø	8	c/	30	cm	

2	3	C2-C3	4.75	R	20	x	35	33	-0.062	L/	-7662	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	12	2	Ø	10	1	Ø	10	18	xle	Ø	8	6	15	cm
	4	C3-C4	5.60	R	20	x	35	33	0.069	L/	8139	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	1	Ø	10	22	xle	Ø	6	6	26	cm
	5	C4-C5	5.45	R	20	x	35	33	0.068	L/	7977	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	21	xle	Ø	6	6	26	cm
3	1	C30-C31	3.12	R	20	x	35	33	-0.002	L/	-125806			2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	10	xle	Ø	6	6	30	cm	
	2	C31-C32	2.75	R	20	x	35	33	0.025	L/	11164	2	Ø	10			2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	9	xle	Ø	6	6	30	cm	
4	1	B4-B5	5.60	R	20	x	40	38	0.197	L/	2845	2	Ø	10	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	18	xle	Ø	6	6	30	cm
	2	B5-B3	5.47	R	20	x	40	38	0.240	L/	2278	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	18	xle	Ø	6	6	30	cm
5	1	C33-C34	5.65	R	25	x	55	53	0.240	L/	2357	2	Ø	16	4	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	18	xle	Ø	8	6	30	cm
	2	C34-C35	5.65	R	25	x	55	53	0.278	L/	2035	4	Ø	16	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	12	18	xle	Ø	8	6	30	cm
6	1	B1-C10	2.17	R	25	x	55	53	0.158	L/	1377	2	Ø	16	4	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	16			8	xle	Ø	8	6	25	cm	
	2	C10-C12	6.55	R	25	x	55	53	0.704	L/	930	4	Ø	16	3	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	16	3	Ø	16	25	xle	Ø	8	6	25	cm
	3	C12-C13	4.75	R	25	x	55	53	-0.135	L/	-3522	3	Ø	16	3	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	12			18	xle	Ø	6	6	25	cm	
	4	C13-C15	5.60	R	25	x	45	43	0.133	L/	4215	3	Ø	16	3	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	2	Ø	10	12	xle	Ø	6	6	15	cm
	5	C15-C16	5.45	R	25	x	45	43	0.124	L/	4378	3	Ø	12	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	2	Ø	10	6	xle	Ø	6	6	25	cm
																										17	xle	Ø	6	6	25	cm	
7	1	C36-C37	5.87	R	25	x	50	48	0.982	L/	598	3	Ø	12	3	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	20	2	Ø	20	38	xle	Ø	8	6	15	cm
8	1	C38-C39	5.58	R	25	x	55	53	0.225	L/	2480	3	Ø	12	3	Ø	16	2	Ø	12	2	Ø	16	3	Ø	12	18	xle	Ø	8	6	30	cm
	2	C39-C40	5.65		25	x	55	53	0.314	L/	1798	3	Ø	16	3	Ø	12	2	Ø	12	2	Ø	16	3	Ø	12	19	xle	Ø	8	6	30	cm
9	1	B4-C21	2.13		25	x	50	48	0.069	L/	3076	3	Ø	12			2	Ø	10	2	Ø	10			12	xle	Ø	8	6	17	cm		
	2	C21-C22	6.60		25	x	50	48	0.346	L/	1910	3	Ø	12	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	12	2	Ø	12	19	xle	Ø	8	6	30	cm
	3	C22-C23	4.75	R	20	x	35	33	-0.070	L/	-6779	2	Ø	16			2	Ø	10	2	Ø	10			5	xle	Ø	8	6	17	cm		
	4	C23-C24	5.60		20	x	35	33	0.082	L/	6812	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	21	xle	Ø	6	6	26	cm
	5	C24-C25	5.45	R	20	x	35	33	0.079	L/	6894	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	20	xle	Ø	6	6	26	cm
10	1	C41-C42	3.12		20	x	45	43	0.000	L/	3E+06	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	10	xle	Ø	6	6	30	cm
	2	C42-C43	2.75	R	20	x	45	43	0.041	L/	6692	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	9	xle	Ø	6	6	30	cm
11	1	C44-C45	2.75	R	20	x	45	43	-0.015	L/	-17807			2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	9	xle	Ø	6	6	30	cm	
	2	C45-C46	5.65		20	x	45	43	0.166	L/	3395	2	Ø	12	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	12	12	xle	Ø	6	6	15	cm
	3	C46-C47	5.65		20	x	45	43	0.258	L/	2191	2	Ø	16	2	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	12	13	xle	Ø	6	6	15	cm
																										12	xle	Ø	6	6	30	cm	
12	1	C1-C10	6.03	R	20	x	35	33	0.151	L/	3997	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	24	xle	Ø	6	6	25	cm
	2	C10-C21	6.03	R	20	x	35	33	0.151	L/	4003	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	24	xle	Ø	6	6	25	cm
13	1	C2-C12	6.03	R	20	x	45	43	0.347	L/	1738	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	12	2	Ø	10	6	xle	Ø	6	6	30	cm
	2	C12-C22	6.02		20	x	45	43	0.240	L/	2509	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	7	xle	Ø	6	6	13	cm
																										17	xle	Ø	6	6	30	cm	
14	1	C3-C13	6.03	R	25	x	55	53	0.177	L/	3401	3	Ø	12	4	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	16	1	Ø	12	34	xle	Ø	8	6	17	cm
	2	C13-C23	6.02	R	25	x	55	53	0.424	L/	1419	4	Ø	16	3	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	16	3	Ø	12	20	xle	Ø	8	6	30	cm
15	1	C4-C15	6.03		25	x	55	53	0.123	L/	4910	3	Ø	12	4	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	16	1	Ø	12	20	xle	Ø	8	6	30	cm
	2	C15-C24	6.02	R	25	x	55	53	0.479	L/	1256	4	Ø	16	3	Ø	12	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	16	20	xle	Ø	8	6	30	cm
16	1	C5-C16	6.03	R	20	x	45	43	0.152	L/	3973	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	20	xle	Ø	6	6	30	cm
	2	C16-C25	6.00		20	x	45	43	0.338	L/	1776	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	2	Ø	10	7	xle	Ø	6	6	13	cm
																										16	xle	Ø	6	6	30	cm	
17	1	C30-C36	6.02		20	x	45	43	0.662	L/	909	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	16	2	Ø	10	39	xle	Ø	6	6	15	cm
	2	C36-C41	6.02	R	20	x	45	43	-0.091	L/	-6629	2	Ø	16	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	16			39	xle	Ø	6	6	15	cm	
18	1	C26-C31	2.48		20	x	35	33	0.008	L/	32518	1	Ø	10			2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	8	xle	Ø	6	6	30	cm	
19	1	C42-C44	2.52	R	20	x	35	33	0.008	L/	32473			1	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	8	xle	Ø	6	6	30	cm	
20	1	C27-C32	2.48	R	20	x	45	43	-0.009	L/	-26491			2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	15	xle	Ø	6	6	15	cm	
	2	C32-C33	2.95	R	20	x	45	43	0.012	L/	25092	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	18	xle	Ø	6	6	15	cm
	3	C33-C37	3.08	R	20	x	45	43	0.030	L/	10207	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	20	xle	Ø	6	6	15	cm
	4	C37-C38	2.72	R	20	x	45	43	-0.006	L/	-45459	2	Ø	10			2	Ø	10	2	Ø	12			17	xle	Ø	6	6	15	cm		
	5	C38-C43	3.30	R	20	x	45	43	-0.002	L/	-212881	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	21	xle	Ø	6	6	15	cm
	6	C43-C45	2.53	R	20	x	45	43	0.002	L/	131065	2	Ø	10			2	Ø	10	2	Ø	12	1	Ø	10	16	xle	Ø	6	6	15	cm	
21	1	C28-C34	5.42	R	25	x	17	15	0.410	L/	1322	1	Ø	10	1	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10			43	xle	Ø	6	6	12	cm	
	2	C34-C39	5.80	R	25	x	17	15	0.468	L/	1238	1	Ø	10	1	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10			47	xle	Ø	6	6	12	cm	
	3	C39-C46	5.83	R	25	x	17	15	0.643	L/	906	1	Ø	10	1	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10			47	xle	Ø	6	6	12	cm	
22	1	C29-C35	5.42	R	20	x	35	33	0.085	L/	6393	1	Ø	10	1	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	18	xle	Ø	6	6	30	cm
	2	C35-C40	5.80	R	20	x	35	33	0.066	L/	8819	1	Ø	10	1	Ø	10	2	Ø	10	2	Ø	10	1	Ø	10	19	xle	Ø	6	6	30	cm
	3	C40-C47	5.83	R	20	x	35	33	0.115	L/	50																						

3.4.4. Análisis, cálculo y diseño estructural de columnas

A continuación se muestra un resumen de las dimensiones de las columnas como su armadura, las comprobaciones como un resumen del cálculo se encuentra más a detalle en el Anexo 2.2

Pilar	Planta	Dimensión (cm)	Tramo (m)	Armaduras	Estribos	H (m)	Hpx (m)	Hpy (m)	Pésimos			Referencia		
									N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)	N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)
C1	TERCER PISO	25x25	7.30/10.35	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.05	3.05	3.05	12.70	2.33	0.95	12.70	1.98	0.63
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.80	4Ø16 +2Ø12 +2Ø16	Ø6c/15 cm	3.05	3.05	3.05	26.93	4.07	2.72	26.93	3.34	2.02
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.25	4Ø20 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.25	3.25	3.25	42.54	3.55	3.20	42.54	2.35	2.02
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.30	4Ø20 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.20	0.20	0.20	43.35	2.46	2.28	43.35	1.34	1.18
C2	TERCER PISO	25x25	7.30/10.35	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.05	3.05	3.05	12.46	1.74	1.84	12.46	1.41	1.50
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.80	4Ø16 + ... +2Ø16	Ø6c/20 cm	3.05	3.05	3.05	34.91	3.19	2.74	34.91	2.30	1.87
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.25	4Ø20	Ø6c/21 cm	3.25	3.25	3.25	56.80	3.00	2.72	56.80	1.55	1.31
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.40	4Ø20	Ø6c/21 cm	0.10	0.10	0.10	57.61	2.55	2.12	57.61	1.00	0.81
C3	TERCER PISO	25x25	7.30/10.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	7.56	0.49	2.13	7.56	0.31	1.92
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.70	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	2.95	2.95	2.95	28.78	0.78	3.88	28.78	0.28	3.16
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.15	4Ø16	Ø6c/20 cm	3.15	3.15	3.15	49.13	1.14	3.38	49.13	0.24	2.11
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.40	4Ø16	Ø6c/20 cm	0.10	0.10	0.10	49.92	0.92	2.53	49.92	0.08	1.33
C4	TERCER PISO	25x25	7.30/10.30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	7.14	0.17	2.30	7.14	0.05	2.11
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.75	4Ø16	Ø6c/20 cm	3.00	3.00	3.00	29.51	0.85	4.10	29.51	0.30	3.33
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.15	4Ø16	Ø6c/20 cm	3.15	3.15	3.15	51.95	0.96	3.11	51.95	0.09	1.82
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.30	4Ø16	Ø6c/20 cm	0.20	0.20	0.20	52.74	1.09	2.34	52.74	0.17	1.13
C5	TERCER PISO	25x25	7.30/10.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	3.62	0.80	1.45	3.62	0.70	1.35
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.85	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	13.92	1.82	2.46	13.92	1.43	2.07
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.30	3.30	3.30	13.92	1.82	2.46	13.92	1.43	2.07
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.20	0.20	0.20	24.42	1.34	1.46	24.42	0.69	0.80
C10	TERCER PISO	35x25	7.30/10.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	32.50	5.31	0.46	32.50	5.31	0.00
	SEGUNDO PISO	35x25	3.75/6.70	4Ø16 + ... +2Ø16	Ø6c/20 cm	2.95	2.95	2.95	61.60	8.55	0.85	61.60	8.55	0.00
	PRIMER PISO	35x25	0.00/3.15	4Ø20 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.15	3.15	3.15	96.53	6.17	1.52	96.53	6.17	0.00
	PLANTA BAJA	35x25	-0.50/-0.45	4Ø20 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.05	0.05	0.05	109.25	3.01	0.00	109.25	3.01	0.00
C12	TERCER PISO	30x30	7.30/10.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	31.45	3.74	0.08	31.45	3.74	0.08
	SEGUNDO PISO	30x30	3.75/6.70	4Ø16	Ø6c/20 cm	2.95	2.95	2.95	73.39	5.68	0.00	73.39	5.68	0.00
	PRIMER PISO	30x30	0.00/3.15	4Ø20 +2Ø12 +2Ø20	Ø6c/15 cm	3.15	3.15	3.15	114.87	6.23	1.51	114.87	3.92	0.00
	PLANTA BAJA	30x30	-0.50/-0.45	4Ø20 +2Ø12 +2Ø20	Ø6c/15 cm	0.05	0.05	0.05	116.00	4.75	1.52	116.00	2.58	0.00
C13	TERCER PISO	25x25	7.30/10.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	26.86	1.09	0.82	26.86	0.51	0.31
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.70	4Ø16 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	2.95	2.95	2.95	69.11	2.76	1.13	69.11	0.30	0.11
	PRIMER PISO	25x35	0.00/3.15	4Ø25	Ø8c/21 cm	3.15	3.15	3.15	112.48	4.81	0.08	112.48	0.12	0.08
	PLANTA BAJA	25x35	-0.50/-0.40	4Ø25	Ø8c/21 cm	0.10	0.10	0.10	112.48	4.81	0.08	112.48	0.12	0.08
C15	TERCER PISO	30x30	7.30/10.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	34.35	0.27	0.71	34.35	0.27	0.71
	SEGUNDO PISO	30x30	3.75/6.75	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	78.85	1.58	0.27	78.85	0.57	0.27
	PRIMER PISO	30x35	0.00/3.15	4Ø16 +2Ø16 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.15	3.15	3.15	124.29	4.77	0.28	124.29	0.44	0.28

Pilar	Planta	Dimensión (cm)	Tramo (m)	Armaduras	Estribos	H (m)	Hpx (m)	Hpy (m)	Pésimos			Referencia		
									N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)	N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)
	PLANTA BAJA	30x35	-0.50/-0.40	4Ø16 +2Ø16 +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.10	0.10	0.10	124.29	4.77	0.28	124.29	0.44	0.28
C16	TERCER PISO	25x25	7.30/10.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	13.10	1.08	0.82	13.10	0.74	0.50
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.85	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	32.33	2.05	1.11	32.33	1.25	0.44
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.30	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.30	3.30	3.30	52.30	2.35	1.30	52.30	0.88	0.25
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.40	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.10	0.10	0.10	53.14	2.39	1.17	53.14	0.60	0.16
C21	TERCER PISO	25x25	7.30/10.35	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.05	3.05	3.05	12.70	2.25	0.97	12.70	1.90	0.66
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.80	4Ø16 +2Ø12 +2Ø16	Ø6c/15 cm	3.05	3.05	3.05	26.90	3.99	2.76	26.90	3.26	2.06
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.25	4Ø20 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.25	3.25	3.25	42.50	3.52	3.22	42.50	2.32	2.04
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.30	4Ø20 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.20	0.20	0.20	43.31	2.42	2.33	43.31	1.30	1.21
C22	TERCER PISO	25x25	7.30/10.35	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.05	3.05	3.05	11.70	1.83	1.66	11.70	1.51	1.35
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.80	4Ø16 + ... +2Ø16	Ø6c/20 cm	3.05	3.05	3.05	34.13	3.27	2.75	34.13	2.39	1.90
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.25	4Ø20	Ø6c/21 cm	3.25	3.25	3.25	56.03	3.03	2.73	56.03	1.59	1.33
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.40	4Ø20	Ø6c/21 cm	0.10	0.10	0.10	56.84	2.52	2.13	56.84	1.04	0.82
C23	TERCER PISO	25x25	7.30/10.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	11.51	0.52	2.47	11.51	0.27	2.16
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.70	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	2.95	2.95	2.95	32.77	0.74	3.84	32.77	0.20	3.03
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.15	4Ø16	Ø6c/20 cm	3.15	3.15	3.15	52.56	1.15	3.38	52.56	0.21	2.05
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.40	4Ø16	Ø6c/20 cm	0.10	0.10	0.10	53.35	0.91	2.53	53.35	0.04	1.28
C24	TERCER PISO	25x25	7.30/10.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	13.43	0.41	2.64	13.43	0.16	2.28
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.75	4Ø16	Ø6c/20 cm	3.00	3.00	3.00	35.71	1.09	3.96	35.71	0.42	3.05
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.15	4Ø16 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.15	3.15	3.15	58.08	1.21	3.33	58.08	0.19	1.90
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.30	4Ø16 +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.20	0.20	0.20	58.86	1.31	2.52	58.86	0.25	1.14
C25	TERCER PISO	25x30	7.30/10.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	6.40	1.07	2.46	6.40	0.89	2.30
	SEGUNDO PISO	25x30	3.75/6.85	4Ø16	Ø6c/20 cm	3.10	3.10	3.10	19.23	2.17	3.57	19.23	1.65	3.12
	PRIMER PISO	25x30	0.00/3.30	4Ø16	Ø6c/20 cm	3.30	3.30	3.30	19.23	2.17	3.57	19.23	1.65	3.12
	PLANTA BAJA	25x30	-0.50/-0.30	4Ø16	Ø6c/20 cm	0.20	0.20	0.20	31.87	1.63	1.88	31.87	0.80	1.17
C26	TERCER PISO	25x25	7.30/10.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	2.13	0.07	0.31	2.13	0.03	0.25
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.85	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	5.53	0.10	0.51	5.53	0.01	0.37
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.30	3.30	3.30	10.68	0.24	0.48	10.68	0.03	0.18
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	0.20	0.20	0.20	10.68	0.24	0.48	10.68	0.03	0.18
C27	TERCER PISO	25x25	7.30/10.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	7.67	0.96	0.34	7.67	0.75	0.16
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.85	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	22.42	1.80	0.67	22.42	1.23	0.23
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.25	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.25	3.25	3.25	37.46	1.69	0.82	37.46	0.78	0.12
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	0.20	0.20	0.20	38.27	1.69	0.70	38.27	0.45	0.04
C28	TERCER PISO	25x25	7.30/10.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	12.25	0.35	1.01	12.25	0.11	0.69
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.85	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	36.27	0.76	1.75	36.27	0.14	0.92
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.25	4Ø16	Ø6c/20 cm	3.25	3.25	3.25	59.96	1.15	2.65	59.96	0.09	0.68
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.30	4Ø16	Ø6c/20 cm	0.20	0.20	0.20	60.77	1.02	2.69	60.77	0.00	0.42
C29	TERCER PISO	25x25	7.30/10.40	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	5.64	2.14	1.07	5.64	1.98	0.91
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.85	4Ø16 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	18.15	3.47	2.00	18.15	2.95	1.51
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.25	4Ø16 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.25	3.25	3.25	18.93	3.36	2.03	18.93	2.82	1.52
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.30	4Ø16 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.20	0.20	0.20	32.20	2.03	1.43	32.20	1.17	0.65
C30	TERCER PISO	25x25	7.30/10.40	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	6.76	0.14	2.45	6.76	0.03	2.25

Pilar	Planta	Dimensión (cm)	Tramo (m)	Armaduras	Estribos	H (m)	Hpx (m)	Hpy (m)	Pésimos			Referencia		
									N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)	N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.85	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	17.36	0.44	3.50	17.36	0.12	3.00
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.30	3.30	3.30	17.36	0.44	3.50	17.36	0.12	3.00
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.40	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.10	0.10	0.10	27.66	0.53	2.03	27.66	0.03	1.25
C31	TERCER PISO	25x25	7.30/10.50	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.20	3.20	3.20	4.38	0.16	0.22	4.38	0.06	0.11
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.85	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	12.15	0.51	0.42	12.15	0.18	0.17
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.30	3.30	3.30	19.20	0.86	0.45	19.20	0.11	0.07
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	0.20	0.20	0.20	20.03	0.90	0.37	20.03	0.12	0.02
C32	TERCER PISO	25x25	7.30/10.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	7.02	0.42	0.47	7.02	0.25	0.29
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.85	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	16.56	0.61	0.83	16.56	0.26	0.45
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.30	3.30	3.30	25.78	0.67	1.16	25.78	0.14	0.21
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	0.10	0.10	0.10	25.78	0.67	1.16	25.78	0.14	0.21
C33	TERCER PISO	30x25	7.30/10.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	17.10	2.63	0.57	17.10	2.63	0.23
	SEGUNDO PISO	30x25	3.75/6.70	4Ø12	Ø6c/15 cm	2.95	2.95	2.95	46.71	4.05	1.04	46.71	4.05	0.27
	PRIMER PISO	30x25	0.00/3.15	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.15	3.15	3.15	75.77	2.90	3.24	75.77	1.50	0.14
	PLANTA BAJA	30x25	-0.50/-0.40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.10	0.10	0.10	75.77	2.90	3.24	75.77	1.50	0.14
C34	TERCER PISO	35x30	7.30/10.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	31.00	0.25	0.62	31.00	0.25	0.35
	SEGUNDO PISO	35x30	3.75/6.70	4Ø12	Ø6c/15 cm	2.95	2.95	2.95	82.28	0.24	1.65	82.28	0.24	0.80
	PRIMER PISO	40x30	0.00/3.15	4Ø16 +2Ø16	Ø6c/20 cm	3.15	3.15	3.15	132.11	0.00	5.07	132.11	0.00	0.34
	PLANTA BAJA	40x30	-0.50/-0.30	4Ø16 +2Ø16	Ø6c/20 cm	0.20	0.20	0.20	132.11	0.00	5.07	132.11	0.00	0.34
C35	TERCER PISO	25x25	7.30/10.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	11.74	2.39	0.20	11.74	2.08	0.02
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.70	4Ø16	Ø6c/20 cm	2.95	2.95	2.95	35.92	4.10	0.58	35.92	3.22	0.05
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.15	4Ø16 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.15	3.15	3.15	59.20	3.62	0.93	59.20	2.14	0.00
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.30	4Ø16 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.20	0.20	0.20	59.99	2.74	0.95	59.99	1.35	0.00
C36	TERCER PISO	25x30	7.30/10.35	4Ø20	Ø6c/21 cm	3.05	3.05	3.05	18.45	4.97	2.11	18.45	4.45	1.71
	SEGUNDO PISO	25x30	3.75/6.80	4Ø25 + ... +2Ø16	Ø8c/20 cm	3.05	3.05	3.05	51.58	7.60	2.92	51.58	6.20	1.93
	PRIMER PISO	25x35	0.00/3.25	4Ø25 + ... +2Ø16	Ø8c/20 cm	3.25	3.25	3.25	51.58	7.60	2.92	51.58	6.20	1.93
	PLANTA BAJA	25x35	-0.50/-0.40	4Ø25 +2Ø16	Ø8c/20 cm	0.10	0.10	0.10	84.81	5.03	0.88	84.81	2.79	0.88
C37	TERCER PISO	25x25	7.30/10.35	4Ø16 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.05	3.05	3.05	14.94	4.48	0.62	14.94	4.06	0.30
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.80	4Ø20 + ... +2Ø16	Ø6c/20 cm	3.05	3.05	3.05	36.33	6.48	1.11	36.33	5.48	0.40
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.25	4Ø20 + ... +2Ø16	Ø6c/20 cm	3.25	3.25	3.25	36.33	6.48	1.11	36.33	5.48	0.40
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.40	4Ø20 + ... +2Ø16	Ø6c/20 cm	0.10	0.10	0.10	56.86	3.66	1.13	56.86	2.13	0.11
C38	TERCER PISO	40x25	7.30/10.30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	13.06	4.60	0.36	13.06	4.60	0.12
	SEGUNDO PISO	40x25	3.75/6.75	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	34.40	6.02	0.63	34.40	6.02	0.09
	PRIMER PISO	40x25	0.00/3.20	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.20	3.20	3.20	35.60	6.10	0.51	35.60	6.10	0.00
	PLANTA BAJA	40x25	-0.50/-0.40	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.10	0.10	0.10	56.55	2.55	1.08	56.55	2.55	0.10
C39	TERCER PISO	30x25	7.30/10.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	31.38	0.27	1.28	31.38	0.27	0.14
	SEGUNDO PISO	30x25	3.75/6.75	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	73.68	0.23	3.00	73.68	0.23	0.12
	PRIMER PISO	35x30	0.00/3.20	4Ø16 + ... +2Ø16	Ø6c/20 cm	3.20	3.20	3.20	116.67	0.00	4.55	116.67	0.00	0.14
	PLANTA BAJA	35x30	-0.50/-0.30	4Ø16 + ... +2Ø16	Ø6c/20 cm	0.20	0.20	0.20	116.67	0.00	4.55	116.67	0.00	0.14
C40	TERCER PISO	25x25	7.30/10.30	4Ø12 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	12.54	2.86	0.43	12.54	2.52	0.18
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.75	4Ø16 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.00	3.00	3.00	36.15	4.60	0.88	36.15	3.66	0.25
	PRIMER PISO	30x25	0.00/3.20	4Ø16 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.20	3.20	3.20	36.93	4.39	0.94	36.93	3.45	0.29

Pilar	Planta	Dimensión (cm)	Tramo (m)	Armaduras	Estribos	H (m)	Hpx (m)	Hpy (m)	Pésimos			Referencia		
									N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)	N (t)	Mx (t-m)	My (t-m)
	PLANTA BAJA	30x25	-0.50/-0.30	4Ø16 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.20	0.20	0.20	61.91	3.37	1.18	61.91	2.09	0.11
C41	TERCER PISO	25x25	7.30/10.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	1.74	0.68	0.44	1.74	0.63	0.39
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.80	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.05	3.05	3.05	15.38	1.75	1.27	15.38	1.35	0.89
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.25	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.25	3.25	3.25	16.15	1.79	1.21	16.15	1.37	0.81
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	0.10	0.10	0.10	43.64	1.24	0.17	43.64	1.24	0.17
C42	TERCER PISO	25x25	7.30/10.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	5.22	0.35	0.23	5.22	0.22	0.11
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.80	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.05	3.05	3.05	36.22	1.50	0.54	36.22	0.64	0.00
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.25	4Ø16 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.25	3.25	3.25	66.03	2.92	1.24	66.03	0.29	0.08
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.35	4Ø16 + ... +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.15	0.15	0.15	66.03	2.92	1.24	66.03	0.29	0.08
C43	TERCER PISO	25x25	7.30/10.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	6.48	1.03	0.20	6.48	0.85	0.07
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.80	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.05	3.05	3.05	18.71	1.63	0.41	18.71	1.15	0.09
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.25	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.25	3.25	3.25	29.74	1.32	0.61	29.74	0.35	0.07
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	0.10	0.10	0.10	29.74	1.32	0.61	29.74	0.35	0.07
C44	TERCER PISO	25x25	7.30/10.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	1.49	0.22	0.50	1.49	0.18	0.45
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.80	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.05	3.05	3.05	3.96	0.39	0.77	3.96	0.29	0.66
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.30	3.30	3.30	4.73	0.36	0.76	4.73	0.24	0.64
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	0.20	0.20	0.20	12.60	0.33	0.10	12.60	0.33	0.10
C45	TERCER PISO	25x25	7.30/10.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	7.53	1.02	0.21	7.53	0.81	0.07
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.80	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.05	3.05	3.05	24.14	1.87	0.50	24.14	1.27	0.09
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.25	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.25	3.25	3.25	40.39	1.79	0.76	40.39	0.47	0.05
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.30	4Ø12	Ø6c/15 cm	0.20	0.20	0.20	40.39	1.79	0.76	40.39	0.47	0.05
C46	TERCER PISO	25x25	7.30/10.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	13.08	0.44	0.88	13.08	0.17	0.56
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.80	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.05	3.05	3.05	37.39	0.94	1.55	37.39	0.26	0.40
	PRIMER PISO	25x25	0.00/3.25	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.25	3.25	3.25	60.04	1.01	2.66	60.04	0.00	0.21
	PLANTA BAJA	25x25	-0.50/-0.30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.20	0.20	0.20	60.04	1.01	2.66	60.04	0.00	0.21
C47	TERCER PISO	25x25	7.30/10.40	4Ø12	Ø6c/15 cm	3.10	3.10	3.10	5.90	1.98	1.09	5.90	1.80	0.93
	SEGUNDO PISO	25x25	3.75/6.80	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.05	3.05	3.05	18.21	3.07	2.02	18.21	2.58	1.54
	PRIMER PISO	30x25	0.00/3.25	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	3.25	3.25	3.25	18.98	2.98	1.98	18.98	2.46	1.49
	PLANTA BAJA	30x25	-0.50/-0.30	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	0.20	0.20	0.20	32.64	2.23	1.58	32.64	1.50	0.77

3.4.5. Análisis, cálculo y diseño estructural de los pilotes de H°A°

Los pilotes para la Unidad Educativa Colonia Linares cuentan con las siguientes características:

- Material: Hormigón Armado $f_{ck} = 210 \text{ kg/cm}^2$; fierro $f_{yk} = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Serán pilotes perforados, con camisa recuperable y hormigonados in situ.

- La cantidad de pilotes estará de acuerdo a la cantidad de carga que soportarán en algunos casos de tres pilotes por cada columna, en algunos casos contara con cuatro pilotes bajo columna
- El tipo de encepado que se usará para los pilotes será rígido en forma de triángulo equilátero y cuadrado para el caso de cuatro pilotes.
- Todos los pilotes calculados son de longitud variable por lo que se tratará de uniformizar la longitud en general.

La armadura del pilote se usara de acuerdo a lo estipulado en la norma EHE descrito en el punto **2.4.4.3.2.5 El armado en pilotes inciso b)** considerando también la tabla 16.

Todos los cálculos se encuentran en el Anexo 2.3. A continuación se presenta una planilla resumen de la disposición de armaduras como también sus dimensiones de la fundación elegida:

3.4.5.1. Cargas que llegan al cabezal del pilote

Pilar	Pésimos		
	N	Mx	My
	(t)	(t·m)	(t·m)
C1	47.24	0	0.94
C2	65.43	1.31	0.19
C3	62.08	1.24	0.21
C4	61.84	1.24	0.07
C5-C30	59.4	0.71	0.62
C10	109.52	2.22	0
C12	125.79	2.52	0
C13	123.37	2.47	0
C15	132.65	2.65	0
C16-C36	147.56	3.1	1.37
C21	47.2	0	0.94
C22	64.66	1.29	0.2
C23	65.51	1.31	0.21
C24	67.96	1.36	0.06
C25-C41	79.75	0.79	0.92
C26	13.9	0.28	0.14
C27	43.77	0.88	0.15

Pilar	Pésimos		
	N	Mx	My
	(t)	(t·m)	(t·m)
C28	68.53	1.37	0
C29	39.14	0.15	0.78
C31	23.98	0.02	0.48
C32	27.94	0.11	0.56
C33	81.54	0	1.63
C34	138.75	0	2.78
C35	69.58	0.1	1.39
C37	63.22	0	1.26
C38	63.84	0.54	1.28
C39	123.23	0.29	2.46
C40	71.81	0.16	1.44
C42	86.96	1.74	0.19
C43	34.8	0.7	0.25
C44	12.65	0.13	0.27
C45	46.96	0	0.94
C46	67.81	1.36	0.07
C47	39.9	0.49	0.8

3.4.5.2. Resumen de pilotes por fricción

LONGITUD DE PILOTES	DIÁMETRO DE FIERROS		DIÁMETRO DEL PILOTE (m)
	LONGITUDINAL	ESTRIBOS	
Pilotes bajo columna C1 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C2 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C3 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C4 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C5 - C30 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C10 = 3P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C12 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C13 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C15 = 4P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C16 - C36 = 4P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C21 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C22 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C23 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C24 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C25 - C41 = 4P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C26 = 3P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C27 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C28 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C29 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C31 = 3P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C32 = 3P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C33 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C34 = 4P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C35 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C37 = 3P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C38 = 3P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C39 = 4P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C40 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C42 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C43 = 3P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C44 = 3P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C45 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C46 = 3P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C47 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5

Pilotes con Expander Body

Pilotes perforados Hormigonad In Situ

Longitud total de pilotaje = 2105.5 m

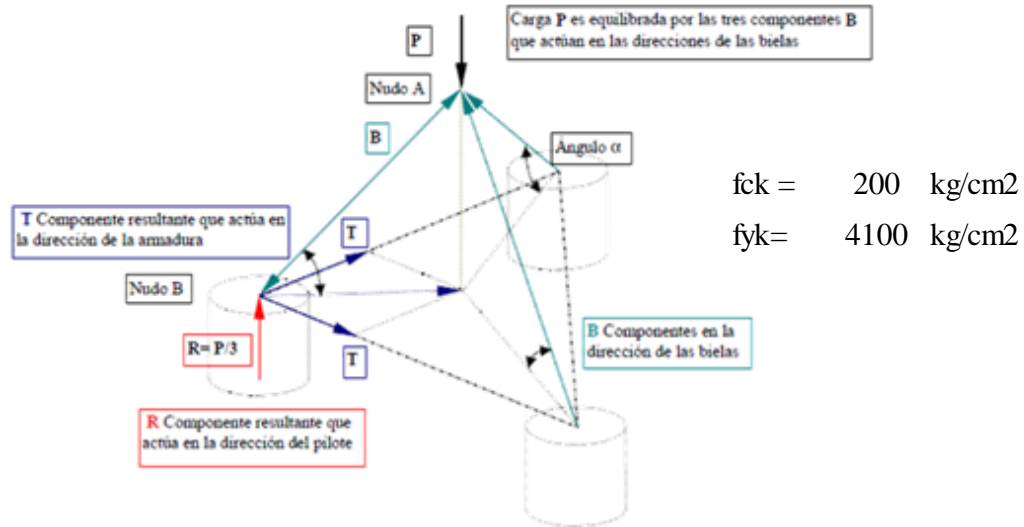
FACTOR DE SEGURIDAD = 3

Numero de pilotes = 119

3.4.5.3. Cálculo y diseño del encepado

Encepado triangular para tres pilotes (triángulo equilátero)

Esquema de descomposición de la carga



Datos:

Carga de diseño $P = 98.93 \text{ Tn}$ Caso mas critico (C33)

Dimensiones columna = 30 x 25 cm

Dimensiones pilotes $\varnothing = 50 \text{ cm}$

Separacion entre pilotes = 150 cm = 3 d

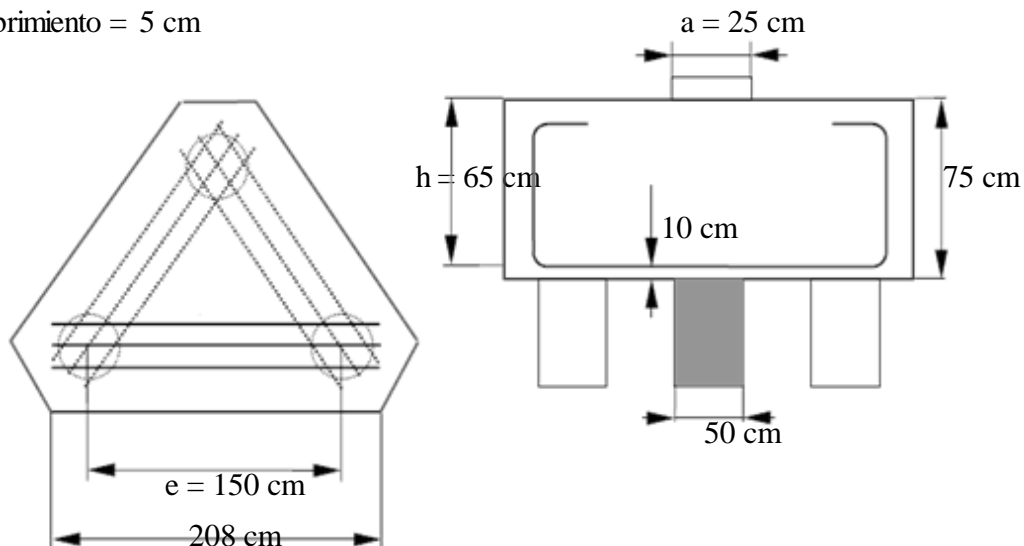
Altura del cabezal = 75 cm

Penetracion del pilote en el cabezal comprendida entre 10 cm - 15 cm = 10 cm

El vuelo del encepado es $\geq 25 \text{ cm}$ o $\geq \varnothing/2 = 25 \text{ cm}$

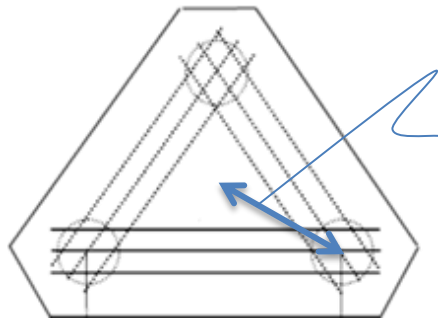
El ángulo α debe estar entre $40^\circ \leq \alpha \leq 55^\circ$ en este caso $\alpha = 50.2^\circ$ OK

recubrimiento = 5 cm



Para el calculo del encepado se debe tener en cuenta que existen dos tipos flexibles y rigidos en funcion a la siguiente condicion.

Si el vuelo no supera en cualquier direccion no supera el doble del canto total ($v < 2h$) se consideran encepados rigido caso contrario encepados flexibles.



$$\begin{aligned} \text{vuelo} & & 2 \cdot H \\ 75 \text{ cm} & < & 150 \text{ cm} \end{aligned}$$

encepado rigido no necesita armadura a cortante

Calculo del esfuerzo en la armadura

$$T = \frac{P}{9h} \left(e - \frac{a}{2} \right) = 25.19 \text{ Tn} = 25190.51 \text{ Kg}$$

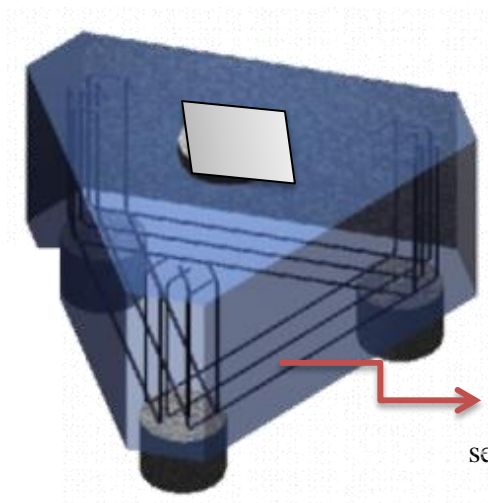
Calculo de la seccion de armadura

$$\begin{aligned} \sigma_{adm} &= 3565 \text{ kg/cm}^2 \\ \Omega &= \frac{T}{\sigma_{adm}} = 7.066 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Calculo del numero de barras

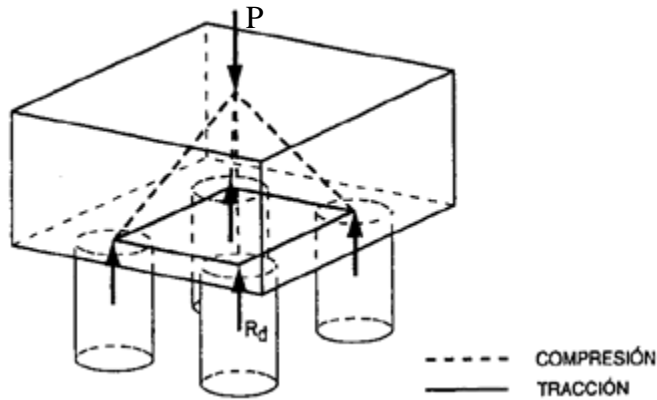
$$\phi_b = 20 \text{ mm} \longrightarrow A_b = 3.142 \text{ cm}^2$$

$$N^\circ \text{ barras} = \frac{\Omega}{\Omega_{barra}} = 3 \text{ barras de } \phi 20$$



3 barras de Ø 20
separacion = 20 cm

Encepado cuadrado o rectangular para cuatro pilotes D=0,5m



Datos:

Carga de diseño $P = 119.39 \text{ Tn}$

Dimensiones columna = 50 x 35 cm *dos columnas llegan a ese encepado*

Dimensiones pilotes $\varnothing = 50 \text{ cm}$

Separacion entre pilotes = 150 cm = 3 d

Altura del cabezal = 75 cm

recubrimiento = 5 cm

Penetracion del pilote en el cabezal comprendida entre 10 cm - 15 cm = 10 cm

El vuelo del encepado es $\geq 25 \text{ cm}$ o $\geq \varnothing/2 = 25 \text{ cm}$

Para encepado bajo dos columnas se debera colocar armadura en la parte superior formando un dado que absorba las cargas provenientes de las columnas y las transmita al encepado

Para el calculo del encepado se debe tener en cuenta que existen dos tipos flexibles y rigidos en funcion a la siguiente condicion.

Si el vuelo no supera en cualquier direccion no supera el doble del canto total ($v < 2h$) se consideran encepados rigido caso contrario encepados flexibles.



$$T_{1,d} = \frac{R_d}{0,85d} (0,50l_1 - 0,25a_1) = A_s \cdot f_{yd} \quad A_{s1} = 18,47 \text{ cm}^2$$

$$T_{2,d} = \frac{R_d}{0,85d} (0,50l_2 - 0,25a_2) = A_s \cdot f_{yd} \quad A_{s2} = 19,08 \text{ cm}^2$$

Calculo del numero de barras sobre cada pilote

$$\phi_b = 20 \text{ mm} \longrightarrow A_b = 3,142 \text{ cm}^2$$

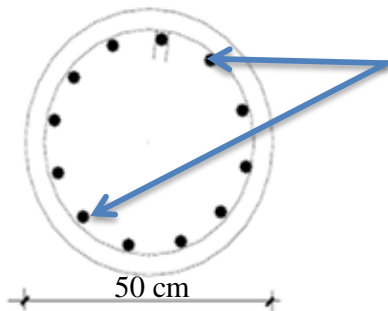
$$N^\circ \text{ barras} = \frac{\Omega}{\Omega_{\text{barra}}} = 6 \text{ barras de } \phi 20 \text{ c/ } 13 \text{ cm Armadura principal}$$

$$\phi_b = 20 \text{ mm} \longrightarrow A_b = 3,142 \text{ cm}^2$$

$$N^\circ \text{ barras} = \frac{\Omega}{\Omega_{\text{barra}}} = 7 \text{ barras de } \phi 20 \text{ c/ } 10 \text{ cm Armadura secundaria}$$

Armadura secundaria: Parrilla inferior y superior = $\phi 10$ c/20

Armadura de piel: 2 c/ 25 cm



ARMADURA LONGITUDINAL
10 $\phi 12$ c/14 cm

Diametro de la columna $\phi_c = 50$ cm

recubrimiento $r = 7$ cm

diametro de la armadura longitudinal $\phi_s = 12$ mm

N° de fierros A_s longitudinal $N^\circ = 10$

propuesta de estribos cerrados $\phi = 10$ c/ 0 cm

Armadura longitudinal

El área del acero de refuerzo longitudinal para elementos no compuestos sujetos a compresión, no debe ser menor de 0.01, ni mayor que 0.8 veces el área total de la sección

$$A_{s \text{ long}} = 0,5\% \cdot A_c \quad \text{UNE-EN 1536}$$

$$A_{s \text{ long}} = 0,005 \cdot 0,2 = 0,000981748 \text{ m}^2$$

$$A_{s \text{ long}} = 9,817 \text{ cm}^2 \leq A_{s \text{ eleg}} = 11,31 \text{ cm}^2 \quad \text{OK}$$

Estribos

Separación: Según norma = $15 \cdot \phi_b$

$\phi 10$ c/ 15

3.4.6. Diseño de la escalera

A continuación se muestra un resumen de las dimensiones de las escaleras como su armadura, las comprobaciones como un resumen del cálculo se encuentra más a detalle en el Anexo 2.4

3.4.6.1. Escalera 1

a) Geometría

Ámbito: 2.000 m

Huella: 0.300 m

Contrahuella: 0.188 m

Peldañado: *Hormigonado con la losa*

b) Cargas

Peso propio: 0.525 t/m^2

Peldañado: 0.199 t/m^2

Barandillas: 0.300 t/m

Solado: 0.100 t/m^2

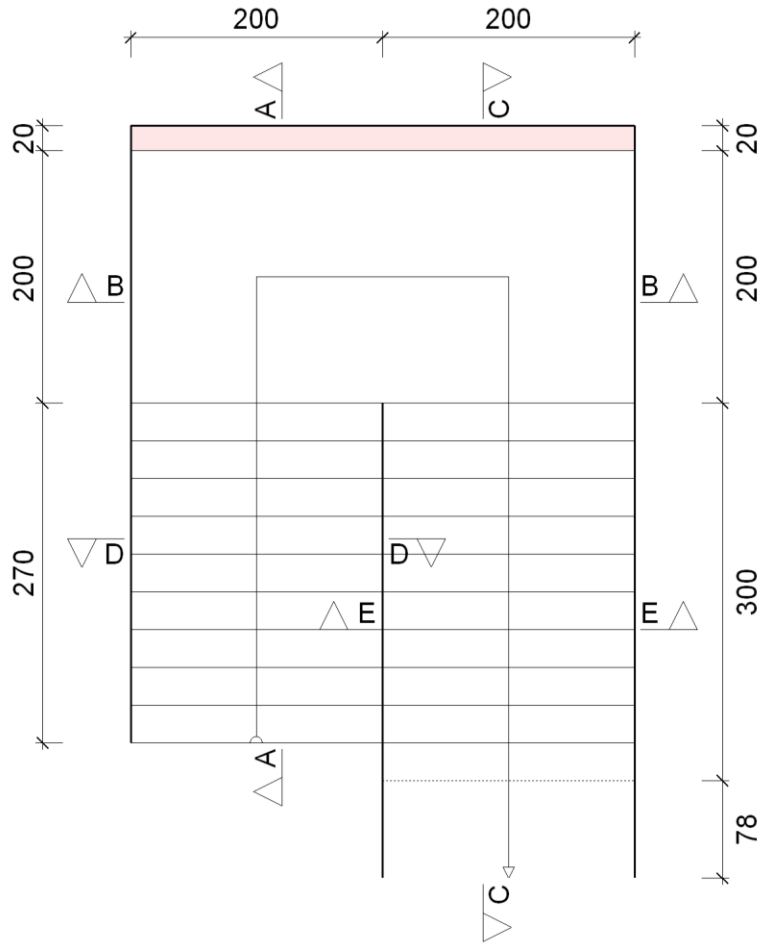
Sobrecarga de uso: 0.300 t/m^2

c) Tramos

Tramo único

d) Geometría

- Planta final: PRIMER PISO
- Planta inicial: PLANTA BAJA
- Espesor: 0.21 m
- Huella: 0.300 m
- Contrahuella: 0.188 m
- N° de escalones: 20
- Desnivel que salva: 3.75 m
- Apoyo de las mesetas: Muro de fábrica (Ancho: 0.20 m)



e) Resultados

Armadura			
Sección	Tipo	Superior	Inferior
A-A	Longitudinal	Ø10c/20	Ø16c/10
B-B	Longitudinal	Ø10c/20	Ø16c/10
C-C	Longitudinal	Ø10c/20	Ø16c/10
D-D	Transversal	Ø8c/15	Ø8c/15
E-E	Transversal	Ø8c/15	Ø8c/15

Reacciones (t/m)		
Posición	Carga permanente	Sobrecarga de uso
Arranque	3.38	0.95
Meseta	3.32	0.67
Entrega	2.86	0.85

3.4.6.2. Escalera 2

a) Geometría

Ámbito: 2.000 m

Huella: 0.300 m

Contrahuella: 0.175 m

Peldañado: *Hormigonado con la losa*

b) Cargas

Peso propio: 0.525 t/m^2

Peldañado: 0.189 t/m^2

Barandillas: 0.300 t/m

Solado: 0.100 t/m^2

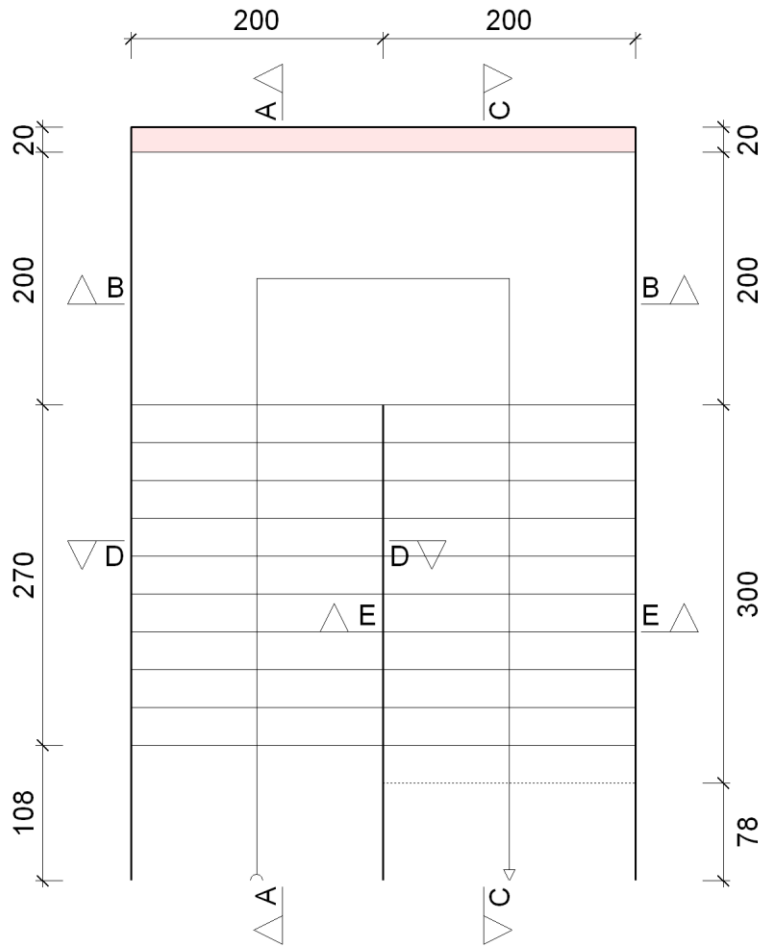
Sobrecarga de uso: 0.300 t/m^2

c) Tramos

Tramos consecutivos iguales: 2

d) Geometría

- Planta final: TERCER PISO
- Planta inicial: PRIMER PISO
- Espesor: 0.21 m
- Huella: 0.300 m
- Contrahuella: 0.175 m
- N° de escalones: 20
- Desnivel que salva: 3.50 m
- Apoyo de las mesetas: Muro de fábrica (Ancho: 0.20 m)



e) Resultados

Armadura			
Sección	Tipo	Superior	Inferior
A-A	Longitudinal	Ø8c/20	Ø16c/10
B-B	Longitudinal	Ø8c/20	Ø16c/10
C-C	Longitudinal	Ø8c/20	Ø16c/10
D-D	Transversal	Ø8c/20	Ø8c/20
E-E	Transversal	Ø8c/20	Ø8c/20

Reacciones (t/m)		
Posición	Carga permanente	Sobrecarga de uso
Arranque	3.02	0.92
Meseta	3.62	0.81
Entrega	3.14	0.94

3.5. Presupuesto general y Precios unitarios

Para una determinación del presupuesto general se determinaron primeramente los precios unitarios, tanto el presupuesto general como los precios unitarios se realizaron con la ayuda de una herramienta computacional conocida con PRESCOM. (Anexo 5)

En los precios unitarios se incluyen los materiales y mano de obra necesarios para la realización del ítem correspondiente con la maquinaria mínima requerida si es que esta es necesaria.

También se incluyen otro tipo de gastos que incurren en el ítem como ser:

Cargas Sociales	67 % Subtotal mano de obra
Impuesto al valor agregado	14.94% Subtotal mano de obra Cargas Sociales
Herramientas menores	5 % Total mano de obra
Gastos generales y administrativos	10 % Sub total
Utilidad	10% Sub total Gastos Generales y administrativos
Impuesto a las transacciones	3.09 % Parcial

Los precios de materiales que no se encontraban en la base de datos del programa o en la revista de precios unitarios expendido en nuestra localidad fueron cotizadas en tiendas locales.

Determinado los precios unitarios se introdujeron las cantidades de material necesario en cada ítem en las unidades correspondientes determinados en los cómputos métricos (Anexo 4) con el cual se determinó el presupuesto general de la obra con un valor de 4750815.87 Bs precio que incluye desde la instalación de faenas, junto a la demolición de la estructura existente, hasta los precios de la instalación hidro-sanitaria y eléctrica, con limpieza general y colocado de placa conmemorativa una vez concluida la obra.

3.6. Cronograma de ejecución y frentes de trabajo

El cronograma de ejecución se encuentra detallado en el Anexo 6 en donde se puede distinguir la duración de cada actividad, la ruta crítica así como la duración necesaria para

la realización del proyecto. Los días necesarios para las actividades se dividieron de acuerdo a los frentes de trabajo planteados detallado en el Anexo 6.

De acuerdo a experiencia se tiene que una mezcladora puede realizar 8 m³/día dependiendo del tiempo de vaciado máximo con el que se cuenta y en función a los volúmenes que se tienen que vaciar.

Para el caso mas crítico se formarán dos frentes de trabajo, un frente por bloque, conformado por tres cuadrillas de personas conformado de la siguiente manera

4 personas	Carretilla
2 personas	Grava
2 personas	Arena
1 persona	Mezcladora
1 persona	Maestro Albañil
3 ayudantes	

Cantidad de personal necesario: 13 personas por cuadrilla, tres cuadrillas por frente y un frente por bloque: haciendo un total de 78 personas.

Teniendo un estimado de los frentes de trabajo, así como los rendimientos en cada ítem se determinó un aproximado en la duración de la ejecución por cada ítem, dando un total de 225 días calendario (8 meses).

3.7. Especificaciones Técnicas

Las especificaciones Técnicas se encuentran detalladas en el Anexo 3 en donde se contempla los requisitos mínimos de mano de obra, herramientas y equipo necesario así como también el procedimiento para la ejecución.

CAPITULO IV

APORTE

ACADÉMICO:

PILOTAJE

4.1. Introducción

El diseño de pilotes es un tema bastante amplio y aun se tiene bastante por estudiar, esto debido a que en cuanto al terreno que se funda reacciona en forma distinta en cada caso y lugar en el cual al que este fundado. El cambio climático por la cual atraviesa el planeta en estos momentos hace, además, que este cálculo sea realizado en una forma que se adapte más a las condiciones del lugar, para ello es necesario una visita al sitio en el cual se va a realizar ese tipo de fundación y realizar un buen estudio de suelos.

4.2. Importancia de las cimentaciones

Es evidente que para que una estructura ofrezca una seguridad y comportamiento razonable ha de contar con una cimentación adecuada. Aunque la cimentación es algo que no llama la atención y para inadvertida por los usuarios de la estructura, la organización de sus elementos básicos y el estudio de cada una de sus partes suele a veces exigir del ingeniero o proyectista la mayor destreza y el mejor criterio del que normalmente necesita para redactar el proyecto. La construcción de una cimentación es, a veces, el trabajo más difícil de todos los que se presentan al realizar una obra.

La responsabilidad del buen funcionamiento de una cimentación recae sobre el que la estudia y proyecta. El constructor podrá tener problemas para realizar lo que figura en los planos y especificaciones pero no es responsable del mal criterio que se haya seguido para concebir y diseñar el proyecto. También los que proyectan la estructura y deben tomar las decisiones vitales han de enfrentarse a problemas complejos.

4.3. Condiciones de utilización

Las cimentaciones por pilotaje se utilizan cuando:

- No existe firme en una profundidad alcanzable con zapatas o pozos ($h \geq 5\text{m}$).
- Se quieren reducir o limitar los asientos del edificio.
- La permeabilidad u otras condiciones del terreno impiden la ejecución de cimentaciones superficiales.
- Las cargas son muy fuertes y concentradas (caso de torres sobre pocos pilares).
- Asientos imprevisibles pero existiendo terreno profundo resistente
- Cuando el terreno de cimentación puede sufrir grandes variaciones (retracción...)
- Cuando existen cargas inclinadas de consideración
- Cuando sea necesario un recalce de cimentaciones existentes

Actualmente los pilotes alcanzan profundidades de 50 m o superiores y diámetros de 2 a 4 m, con cargas por encima de las 200 t.

Si el estrato firme está muy profundo ($>25\text{ m}$) deberán estudiarse otras alternativas (mejora y consolidación del terreno, cimentaciones compensadas. Lo mismo cuando se trata de áreas extensas poco cargadas (naves, almacenes...))

4.4. Formas de trabajo y solicitaciones de los pilotes

Transmite cargas al terreno. Tiene dos formas fundamentales de trabajo:

- a) **Pilotes flotantes:** inmersos en terrenos de resistencia media a baja sin que se pueda llegar a un estrato profundo suficientemente resistente. La carga que transmite al terreno en su mayor parte es por rozamiento del fuste.
- b) **Pilotes columna:** empotrados en una base mucho más resistente que el terreno superior y que trabajan predominantemente por punta.

4.4.1. Acciones verticales y horizontales

Al ir aumentando la carga sobre un pilote flotante cada vez llega a la punta un porcentaje mayor de aquella y en la rotura se produce la plastificación de un bulbo de terreno en torno a la base del pilote. Se han propuesto hipótesis muy diversas sobre la forma y dimensiones de ese bulbo plastificado.

En los pilotes columna es importante que la capa de apoyo tenga resistencia y espesor suficiente para que no se produzcan fenómenos de punzonamiento bajo las fuertes cargas que llegan a la punta.

En la cimentación de un edificio los pilotes estarán sometidos predominantemente a cargas verticales de una construcción, pero en algunos casos deben tenerse en cuenta otros tipos de sollicitaciones como son:

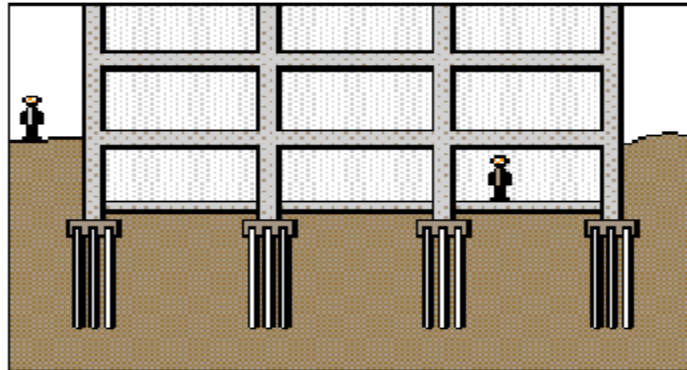


Figura 1. Pilotes en edificaciones¹

- Cargas horizontales debidas al viento, empujes de arcos o muros, etc. (Fig. 23)
- ROZAMIENTO NEGATIVO al producirse el asiento del terreno en torno a pilotes columna por haber extendido rellenos o sobrecargas, rebajar el nivel freático o tratarse de suelos blandos aún en proceso de consolidación. (Fig. 24)

¹ Escuela Técnica Superior de Edificación Madrid E.T.S.E.M.

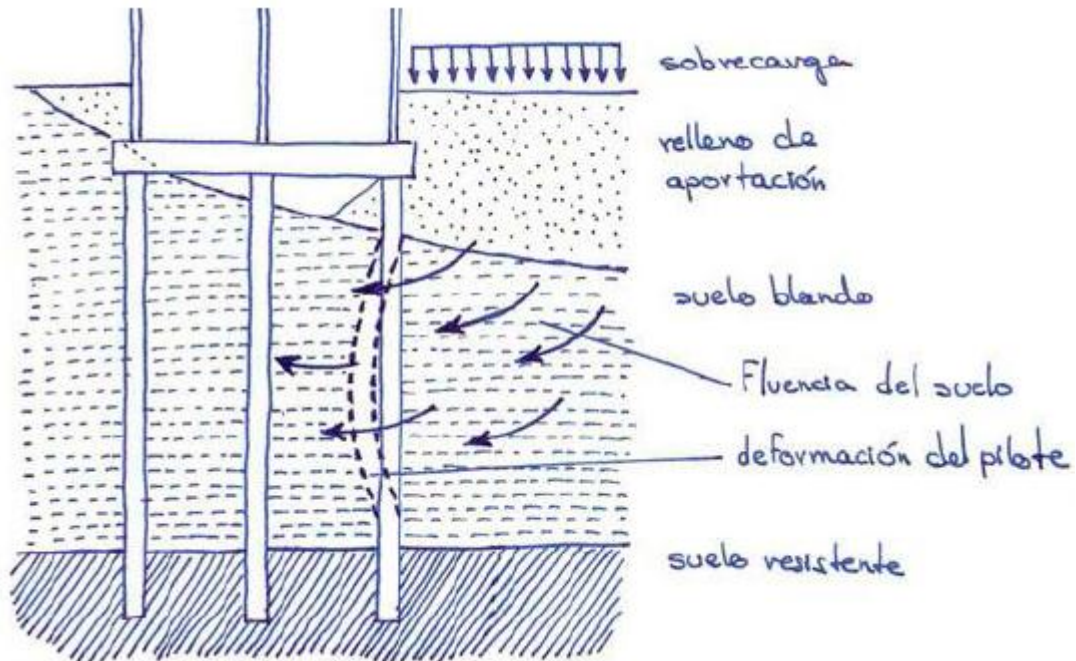


Figura 2. Empuje inclinado en los pilotes²



Figura 3. Pilotes expuestos debido a la no consolidación del terreno³

4.5. Clasificación

Los pilotes se construyen en una gran variedad de tamaños, formas, y materiales para adaptarse a muchos requisitos especiales, incluyendo la competencia económica.

² Escuela Técnica Superior de Edificación Madrid E.T.S.E.M.

³ Escuela Técnica Superior de Edificación Madrid E.T.S.E.M.

4.5.1. Pilotes de madera

Probablemente los pilotes de madera son los más utilizados en todo el mundo. Bajo muchas circunstancias proporcionan cimentaciones seguras y económicas. Los pilotes de madera no pueden soportar los esfuerzos debidos a un fuerte hincado, en ocasiones necesarias para penetrar mantos muy resistentes. Pueden reducirse los daños a las puntas usando regatones de acero, pero, para un tipo dado de martinete, el peligro de romper los pilotes puede reducirse mucho únicamente limitando el esfuerzo inducido en la cabeza del pilote y el número de golpes del martillo.

Aunque los pilotes de madera pueden durar indefinidamente cuando están rodeados permanentemente por un suelo saturado, están sujetos a pudrirse por encima de la zona de saturación. En algunas localidades pueden destruirse por insectos como las termitas. La vida de los pilotes de madera, por encima del nivel del agua puede aumentarse mucho tratándolos a presión con creosota. La duración efectiva con este tratamiento todavía no se ha determinado bien, pero se sabe que excede a los 40 años.

Los pilotes de madera en aguas estancadas o saladas también están sujetos al ataque por varios organismos marinos como el teredo y la limnoria. El deterioro puede ser completo en unos cuantos años o, en condiciones extremadamente desfavorables, en unos cuantos meses.

4.5.2. Pilotes de hormigón

Poco después de 1900 se idearon varios tipos de pilotes de hormigón. Desde entonces han aparecido numerosas variantes, y en la actualidad se dispone de una gran variedad de pilotes entre los cuales el ingeniero puede elegir el que mejor se adapte a una obra determinada. Los pilotes de hormigón pueden dividirse en dos categorías principales, colados en el lugar y precolados. Los colados en el lugar pueden subdividirse en pilotes con y sin ademe.

El hormigón de un pilote con ademe se cuela dentro de un molde, que usualmente consiste en un forro de metal o tubo delgado que se deja en el terreno. El forro puede ser tan delgado que su resistencia se desprecia al evaluar la capacidad estructural del pilote, pero, sin embargo, debe tener la resistencia suficiente para que no sufra colapso bajo la presión del terreno que lo rodea antes de que se llene con hormigón. Los forros muy delgados y los tubos

no pueden hincarse sin estar soportados en el interior por un mandril, que en si es una fuente de gastos y a veces origina dificultades de construcción.

La supresión del ademe o forro reduce el costo de los materiales que se utilizan en el pilote; por lo tanto hay incentivos económicos en el desarrollo de pilotes sin ademe. Varios de los primeros tipos se formaron hincando un tubo abierto en el terreno, limpiándolo, y llenando la perforación de hormigón al ir sacando el tubo. Por ejemplo, al formar el pilote sin ademe tipo Franki, se deja caer directamente un martinete de gravedad en una masa de concreto en la parte inferior del tubo de hincado; el rozamiento entre el hormigón y el tubo, hinca el tubo en el terreno. Cuando se ha alcanzado la profundidad necesaria, se levanta ligeramente el tubo de hincado y se sostiene para que no penetre más al seguir echando hormigón, en tanto que el martillo sigue golpeando para que el hormigón penetre en el suelo y forme un pedestal. Luego se retira el tubo progresivamente mientras se inyectan cantidades adicionales de hormigón, compactándolo para ir formando el fuste del pilote, que presenta una superficie exterior áspera donde queda en contacto con el suelo. La variante con ademe se forma de la misma manera hasta que se crea el pedestal, luego, se inserta un forro de acero corrugado en el tubo para hincar, se coloca un tapón de hormigón en el fondo del forro, sobre el pedestal, y se hinca para que arrastre al forro dentro de la parte superior del pedestal aun sin fraguar. Se saca el tubo para hincar y el resto se llena de hormigón.

Los pilotes precolados de hormigón se fabrican de muchas formas. Un tipo muy usado comúnmente para los caballetes de los puentes, y ocasionalmente en los edificios, es de sección cuadrada, armado en su interior y acabado en punta, para facilitar así su hincado. Estos pilotes deben reforzarse para soportar su manejo hasta que están listos para hincarse, y los esfuerzos de hincado. Si se ha subestimado la longitud necesaria, resulta muy difícil prolongarlos, cortarlos es caro por lo que los fabricantes los realizan de muchas medidas diferentes.

Los pilotes precolados pueden ser también preesforzados. Con el preesforzado se trata de reducir las grietas por tensión durante su manejo e hincado y de proporcionar resistencia a los esfuerzos de flexión.

Como la mayor parte de los pilotes de hormigón pueden hincarse hasta alcanzar una alta resistencia sin daño, usualmente es posible asignarles mayores cargas admisibles que a los pilotes de madera.

Bajo condiciones ordinarias no están sujetos a deterioro y pueden usarse arriba del nivel del agua freática. Las sales del agua de mar y la humedad marina, atacan el refuerzo en los pilotes a través de las grietas en el hormigón; al formarse el óxido el hormigón se desconcha. La mejor protección es usar un hormigón denso y de alta calidad. El deterioro de los pilotes pre-esforzados no es tan rápido porque las grietas de tensión se reducen al mínimo.

4.5.3. Pilotes de acero

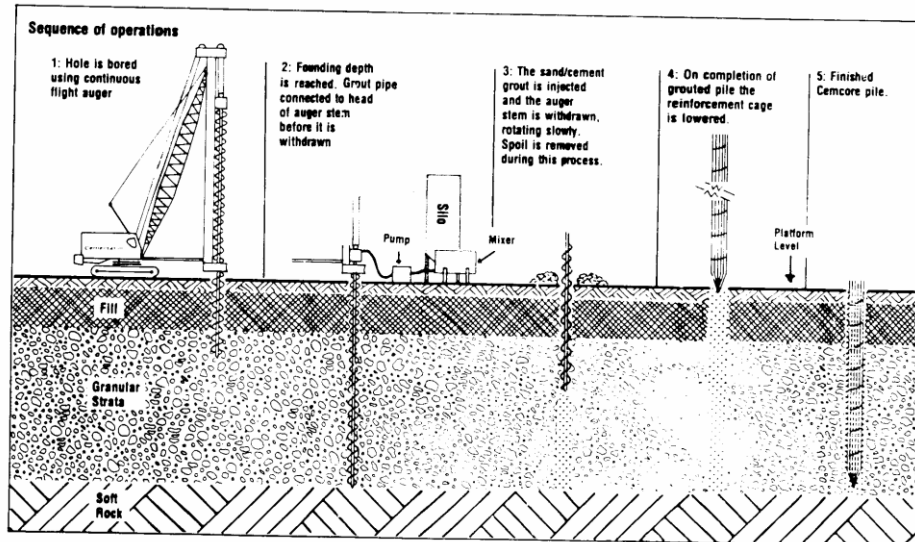
Se utilizan mucho como pilotes los tubos de acero, que usualmente se llenan de hormigón después de hincados, y los perfiles de acero en H cuando las condiciones requieren un hincado violento, longitudes desusadamente grandes o elevadas cargas de trabajo por pilote.

Los pilotes de perfiles de acero en H penetran en el terreno más fácilmente que otros tipos, en parte porque desalojan relativamente poco material. En consecuencia se usan frecuentemente para alcanzar un estrato de gran capacidad de carga a gran profundidad. Si el hincado es difícil y especialmente si el material superior obstrucciones o gravas gruesas, es posible que los patines se dañen y los pilotes se tuerzan o se doblen. Pueden producirse pocos defectos serios y pueden notarse los síntomas durante el hincado. Cuando las condiciones sugieran la posibilidad de estos daños, las puntas de los pilotes deben reforzarse.

Los pilotes de acero están sujetos a la corrosión. El deterioro es usualmente insignificante, si todo el pilote está enterrado en una formación natural, pero puede ser intenso en algunos rellenos debido al oxígeno atrapado. Si los pilotes se prolongan hasta el nivel del terreno, o más arriba del mismo, las zonas inmediatas arriba y abajo del nivel del suelo, son especialmente vulnerables. Una buena defensa para el acero es recubrir las zonas vulnerables con hormigón.

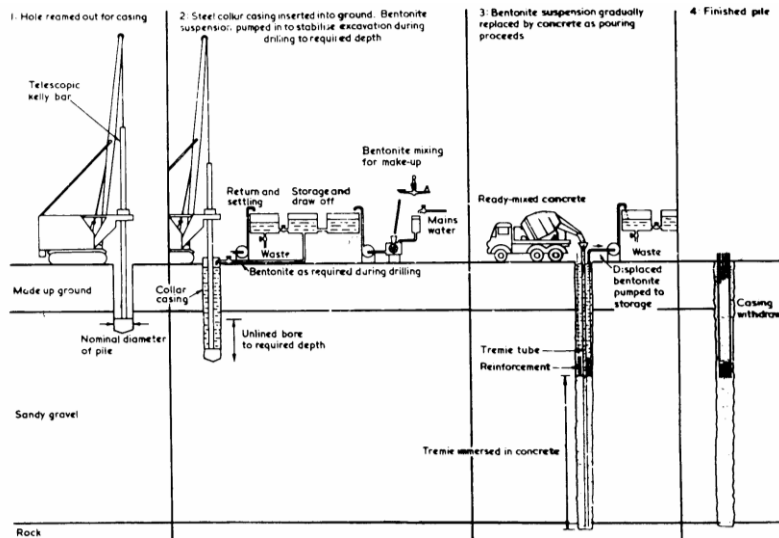
PILOTE BARRENADO SIN SOSTENIMIENTO

- Perforación mediante barrena
- Hormigonado por el interior de la barrena y extracción simultánea de la barrena
- Se introduce la armadura con el hormigón fresco



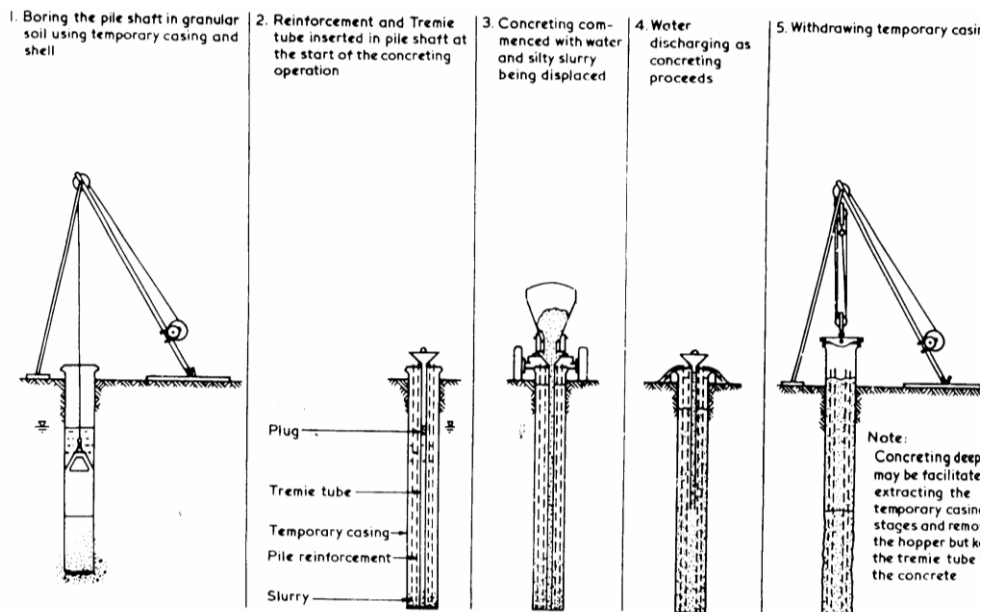
PILOTE PERFORADO SIN ENTUBACIÓN Y CON LODOS BENTONÍTICO

- Perforación mediante helice
- Lodo bentonítico de densidad mayor que la del agua y menor que la del terreno. Es capaz de transmitir cierta presión en la perforación
- Se hormigona desde el extremo inferior. El propio hormigón desaloja el lodo.
- La armadura se introduce con el hormigón fresco



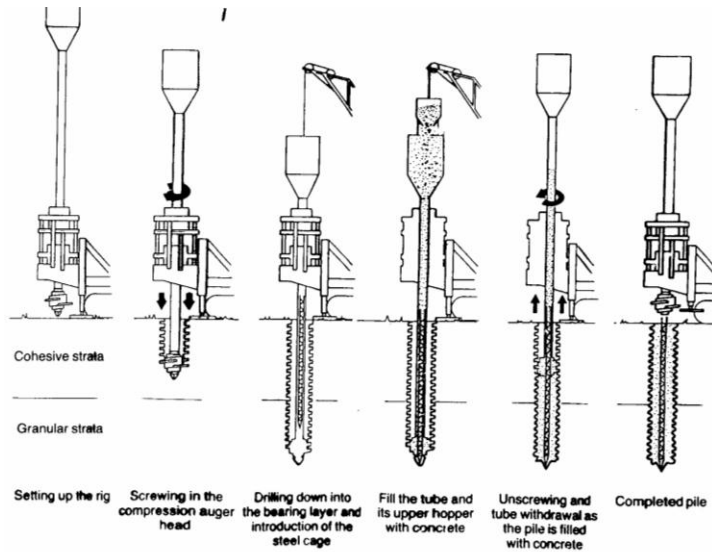
PILOTE EXCAVADO CON CAMISA RECUPERABLE

- Se excava con cuchara (suelo granular)
- Se introduce camisa de chapa a tiempo que se avanza con la cuchara
- Se introduce armadura en el interior vacío de la camisa
- Se introduce tubo para hormigonar por el interior de la armadura
- Se hormigona desde el extremo inferior a medida que se extrae el agua
- Se extrae la camisa, por tramos a medida que se hormigonan



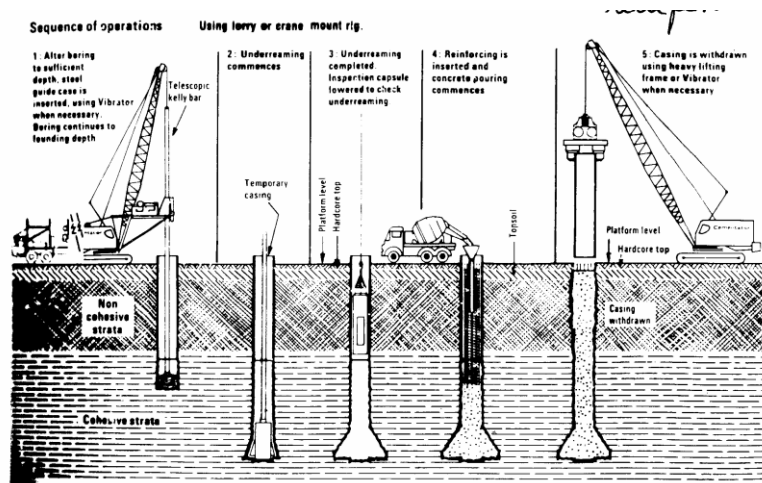
PILOTE PERFORADO CON HÉLICE

- Perforación mediante hélice
- Introducción de armadura y hormigón por el interior del tubo
- Hormigonado y extracción de herramienta de corte simultáneos



PILOTE PERFORADO CON HÉLICE Y ENTUBACIÓN RECUPERABLE

- La perforación es acompañada de una entubación sobre todo en estratos granulares. En los cohesivos puede no ser necesaria
- Herramienta especial para ensanchar la base
- Introducción de armadura en el interior de la camisa
- Hormigonado y extracción de entubación simultáneos



4.6. Cálculos realizados

Para esta comparación se calcularon los pilotes hormigonados In Situ en forma tradicional, mediante el uso del Expander Body y los recomendados por una empresa especializada en la construcción de pilotes.

Para este cálculo se descontó la carga que resistiría el pilote por fricción. El valor que resistiría el Expander Body fue proporcionada por una empresa innovadora en cuanto al diseño y construcción de cimentaciones profundas y otros temas relativos a la construcción.

$$N_d = \frac{N \cdot d}{n} + \frac{M \cdot x}{\sum(x_i^2)} + \frac{M \cdot y}{\sum(y_i^2)}$$

Los valores del pilote más cargado + un factor de seguridad son los que se usaron en el cálculo de la longitud según la teoría y de acuerdo a los valores obtenidos se vio si era necesario el uso del Expander Body para que no resulte demasiado la profundidad que se tiene que perforar. Dichos valores se muestran a continuación.

Pilar	Pésimos			Nd	Nd x FS	Nd x FS del Pilote+EB	Número de pilotes
	N (t)	Mx (t·m)	My (t·m)				
C1	47.24	0	0.94	19.0888889	57.2666667		3
C2	65.43	1.31	0.19	18.5833514	55.7500542		4
C3	62.08	1.24	0.21	17.7341223	53.2023669		4
C4	61.84	1.24	0.07	17.1763445	51.5290335		4
C5-C30	59.4	0.71	0.62	15.7146144	47.1438432		4
C10	109.52	2.22	0	28.8231909	86.4695728	46.4695728	4
C12	125.79	2.52	0	33.0857167	99.2571502	59.25715021	4
C13	123.37	2.47	0	32.4482124	97.3446373	57.34463731	4
C15	132.65	2.65	0	34.8852279	104.655684	64.65568375	4
C16-C36	147.56	3.1	1.37	39.7958844	119.387653	79.38765335	4
C21	47.2	0	0.94	19.0755556	57.2266667		3
C22	64.66	1.29	0.2	18.4027383	55.208215		4
C23	65.51	1.31	0.21	18.6744625	56.0233876		4
C24	67.96	1.36	0.06	18.8128008	56.4384024		4
C25-C41	79.75	0.79	0.92	21.0491471	63.1474412		4
C26	13.9	0.28	0.14	5.46247206	16.3874162		3
C27	43.77	0.88	0.15	16.1647535	48.4942604		3
C28	68.53	1.37	0	18.7538018	56.2614053		4
C29	39.14	0.15	0.78	15.9975148	47.9925444		3
C31	23.98	0.02	0.48	9.72366864	29.1710059		3

Pilar	Pésimos			Nd	Nd x FS	Nd x FS del Pilote+EB	Número de pilotes
	N	Mx	My				
	(t)	(t·m)	(t·m)				
C32	27.94	0.11	0.56	11.434622	34.3038659		3
C33	81.54	0	1.63	32.9755556	98.9266667	58.9266667	3
C34	138.75	0	2.78	36.4947391	109.484217	69.48421729	4
C35	69.58	0.1	1.39	28.2538988	84.7616963	44.76169625	3
C37	63.22	0	1.26	25.5533333	76.66	36.66	3
C38	63.84	0.54	1.28	26.4701644	79.4104931	39.4104931	3
C39	123.23	0.29	2.46	32.5952365	97.7857096	57.78570955	4
C40	71.81	0.16	1.44	29.2460158	87.7380473	47.73804734	3
C42	86.96	1.74	0.19	31.7213938	95.1641815	55.16418146	3
C43	34.8	0.7	0.25	13.3172913	39.9518738		3
C44	12.65	0.13	0.27	5.33051282	15.9915385		3
C45	46.96	0	0.94	18.9955556	56.9866667		3
C46	67.81	1.36	0.07	18.8108563	56.432569		4
C47	39.9	0.49	0.8	16.7243261	50.1729783		3

De acuerdo a estas fuerzas se calculó la longitud de pilote cuya tabla resumen se presenta a continuación:

LONGITUD DE PILOTES	DIÁMETRO DE FIERROS		DIÁMETRO DEL PILOTE (m)
	LONGITUDINAL	ESTRIBOS	
Pilotes bajo columna C1 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C2 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C3 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C4 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C5 - C30 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C10 = 3P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C12 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C13 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C15 = 4P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C16 - C36 = 4P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C21 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C22 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C23 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C24 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C25 - C41 = 4P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C26 = 3P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C27 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C28 = 4P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C29 = 3P de 20.00 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C31 = 3P de 15.50 m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5

Pilotes bajo columna C32 = 3P de	15.50	m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C33 = 3P de	20.00	m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C34 = 4P de	20.00	m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C35 = 3P de	20.00	m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C37 = 3P de	15.50	m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C38 = 3P de	15.50	m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C39 = 4P de	20.00	m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C40 = 3P de	20.00	m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C42 = 3P de	20.00	m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C43 = 3P de	15.50	m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C44 = 3P de	15.50	m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C45 = 3P de	20.00	m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C46 = 3P de	15.50	m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes bajo columna C47 = 3P de	20.00	m	10 Ø 12 c/ 14 cm	Ø 10 c/ 15 cm	0.5
Pilotes con Expander Body					

Pilotes perforados Hormigonad In Situ

Longitud total de pilotaje = 2105.5 m

FACTOR DE SEGURIDAD = 3

Numero de pilotes = 119

La cantidad de material necesario para la realización de lo calculado con anterioridad se expresa a continuación:

MATERIALES

Proyecto: APORTE ACADÉMICO

Cliente: U.A.J.M.S.

Lugar: COLONIA LINARES

Fecha: 26/may/2014

Nº	Descripción insumos	Und.	Cant.	Unit.	Parcial (Bs)
1	ACERO ESTRUCTURAL CORRUGADO	kg	30,508.69	15.4	469,833.83
2	ALAMBRE DE AMARRE	kg	231.6	16	3,705.60
3	ARENA COMÚN	m ³	165.49	60	9,929.40
4	CEMENTO PORTLAND	kg	152,362.95	0.87	132,555.77
5	EXPANDER BODY	pza	43	4,215.00	193,890.00
6	GRAVA SELECCIONADA	m ³	330.98	110	36,407.80
7	TRANSPORTE IDA Y VUELTA	glb	1	70,000.00	70,000.00
Total:					916,322.40

Son: Novecientos Dieciséis Mil Trescientos Veintidós con 40/100 Bolivianos

A estos precios se le incluyo materiales, herramientas y maquina más la mano de obra dando como resultado un precio de:

PILOTES IN SITU DE H° A° + LODO BENTONITICO	m	1.892.612,90 Bs
EXPANDER BODY PARA PILOTAJE + INYECTADO	pza	251.980,00 Bs
		2144592.90 Bs

4.6.1. Comparación

Observando los resultados obtenidos se puede recalcar lo siguiente:

- El diseño planteado por la empresa especializada en cimentaciones profundas es de menor diámetro, su longitud total es menor a la calculada y cuenta con menor armadura, por lo que su precio total para la construcción también es menor.
- El primer cálculo realizado de pilotes In Situ cuenta con una longitud total de pilote mucho mayor a la segunda y tercera opción de diseño, además que son necesarios pilotes de profundidades mayores a las recomendadas para mantener una separación mayor o igual a tres veces el diámetro para que la efectividad del pilote sea el máximo.
- Los precios entre el segundo y tercer diseño no difiere mucho por lo que podría considerarse el diseño calculado mediante la norma española como la forma más efectiva.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

De acuerdo al diseño realizado, las dimensiones obtenidas y la armadura presentada se puede concluir lo siguiente:

- Se realizó el diseño de la nueva Unidad Educativa Colonia Linares con el uso de un programa especializado en el diseño y se realizaron las comprobaciones de forma manual, dando como resultado secciones optimas, uniformes y comerciales.
- Mediante los estudios de suelos realizados se determinó el tipo de fundación necesario para la estructura.
- El diseño se encuentra planteado haciendo uso de métodos constructivos novedosos en el tema de la fundación, reduciendo así costos y tiempo en la ejecución.
- Las especificaciones técnicas planteadas en los anexos contemplan los pasos a seguir y materiales con las cuales se debería contar para la realización de cada ítem que compone este proyecto.
- Los precios unitarios y presupuesto de la obra cuentan con los precios de mercado actuales, consultando algunos precios en tiendas locales, por lo que se podría decir que el precio del proyecto es lo más cercano posible a lo que costaría llevar a cabo la construcción del colegio.
- El cronograma de actividades fue realizado tomando en cuenta la cantidad de personal que se necesitaría para la realización de cada actividad perteneciente a la ruta crítica, detallando las cuadrillas para el ítem más significativo como ser la de producción de hormigón para la obra gruesa

De acuerdo a lo observado en el desglose del aporte académico se puede concluir lo siguiente:

- El uso de expander bodies en el diseño de pilotes es capaz de reducir los precios en la fundación, por consiguiente en el presupuesto final del proyecto, dado que el precio redujo en 136000 Bs a comparación de un diseño sin el uso de Expander Body.

- Para garantizar que el diseño es aceptable se realizó una cotización con una empresa especializada en cimentaciones profundas, dando como resultado un precio de 33000 Bs menos a lo calculado, por lo que podemos asumir que el cálculo es correcto
- Mediante el uso de expander bodies se puede disminuir la profundidad a perforar por lo que sería beneficioso por el motivo de mantener las paredes del terreno más estables y seguras.

Recomendaciones

De acuerdo a lo observado durante el diseño se puede recomendar lo siguiente:

- Es necesario realizar un buen estudio de suelos para elegir el correcto tipo de fundación, ya que la fundación es una parte fundamental en el diseño de la estructura.
- Se debe verificar el diseño arquitectónico y modificar si fuera necesario tratando de alterar significativamente el diseño arquitectónico
- En el empleo de programas de cálculo estructural se debe verificar los factores de mayoración y minoración que se están usando en el cálculo para evitar estructuras sobredimensionadas.
- En cuanto a diseño estructural se debe estar atento siempre a nuevos materiales que salen en el mercado y realizar comparaciones para determinar si mejoran el diseño estructural y ahorran en costo.

De acuerdo a lo observado en el desarrollo del aporte académico se puede recomendar lo siguiente:

- Es necesario verificar que las capacidades que soportará el expander bodie, valor proporcionado por la empresa, es la que fue usada para el diseño.
- Como se pudo evidenciar mediante nuevos métodos para fundaciones es capaz de disminuir el presupuesto de la obra por lo que es necesario investigar sobre los distintos métodos que existen en el mejoramiento del terreno y métodos constructivos en distintas áreas.