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

PROPUESTA DE EDIFICACIÓN BAJO LA SUPERFICIE COMPUESTA DE TRES NIVELES DE SÓTANO, COMO SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE ESTACIONAMIENTO VEHICULAR EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Hugo René De la Cruz Orellana

Asesorado por el Ing. José Gabriel Ordoñez Morales

Guatemala, octubre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROPUESTA DE EDIFICACIÓN BAJO LA SUPERFICIE COMPUESTA DE TRES NIVELES DE SÓTANO, COMO SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE ESTACIONAMIENTO VEHICULAR EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

HUGO RENÉ DE LA CRUZ ORELLANA
ASESORADO POR EL ING. JOSÉ GABRIEL ORDOÑEZ MORALES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Ing. Joel Eduardo Guerrero Spinola
EXAMINADOR	Ing. Claudio César Castañón Contreras
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA DE EDIFICACIÓN BAJO LA SUPERFICIE COMPUESTA DE TRES NIVELES DE SÓTANO, COMO SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE ESTACIONAMIENTO VEHICULAR EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha abril de 2011.

Hugo René De la Cruz Orellana

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

http://civil.ingenieria.usac.edu.gt

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala, 10 de septiembre de 2013

Ingeniero Civil
Guillermo Francisco Melini Salguero
Coordinador de área de Materiales y Construcciones Civiles
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Melini:

Luego de un breve saludo, sírvame la presente para informarle que el trabajo de graduación **"PROPUESTA DE EDIFICACIÓN BAJO LA SUPERFICIE COMPUESTA DE TRES NIVELES DE SÓTANO, COMO SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE ESTACIONAMIENTO VEHICULAR EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**, elaborado por el estudiante universitario **HUGO RENÉ DE LA CRUZ ORELLANA**, ha sido finalizado a satisfacción y revisado por mi persona.

Sin otro particular, me suscribo de usted.

Atentamente,

José Gabriel Ordoñez Morales
Ingeniero Civil
Asesor

JOSE GABRIEL ORDOÑEZ MORALES
INGENIERO CIVIL
Colegiado No. 3807

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Contínua

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL ACREDITADO POR Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura e Ingeniería
ACAAI
PERIODO 2013 – 2019

USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

http://civil.ingenieria.usac.edu.gt

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala,
23 de septiembre de 2013

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **PROPUESTA DE EDIFICACIÓN BAJO LA SUPERFICIE COMPUESTA DE TRES NIVELES DE SÓTANO, COMO SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE ESTACIONAMIENTO VEHICULAR EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Hugo René De la Cruz Orellana, quien contó con la asesoría del Ing. José Gabriel Ordóñez Morales.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Civil Guillermo Francisco Melini Salguero
Coordinador del Área de Materiales y
Construcciones Civiles

FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Contínua

/bbdeb.

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL ACREDITADO POR Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura e Ingeniería
ACAAI
PERIODO 2013 – 2019

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. José Gabriel Ordóñez Morales y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante Hugo René De la Cruz Orellana, titulado **PROPUESTA DE EDIFICACIÓN BAJO SUPERFICIE COMPUESTA DE TRES NIVELES DE SÓTANO, COMO SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE ESTACIONAMIENTO VEHICULAR EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, octubre de 2013.

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de Acreditación de Programas de Arquitectura e Ingeniería
ACAAI
PERIODO 2013 – 2019

Universidad de San Carlos
De Guatemala

Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.727-2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE EDIFICACIÓN BAJO LA SUPERFICIE COMPUESTA DE TRES NIVELES DE SÓTANO, COMO SOLUCIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE ESTACIONAMIENTO VEHICULAR EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,** presentado por el estudiante universitario: **Hugo René De la Cruz Orellana**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, octubre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERÍA

/cc

ACTO QUE DECIDO A:

Mi madre	Licda. Olivia Orellana Alas. Por tener siempre su confianza depositada en mí y brindarme su apoyo incondicional a lo largo de mi vida.
Mis hermanas	Licda. Karen Jeanneth De La Cruz Orellana, María Raquel Anleu Orellana. Por estar siempre presentes y poder compartir un éxito más en mi vida.
Mi novia	Dra. Mariamor López Ovando. Por ser un gran ejemplo y recordarme que todas las metas trazadas se pueden alcanzar.
Mis tíos	Por brindarme siempre su apoyo y sus consejos.
Mis primos	Por darme muchas alegrías y anécdotas en mi vida.
Mis sobrinos	Por hacerme recordar los momentos de mi infancia.

Mis amigos Gerardo Reyes, Juan Carlos Ávila, Carlo Contreras, Alejandra Romero, Agustín Rodríguez, Jonathan Rivera, Guillermo Mejía. Por todo su apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la vida y sabiduría para para poder completar y alcanzar todas las metas trazadas.
Mi asesor	Ing. José Gabriel Ordoñez, por su apoyo en todo momento en este trabajo de graduación.
La Facultad de Ingeniería	Por ser la facultad que me recibió y me formó dentro de sus instalaciones.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por brindarme enseñanza profesional de calidad, siempre con excelencia.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES V
LISTA DE SÍMBOLOS VII
GLOSARIO IX
RESUMEN XV
OBJETIVOS XVII
INTRODUCCIÓN XIX

1. ANTECEDENTES 1
   1.1. Antecedentes históricos de la Universidad de San Carlos de Guatemala 1
   1.2. Antecedentes históricos de la Facultad de Ingeniería 10
   1.3. Datos del crecimiento poblacional dentro de la universidad 14
   1.4. Demografía 21
      1.4.1. Población por género 21
      1.4.2. Población por edades 22
   1.5. Características físicas 23
      1.5.1. Localización, ubicación y características del área propuesta 24
      1.5.2. Fisiografía 26
      1.5.3. Hidrografía 27
   1.6. Uso actual del suelo 28

2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 29
   2.1. Descripción del equipo utilizado 29
   2.2. Procedimiento utilizado en el levantamiento topográfico 29

2.3. Traslado de información obtenida en campo a gabinete 31

3. DISEÑO 35
3.1. Parámetros de diseño 35
3.2. Creación del proyecto 35
3.2.1. Modulación y dimensiones del edificio 38
3.2.2. Radios de giro 40
3.3. Cálculo de volúmenes de excavación 40
3.4. Estudio de suelos 41
3.4.1. Parámetros del suelo 41
3.4.1.1. Relación esfuerzo-deformación 42
3.4.1.2. Esfuerzo cortante 43
3.4.1.3. Ángulo de fricción interna 43
3.4.1.4. Capacidad soporte del suelo 44
3.5. Estabilización de taludes 46
3.5.1. Método de estabilización 46
3.5.2. Cálculo utilizando el método propuesto 51
3.5.3. Cargas actuantes 63
3.5.4. Propuesta de elementos estructurales 63
3.5.5. Cálculo de cargas vivas 64
3.5.6. Cálculo de cargas muertas 64
3.5.7. Cálculo de cargas sísmicas 65
3.6. Cimentación 66
3.6.1. Diseño de cimentación 67
3.6.2. Tipo de cimentación 67
3.6.3. Detalle de armado 67
3.7. Elementos estructurales 68
3.7.1. Columnas 68
3.7.1.1. Tipos de columnas y dimensiones 68

3.7.1.2. Detalle de armado 69
3.7.2. Vigas 70
3.7.2.1. Tipos de vigas y dimensiones 70
3.7.2.2. Detalle de armado 70
3.7.3. Losas 71
3.7.3.1. Tipo de losa y dimensiones 71
3.7.3.2. Detalle de armado 71
3.7.4. Rampas 72
3.7.4.1. Pendientes 72
3.7.4.2. Detalle de armado 72
3.8. Electricidad 72
3.8.1. Iluminación 73
3.8.2. Fuerza 73
3.9. Drenaje pluvial 73
3.9.1. Diseño hidráulico 73
3.9.2. Propuesta de tubería y pendientes óptima 74

4. PRESUPUESTO 75
4.1. Concepto de renglones de trabajo 75
4.2. Integración de precios unitarios 83
4.3. Presupuesto de trabajo diseño propuesto 86
4.4. Análisis financiero de la propuesta 88
4.4.1. Cálculo de tasa interna de retorno (TIR) 90
4.5. Análisis Costo Beneficio 93
4.5.1. Costo 94
4.5.2. Beneficio 95
4.5.2.1. Valoración de los beneficios 95
4.5.2.2. Criterios para la valoración de los beneficios 96

5. RIESGO, VULNERABILIDAD Y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL 103
5.1. Riesgo y vulnerabilidad 103
5.2. Estudio de Impacto Ambiental (EIA) 103
5.3. Evaluación del impacto ambiental que será producido 106
5.4. Medidas de mitigación 107

CONCLUSIONES 109
RECOMENDACIONES 111
BIBLIOGRAFÍA 113
APÉNDICE 115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Ubicación 7
2. Crecimiento de la población estudiantil entre los años del 2001 al 2012 20
3. Proyección del crecimiento de población estudiantil entre los años del 2011 al 2020 20
4. Localización del área propuesta 25
5. Ubicación del área propuesta 26
6. Relación esfuerzo-deformación 42
7. Suelo enclavado como estructura para contención 48
8. Detalle típico de suelo enclavado 51
9. Fallas del suelo enclavado 52
10. Distribución de las inclusiones 53
11. Longitud de la inclusión 54
12. Proceso de construcción del muro enclavado 62
13. Mapa de macrozonificación sísmica de Guatemala 66
14. Descripción del uso de Excel para determinar la Tasa Interna de Retorno (TIR) 92
15. Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) 92

TABLAS

I. Inscripción de estudiantes por unidad académica ubicados en el campus central, ciclos académicos 2001-2012 17

II. Estudiantes inscritos por unidad académica 22
III. Inscripción de estudiantes en el campus central según rangos de edad ciclo académico 2012 23
IV. Libreta de campo 32
V. Coordenadas parciales y totales 33
VI. Distribución actual de áreas dentro campus central en la Universidad de San Carlos de Guatemala 37
VII. Uso de estacionamientos 38
VIII. Espacios propuestos para personas con discapacidad 39
IX. Factores de forma, profundidad e inclinación 45
X. Espesores recomendados para muros anclados 49
XI. Datos de resultados de estudio de suelos 56
XII. Resultados obtenidos con Talren 4 57
XIII. Capas de suelos 57
XIV. Puntos 58
XV. Segmentos 58
XVI. Límite de la pendiente 58
XVII. Cargas distribuidas 59
XVIII. Cargas lineales y momentos 59
XIX. Refuerzos del clavo 60
XX. Factores utilizados en la integración de precios 83
XXI. Integración de precios por renglón 85
XXII. Precios por renglón 87
XXIII. Balances de ingresos y egresos anuales 90
XXIV. Análisis Costo-Beneficio (primer año) 101
XXV. Análisis Costo-Beneficio 102

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
°	Ángulo
φ	Ángulo de fricción interna
@	Arroba, indica espaciamiento
B	Base del cimiento
cm	Centímetro
Co	Coeficiente de cohesión
Df	Cota de cimentación o desplante
∇X	Diferencial en el sentido X
∇Y	Diferencial en el sentido Y
ϕ	Factor de reducción de la resistencia

F S	Factor de Seguridad
HG	Hierro galvanizado
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
PSI	Libra por pulgada cuadrada
m³-km	Metro cúbico por kilometro
mm	Milímetro
γ	Peso específico del suelo
qh	Presión total neta
qo	Presión vertical del terreno
”	Pulgada
P O	Punto Observado
f’c	Resistencia del concreto a compresión
t/m²	Tonelada por metro cuadrado
t/m³	Tonelada por metro cúbico

GLOSARIO

Angle	Se refiere a la palabra ángulo, se utiliza para designar a la medida de un ángulo o de una rotación. Esta medida es la relación de la longitud de un arco de círculo a su radio. En el caso de un ángulo geométrico, el arco se concentra en el vértice y delimitado por los lados.
Anisotropía	Un material es anisótropo cuando sus propiedades físicas y mecánicas dependen de la dirección en la cual se aplique una carga puntual o distribuida.
Comunicación	Es un fenómeno inherente a la relación que los seres vivos mantienen cuando se encuentran en grupo, a través de la comunicación, las personas o animales obtienen información respecto a su entorno y pueden compartirla con el resto.
Cotas	Es número que en los mapas indica la altura de un punto sobre el nivel del mar o sobre otro plano de nivel.

Demografía	Estudia estadísticamente la estructura y la dinámica de las poblaciones, así como los procesos concretos que determinan la formación, la conservación y la desaparición de las poblaciones.
Densificación urbana	Se refiere al aumento de la densidad población, generando la construcción de viviendas y urbanizando las áreas en una ciudad.
Dispersión	Separación, diseminación en distintas direcciones.
Fisiografía	Ciencia que estudia el relieve terrestre.
Geomática	Integración sistémica de algunas técnicas y metodologías como levantamiento de datos, posicionamiento global, percepción remota (teledetección), fotogrametría, cartografía automatizada y sistemas de información geográfica que permiten la adquisición, almacenamiento, procesamiento, análisis, presentación y distribución de información geográficamente referenciada.
Geomecánica	Es el área que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la Tierra. Se investigan el suelo y las rocas por

	debajo de la superficie para determinar sus propiedades y diseñar las cimentaciones.
Granulometría	Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica.
Hidrografía	Es una ciencia natural que trata sobre el agua, su ocurrencia, circulación y distribución sobre y debajo de la superficie terrestre. La hidrología es de importancia para todos los problemas que involucran el aprovechamiento del agua.
Isotropía	La isotropía es la característica de un material, en el que sus propiedades físicas y mecánicas no dependen de la dirección en la cual se aplique una carga puntual o distribuida
Jet Groate Nails	Se refiere a pilotes de diámetro pequeño, prefabricados de concreto con una barra de acero de alta resistencia a la fluencia.

Llanuela aluvial	Es la parte orográfica que contiene un cauce y que puede ser inundada ante una eventual crecida de las aguas de éste.
Perfiles Estratigráficos	Parte de la geología en la que se estudian las formas, disposiciones, y distribución de los suelos, dando como resultado una percepción clara en referencia a las propiedades físicas y mecánicas de los mismos.
Planicies colovioaluviales	Frecuentemente están asociadas a masas inestables. Su composición depende de la roca de la que proceden, estando formados por fragmentos angulares y heterométricos, generalmente de tamaño grueso, englobados en una matriz limo arcillosa. Su espesor suele ser escaso, aunque puede ser muy variable.
Soil Nailing	Consiste en reforzar un talud, a medida que desciende la excavación, mediante la introducción de anclajes de refuerzo pasivos o activos, generalmente subhorizontales, que trabajan principalmente a tracción, pero también pueden tomar cargas de flexión y corte.
Versatilidad	Se refiere a la gran facilidad al cambio, en relación a la organización y distribución de las áreas dentro de la Cuidad Universitaria.

Zonificación	División de una ciudad o área territorial en subáreas o zonas caracterizadas por una función determinada.

RESUMEN

La propuesta que se realizó, está enfocada a darle una solución al déficit de estacionamiento vehicular dentro de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Para esto se analizaron factores importantes como los antecedentes de la Universidad, el comportamiento respecto al crecimiento poblacional de estudiantes a nivel general y específico de la Facultad de Ingeniería, el crecimiento del parque vehicular en la ciudad de Guatemala y cómo esto se ve reflejado dentro del Campus Central de la ciudad universitaria.

Se módulo una estructura bajo la superficie compuesta de tres niveles, se propusieron y chequearon todos los elementos estructurales utilizando el software ETABS, se hizo una distribución óptima de las áreas de estacionamiento, tomando en cuenta, radios de giro, y dimensiones de los vehículos. También se llevó a cabo una integración de costos para conocer el costo de la propuesta y un análisis financiero en el que se detallan las tasas de interés con las cuales se puede optar al financiamiento de la propuesta y darle vida al proyecto.

OBJETIVOS

General

Realizar el diseño y planificación para la construcción de un estacionamiento vehicular compuesto de un sótano de tres niveles, para la Facultad de Ingeniería ubicada en Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Específicos

1. Aplicar un método que lleve a la obtención de información específica necesaria respecto al crecimiento de la población estudiantil dentro del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2. Estimar la población futura que formará parte activa de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y que por ende asistirá a las instalaciones del Campus Central.

3. Realizar una integración de costos de cada uno de los renglones de trabajo a realizarse en el proyecto, de manera que se determine el monto en quetzales por metro cuadrado de construcción.

4. Elaborar una propuesta económica y calcular una tasa interna de rentabilidad, para determinar una tasa de interés y el período de plazo para determinar si el proyecto es económicamente viable.

5. Determinar la principal razón por la cual el proyecto resulta viable o no.

6. Elaborar un análisis de Costo Beneficio en el que se establezca la relación que determine si el proyecto es de beneficio a la población estudiantil.

7. Determinar que derivado del resultado del análisis Costo Beneficio, la propuesta resulta ser viable.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se puede apreciar que la construcción de sótanos para uso de estacionamiento, se ha dado con un mayor auge en la ciudad capital, esto es debido a la limitación de áreas horizontales afectadas por el crecimiento poblacional, así como del parque vehicular, este aumento que se da año tras año en la ciudad de Guatemala, afecta de manera directa a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ya que la disponibilidad de estacionamiento es muy reducida.

Con el presente trabajo de graduación se pretende elaborar una propuesta para la construcción de un estacionamiento bajo la superficie compuesto de tres niveles, para responder a la necesidad de plazas de estacionamiento que en la actualidad carece la Facultad de Ingeniería.

Buscando solucionar la problemática expuesta se tomarán en consideración temas como el crecimiento de la población estudiantil de las unidades académicas ubicadas en el Campus Central de la Universidad, el área a utilizar, el diseño propio de la estructura, la integración de costos para conocer el monto al cual asciende el proyecto, así como el análisis financiero calculando tasas internas de retorno, análisis de Costo Beneficio, para determinar la viabilidad y factibilidad del mismo.

1. ANTECEDENTES

1.1. Antecedentes históricos de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Una vez iniciada la colonización en América, se comenzaron a fundar las primeras universidades por órdenes Reales y Pontificias. La fundación de la Universidad de San Carlos de Guatemala tuvo sus inicios en 1548, cuando el primer Obispo Francisco Marroquín ante el Monarca Español envía una carta en la cual solicita autorización para fundar una universidad en la Ciudad de Guatemala, producto de esta gestión, en 1562 se funda el Colegio Universitario de Santo Tomás, donde se impartirían cátedras de derecho, teología y filosofía.

La Universidad de San Carlos de Guatemala fue fundada el 31 de enero de 1676 por Real Cédula de Carlos II, siendo esta la cuarta Universidad fundada en América. Inicio sus labores el 7 de enero de 1681 con más de setenta estudiantes inscritos.

Su participación en el ámbito nacional ha sido transcendental en la historia de Guatemala, desde la independencia hasta nuestros tiempos, algunos de los pensadores de mayor relevancia han sido egresados de este centro de estudio superior.

Las primeras cátedras de la Universidad de San Carlos de Guatemala fueron, cánones, medicina, leyes, teología escolástica, teología moral y algunos cursos de lenguas.

Debido al Movimiento Revolucionario de 1944, se promueven cambios en las estructuras universitarias. Es a partir de 1945 con los logros obtenidos por la Universidad de San Carlos, y lo instituido en la Constitución de la República; cuando en la universidad comienza un período Autónomo de transición, así también se crean nuevas unidades académicas como consecuencia de las demandas, responsabilidades y tareas encomendadas a la Universidad.

Todo lo anterior descrito más la asignación presupuestaria del Estado asignada a la Universidad, sientan las bases para la creación de un nuevo concepto de Universidad que requería de instalaciones físicas apropiadas que respondieran a la estructura académica que los cambios de la época exigían. El énfasis puesto en la educación por parte de los gobiernos revolucionarios origina una apertura de la universidad hacia la ciudad y sus necesidades.

Iniciándose la etapa de cambio de una universidad de élite a una universidad de masas, manifestándose un incremento de la población estudiantil considerablemente.

La construcción de la ciudad universitaria es el resultado de esa necesidad de renovación universitaria. Es en 1945 cuando la Universidad de San Carlos de Guatemala logra la constitución de su autonomía, y así las autoridades de la época buscan la materialización de sus ideales, la unificación e integridad del sentido universitario bajo el criterio de ubicar las instalaciones de la universidad en un área aislada de todo asentamiento o barrio de la ciudad, que al mismo tiempo tuviera la posibilidad de crecer alrededor de la misma; por cuanto se pone de manifiesto el concepto de segregación de la Universidad de la ciudad como símbolo de su autonomía.

Durante los períodos rectorales posteriores a 1944 se da inicio a la planificación de las instalaciones de la Universidad de San Carlos. Anterior a esto la universidad funcionaba en un conjunto de edificios dispersos por los principales subcentros de la ciudad de Guatemala. Después se acentúa las bases legales que permitirían crear la sede metropolitana de la universidad concentrada en un solo lugar siendo esta la base para lo que hoy se conoce como la Ciudad Universitaria localizada en la zona 12 de la ciudad de Guatemala. Siendo cinco las planificaciones realizadas para lograr este fin.

Las 3 primeras planificaciones únicamente pretendían unificar las instalaciones de la USAC, estas respondían a una estructura académica tradicional; no acorde a los cambios que se venían operando en la vida universitaria del país.

De la cuarta planificación se realizaron algunos trabajos, pero el plan físico de la Ciudad Universitaria actual responde a la quinta planificación. Es en el período rectoral del licenciado Edmundo Vásquez Martínez (1966-70), cuando se funda el departamento de planificación física y académica de la USAC, que replantea la organización del plan académico y la posibilidad de enfrentar el crecimiento poblacional de la universidad, con instalaciones y espacios adecuados a la dinámica de los cambios pedagógicos.

Durante el período del rector del Dr. Roberto Valdeaverllano. Se presenta la propuesta de elaboración del estudio por la comisión de planificación, primeramente se plantea la organización del plan académico, se considera que el plan físico debe responder a una estructura académica abierta y así también se adapta a los cambios y modificaciones que el futuro ofrece a la enseñanza.

Esta estructura académica se enfoca hacia la función investigación, la convierte en la función más importante de la vida universitaria basándose en la expectativa hacia los múltiples cambios que se operan en los renglones de la enseñanza, Pedagogía y los Métodos de Educación Superior, así también le da énfasis a la función extensión, es así como esta estructura académica establece los lineamientos en que se basa esta planificación, cuyo objetivo principal es de disponer de los espacios y medios físicos necesarios para realizar la tarea de formación universitaria del país.

Los hechos que sientan las bases que dieron origen a esta planificación lo constituyen:

- La explosión demográfica estudiantil.

- La demanda de profesionales que presentaba una expectativa cada vez mayor, en correspondencia con el desarrollo previsto del país.

- Centralizar actividades en ese tiempo diseminado y desvinculadas, para no duplicar esfuerzos y originar pérdidas por la utilización intensiva de los servicios.

- El impulso de la política de desconcentración descentralización y democratización de la enseñanza superior. El impulso de esta política implica la readecuación total de la estructura Universitaria.

- La planificación No.5 contemplaba los siguientes renglones:

    - Planteamiento de una estructura académica orientada a las funciones de investigación y extensión.

- Construcción acelerada de la Ciudad Universitaria en la zona doce, a un plazo de cinco años (1975-80).

- Establecimiento de un núcleo universitario dentro de la ciudad propuesto en una de las propiedades de la USAC, para solucionar el problema que ya se daba en esa época de concentración estudiantil.

- Establecimiento y construcción de otros núcleos universitarios dentro de la ciudad.

- Creación y construcción de centros regionales dándole auge a la política de regionalización y producción profesional acorde al desarrollo productivo del país.

Los criterios utilizados se consideró que los espacios físicos, no debían de estar aislados de la organización administrativa o académica, el proyecto debía como mínimo alojar a la universidad de ese período para permitir el funcionamiento de la universidad transformada, según lo propuesto por el plan académico. Ser aceptable a cualquier cambio no previsible y que pudiera ocurrir en el futuro dentro del alcance de la vida útil de los edificios que se construyeran; fijados a 50 años, considerando los cambios que la universidad del futuro pudiera tener, para esto se fijaron una serie de criterios para el proyecto y para cada uno de sus elementos, tales criterios son:

- Flexibilidad
- Comunicación
- Versatilidad
- Crecimiento

- Humanización
- Separación de circulaciones, vehicular y peatonal

Se adaptó la planificación a las construcciones existentes. Hasta 1968 la ciudad universitaria concebida originalmente como Campus Universitario, estaba desarrollada bajo el esquema denominado de preguerra con características como:

- Dispersión
- Duplicidad de servicios (aulas, laboratorios, auditorios, entre otros.)
- Excesiva distancia ente los edificios

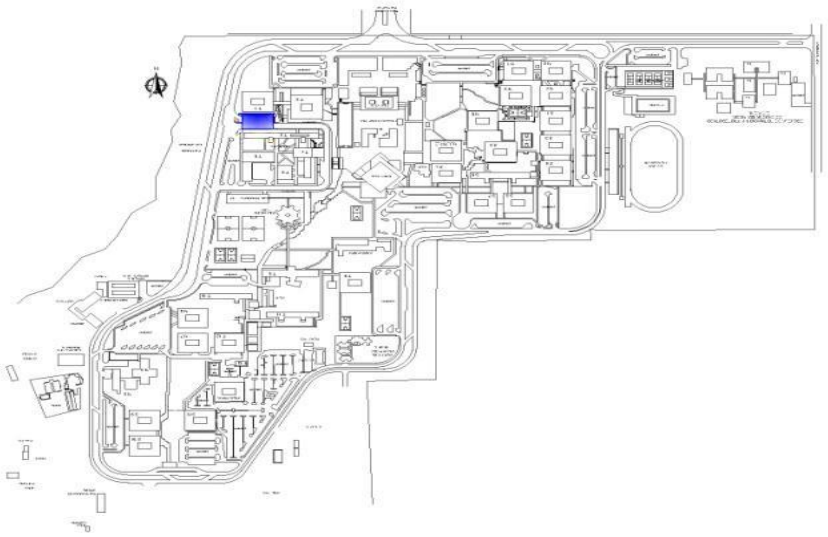
El diseño se consideró para una capacidad de 25 000 estudiantes como mínimo y 35 000 máximos considerándose el límite de la población a atender. En este proyecto se mantuvo el esquema de la planificación número 4, de diseñar una vía de intercomunicación vehicular, por lo que internamente la ciudad Universitaria se consideró netamente peatonal con distancias máximas de 300 a 600 metros, con tiempos de recorrido de diez a cinco minutos.

El conjunto se distribuyó utilizando un área de cuatrocientos noventa y nueve mil seiscientos cuarenta y dos metros cuadrados del área total del terreno, la cual es de un millón doscientos seis mil setenta y ocho punto sesenta y uno metros cuadrados. El resto del terreno se destinaría a reserva y campos de experimentación agrícola. Este criterio de densificación fue para crear un eje peatonal; así también la concentración de los edificios permitía una economía de escala y un uso intensivo del espacio. La zonificación de las áreas se hizo atendiendo al plan académico de la universidad, dividiendo la Ciudad Universitaria en áreas:

- Ciencias Sociales y Humanidades
- Ciencias de la Salud
- Área Tecnológica
- Área Central Administrativa y de Servicios

Se mantuvo el criterio de sacar de conjunto las áreas de estacionamiento generales (para estudiantes), dejando alrededor de la vía perimetral estacionamientos para administración y docencia. Un sistema de buses interno recorrería la ciudad universitaria, transportando estudiantes de las áreas de estacionamiento general a sus respectivas unidades académicas así también se consideró un sistema de buses de la Ciudad Universitaria al trébol y viceversa, utilizando el Trébol como punto de transferencia.

Figura 1. **Ubicación**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

La descripción de la estructura funcional de la universidad, se hace con la intención de entender los procesos que afectan cualquier proyecto de modificación de las instalaciones o del mismo desarrollo del Campus Central universitario. La composición de la estructura universitaria se reconstruye a partir de documentos referenciales, así como de lineamientos con los que funcionan aún todas las unidades académicas. Describiendo los componentes estructurales y su relación directa.

La estructura académica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se compone por diferentes sectores, cada uno con diferente jerarquía.

Los sectores del conocimiento y las unidades funcionales con sus programas; la estructura administrativa se compone de los siguientes elementos:

- Órganos de decisión Superior
    - Consejo Superior Universitario y Rectoría
- Órganos de apoyo funcional
    - Unidades Administrativas
- Órganos Ejecutores
    - Facultades, Escuelas
- Órganos ejecutores de las funciones básicas
    - Capital:

- Ciudad Universitaria con sus Facultades y Escuelas.

- Propiedades de la USAC en la ciudad, bibliotecas, casas de la cultura, etc.

- Interior de la república:

  - Centros Universitarios con sus carreras técnicas acordes a la vocación de la región; ITUGS, CUNOC, CUNIZAB, CUDEP, CUNSURORI, CUNSARO, CUSAM, CUNOROC, CUNSUR, CUNDECH, JUSAC, CUQ, CUNBAV, CUNSUROC, CUNOR, CUNORI.

El fin fundamental de la Universidad de San Carlos de Guatemala, es elevar el nivel espiritual de los habitantes de la república, promoviendo, conservando, difundiendo y transmitiendo el saber.

Como institución de docencia superior es responsabilidad de la Universidad de San Carlos de Guatemala:

- Impartir enseñanza profesional en todas las ramas que corresponden a sus respectivas facultades, institutos, laboratorios, centros y demás organizaciones universitarias y conexas.

- Organizar y dirigir estudios de cultura superior y enseñanzas complementarias en el orden profesional.

- Resolver en materias de su competencia las consultas y obtención de títulos superiores en el orden profesional o académico.

- Organizar enseñanzas para nuevas ramas profesionales; y promover la organización de la extensión universitaria.

1.2. Antecedentes históricos de la Facultad de Ingeniería

En 1879, se establece la escuela de ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala y por decreto del Gobierno en 1882 se elevó a la categoría de Facultad dentro de la misma Universidad.

En 1894, por cuestiones de economía, la Facultad de Ingeniería fue adscrita nuevamente a la Escuela Politécnica, iniciándose un período de inestabilidad para esta Facultad, que pasó alternativamente de la Politécnica a la Universidad y viceversa, en muchas ocasiones, ocupando diversos espacios físicos, incluyendo el edificio de la Escuela de Derecho y Notariado.

La anterior inestabilidad terminó con la supresión de la Escuela Politécnica en 1908, a raíz de los acontecimientos políticos acaecidos en ese año. El archivo de Facultad siguió en el mismo lugar hasta 1912, año en que fue depositada temporalmente en la Facultad de Derecho.

A partir de 1908 la Facultad tuvo una existencia ficticia. Hasta 1918, la Universidad fue reabierta por Manuel José Estrada Cabrera y a la Facultad de Ingeniería se le denominó Facultad de Matemáticas.

En 1920 la Facultad reinicia sus labores en el edificio que ocupó durante muchos años frente al parque Morazán, ofreciendo únicamente la carrera de Ingeniero Topógrafo hasta 1930.

En 1930 se reestructuraron los estudios estableciéndose la Carrera de Ingeniería Civil. De este hecho arranca la época moderna de esta facultad.

En 1944 sobresale por el reconocimiento de la autonomía universitaria y la asignación de sus recursos financieros del presupuesto nacional fijados por la Constitución de la República. A partir de entonces, la Facultad de Ingeniería se independiza de las instituciones gubernamentales y se integra al régimen autónomo estrictamente universitario.

Este desarrollo de la Facultad también provocó un incremento progresivo de la población estudiantil; por lo que fue necesario su traslado. En 1947, la facultad ofrecía solamente la carrera de Ingeniería Civil; en este año se cambiaron los planes de estudios al régimen semestral en el que, en lugar de seis años, se establecieron 12 semestres para la carrera.

A partir de esta época, la Facultad de Ingeniería experimenta nuevas creaciones, como lo es la Escuela Técnica, que tenía como propósito principal la capacitación de técnicos operarios en construcción, como ejemplo de esto, se da la creación del curso de Capacitación de Maestros de Obra con un plan de estudios de un año, así mismo dentro de la Facultad fue creada la carrera de Ingeniero Arquitecto en 1953, lo que condujo a la creación de la Facultad de Arquitectura.

En 1959 se creó el Centro de Investigaciones de Ingeniería, para fomentar y coordinar la investigación científica con participación de varias instituciones públicas y privadas.

Posteriormente la Facultad de Ingeniería ha venido diversificándose producto de las modificaciones y creaciones dentro de su organización, cuenta

con doce carreras universitarias, Licenciatura en Ingeniería Civil, Industrial, Mecánica, Química, Eléctrica, Mecánica Eléctrica, Mecánica Industrial, Electrónica, Ambiental y Ciencias y Sistemas, así como la Licenciatura en Matemática y Licenciatura en Física.

La Facultad de Ingeniería funciona dentro de la Ciudad Universitaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala, zona 12 de la Ciudad de Guatemala.

El complejo de Ingeniería se ubica en el extremo noroeste del campus junto a la Facultad de Arquitectura, y consiste en varios edificios de denominación T (nomenclatura usada en el campus para edificios de carreras técnicas).

Además cuenta como anexo el edificio S-12 en donde se imparte el área común a estudiantes de primer ingreso y el edificio S-11 donde se encuentra la escuela de estudios de postgrado.

T-1

En éste edificio funcionan:

- Departamento de Física, biblioteca de Física, Aula Virtual
- Departamento de Estadística
- Oficina de la Escuela de Mecánica Industrial
- Oficina de la Escuela de Mecánica Eléctrica
- Oficina de congresos estudiantiles
- Laboratorio de máquinas eléctricas, relevación industrial y conversión de energía
- Laboratorio de micro controladores
- Laboratorio de neumática
- Sección de Metrología Industrial

- Laboratorios de Electrónica
- Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas
- Aulas Puras

T-3

Es el edificio principal de la Facultad, acá se encuentran:

- Aulas
- Oficina de la Escuela Civil
- Oficina de la Escuela de Sistemas
- Unidades de salud y odontológica
- Oficina de deporte y cultura
- Laboratorios de cómputo estudiantil
- Laboratorio de internet y tecnología Korea
- Laboratorio de Geomática
- Laboratorios Sae-Sap
- Laboratorios tecnológicos ITCoE
- Aula Virtual
- Aula de recursos Audiovisuales
- Asociación de Estudiantes de Ingeniería

T-4

Éste edificio sirve principalmente para tareas administrativas:

- Decanato
- Biblioteca Ing. Mauricio Castillo Contoux
- Centro de Cálculo
- Control Académico
- Escuela de Ciencias
- Departamento de Matemática

- Departamento de Química
- Oficina de Lingüística
- Oficina de Idioma Técnico

T-5

- Oficinas de la Escuela Química
- Laboratorios de Ingeniería Química
- Laboratorio de Físico-Química
- Laboratorio de Operaciones Unitarias
- Laboratorio de Microbiología
- Centro de Investigaciones de Ingeniería
- Laboratorio de Mecánica de Suelos
- Laboratorio de Materiales de Construcción
- Laboratorio de Concreto, Aglomerantes y Morteros
- Laboratorio de Investigación y Extracción de Vegetales

T-6

En éste edificio funciona el auditórium de la facultad en honor al ingeniero Francisco Vela.

T-7

- Oficinas de la Escuela de Mecánica
- Laboratorios de Máquinas Industriales

1.3. Datos del crecimiento poblacional dentro de la universidad

En Guatemala se carece de datos exactos sobre el crecimiento de la población estudiantil de nivel superior en toda la república, incluyendo a las trece universidades registradas en el país, siendo la Universidad de San Carlos

de Guatemala, el centro de educación superior más importante de la república, debido a la gran cantidad de estudiantes que pertenecen a esta casa de estudios, se tiene concentrado el manejo de estos datos en el Departamento de Registro y Estadística.

En referido Departamento se llevan a cabo todos los registros de estudiantes de primer ingreso, reingreso, postgrado, incorporaciones, equivalencias, así como los registros de títulos de todas las unidades académicas que conforman esta casa de estudios superiores.

Se calcula que la cobertura aproximada de educación superior en Guatemala es de 12 por ciento, y las edades oscilan entre 18 y 24 años. Esta escasa población universitaria se da por consecuencia a que existe una cobertura de 98 por ciento a nivel primario y 36 por ciento a nivel de básicos, y se decremento a 20 por ciento en el nivel diversificado.

Según los datos obtenidos en el Departamento de Registro y Estadística de la Universidad de San Carlos de Guatemala, los estudiantes inscritos desde 2001 al 2012, se realizará un análisis para calcular una tasa de crecimiento, para luego predecir el crecimiento de la población estudiantil que asistirá al campus central en *n* cantidad de años. Entre los datos obtenidos por parte del Departamento de Registro y Estadística, se encuentra un cuadro el cual contiene las cantidades de estudiantes inscritos por Unidad académica, entre el 2001 y el 2012.

El método a utilizar, para el cálculo de la tasa de crecimiento, así como el crecimiento poblacional, será la tasa de crecimiento anual acumulativo. Para tener una mejor apreciación y mayor certeza en los resultados que se obtendrán de dichos cálculos. Este método toma en cuenta, al inicio de cada

año, la población inicial pero también el incremento experimentado hasta entonces. Así, el crecimiento siempre será relativo al tamaño de la población al empezar cada nuevo año, de modo que su magnitud absoluta irá cambiando también.

$$\mathrm{Pt} + \mathrm{n} = \mathrm{Pt}\,(1 + \mathrm{r})^{\mathrm{n}}$$

Donde:

Pt+n = es el valor futuro de la población en “n” años
Pt = es el valor de la población inicial
r = es la tasa de crecimiento
n = es la cantidad de años

Tabla I. **Inscripción de estudiantes por unidad académica ubicados en el campus central, ciclos académicos 2001–2012**

UNIDAD ACADÉMICA	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.	No.
TOTAL CAMPUS CENTRAL	**74,111**	**75,536**	**76,717**	**81,455**	**74,237**	**75,873**	**77,481**	**82,214**	**84,788**	**90,138**	**94,609**	**99,301**
Agronomía	1,259	1,235	1,193	1,268	1,045	1,114	1,136	1,210	1,266	1,357	1,424	1,495
Arquitectura	4,968	5,397	5,429	5,395	5,190	4,950	4,683	4,501	4,082	3,969	4,166	4,372
Ciencias Económicas	20,705	20,405	20,951	21,706	18,704	18,992	19,253	20,727	21,637	22,375	23,485	24,650
Ciencias Jurídicas y Sociales	15,714	16,175	16,114	18,748	16,036	15,665	15,337	16,523	15,885	16,180	16,983	17,825
Ciencias Químicas y Farmacia	1,734	1,852	1,938	1,996	2,219	2,289	2,346	2,438	2,487	2,423	2,543	2,669
Humanidades	3,235	3,904	4,319	4,800	4,790	7,125	8,395	9,897	12,212	16,090	16,888	17,726
Ingeniería	13,861	13,635	13,343	13,642	13,041	12,690	12,790	12,707	12,468	12,680	13,309	13,969
Odontología	1,435	1,420	1,342	1,301	1,309	1,228	1,220	1,179	1,188	1,217	1,277	1,341
Medicina Veterinaria y Zootecnia	798	863	900	874	900	916	991	1,080	1,051	1,083	1,137	1,193
Historia	1,041	1,073	1,106	1,123	1,067	994	981	991	980	972	1,020	1,071
Trabajo Social	593	550	709	729	705	718	789	933	1,103	1,005	1,055	1,107
Ciencias de la Comunicación	4,835	5,082	5,292	5,694	5,124	4,959	5,191	5,075	4,944	4,847	5,087	5,340
Ciencia Política	1,455	1,619	1,655	1,657	1,510	1,519	1,457	1,577	1,610	1,694	1,778	1,866
EFPEM	2,365	2,186	2,280	2,344	2,405	2,514	2,661	3,004	3,281	3,632	3,812	4,001
Escuela de Ciencias Lingüísticas	-	-	-	-	-	21	95	96	156	213	224	235
Escuela Superior de Arte	-	-	-	-	-	-	-	110	271	232	244	256
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-	113	140	146	178	192	179	156	166	167	169	177	186

Fuente: Departamento de Registro y Estadística USAC.

Tomando en cuenta el interés del presente trabajo de graduación es la propuesta de edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano, como solución a problemática de estacionamiento vehicular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se tomará en cuenta el crecimiento tomando el dato del total de los estudiantes inscritos por Unidad Académica en la capital.

Pero antes se debe obtener la tasa de crecimiento, a partir de los datos proporcionados por el Departamento de Registro y Estadística de la Universidad de San Carlos.

Para esto, despejamos la variable r de la ecuación:

$$\mathrm{Pt} + \mathrm{n} = \mathrm{Pt}\,(1 + \mathrm{r})^{\mathrm{n}}$$

Obteniendo:

$$\mathrm{r} = \sqrt[\mathrm{n}]{(\mathrm{Pt} + \mathrm{n}/\mathrm{Pt})} - 1$$

Para hacer el cálculo de la tasa de crecimiento de la población de estudiantes inscritos entre el 2001 y el 2010 se tienen los siguientes datos:

Pt+n = 90,138
Pt = 74,111
n = 9

Por lo tanto:

$$\mathrm{r} = \sqrt[9]{(90{,}138/74{,}111)} - 1$$

Donde el resultado de la tasa de crecimiento es:

$$r = 0{,}0496$$

Con el resultado de la tasa de crecimiento se puede calcular poblaciones futuras en n cantidad de años.

Por ejemplo, si se desea conocer la población dentro del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, dentro de 10 años, se tiene:

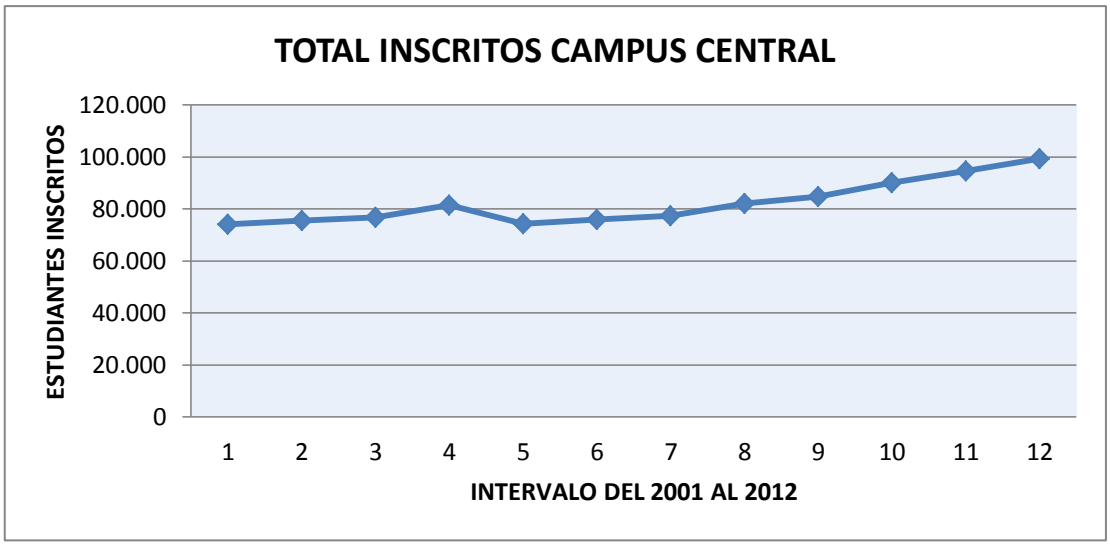
$$P^{10+10} = 90{,}138\ (1 + 0{,}0496)^{10}$$

Por lo que se obtiene que en el 2020 se estima una población estudiantil inscrita en las Unidades Académicas que operan dentro del Campus Central de la Universidad de Guatemala de:

$$P^{20} = 146{,}267$$

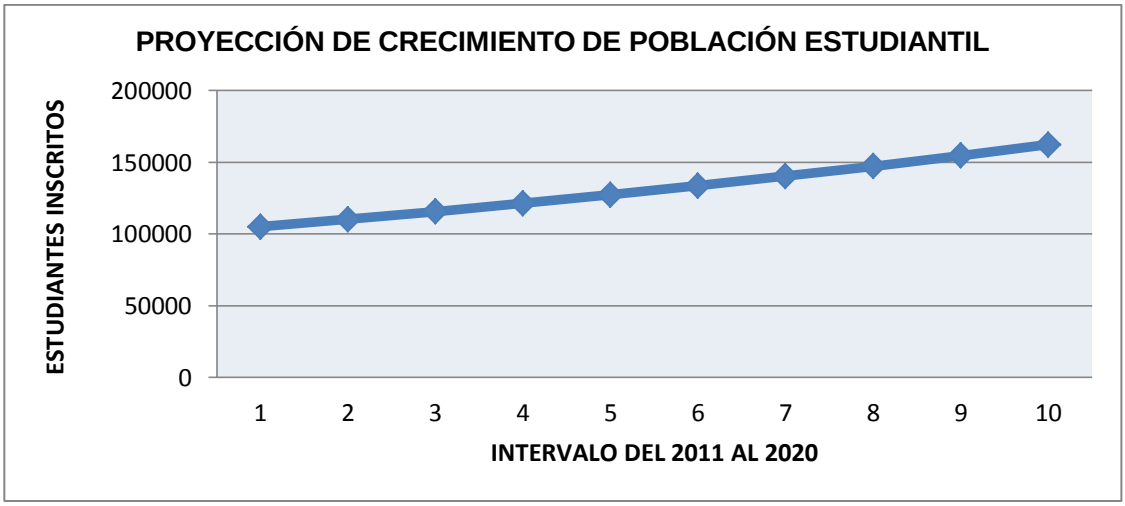
Este resultado se da debido a la tasa de crecimiento poblacional, que representa un cuatro punto noventa y seis por ciento (4,96 %).

Figura 2. **Crecimiento de la población estudiantil entre los años del 2001 al 2012**



Fuente: Departamento de Registro y Estadística. USAC.

Figura 3. **Proyección del crecimiento de población estudiantil entre los años 2011 al 2020**



Fuente: Departamento de Registro y Estadística. USAC.

1.4. Demografía

La demografía, es una de las ciencias que se clasifica en el primer grupo de las que estudian las condiciones generales y locales de una población. Para esta ciencia hay varios aspectos que son de suma importancia en el estudio de la población estudiantil, tales como la edad, el sexo, número de estudiantes, el personal docente y personal administrativo, ascendencia, religión, entre otros.

La población dentro del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se compone no solamente de estudiantes sino también de personal docente, personal administrativo, trabajadores de la universidad y personas ajenas como proveedores.

1.4.1. Población por género

Dentro de la población estudiantil clasificada por género, se destaca que la participación del género femenino es predominante en algunas unidades académicas que se encuentran dentro del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por otra parte el género masculino es el que predomina en casi todas las unidades académicas.

Según los datos proporcionados por el Departamento de Registro y Estadística de la Universidad de San Carlos, sobre los estudiantes inscritos por unidad académica y género en el ciclo académico dos mil once, se tiene la siguiente información:

Tabla II. **Estudiantes inscritos por unidad académica**

UNIDAD ACADÉMICA	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
Facultad de Agronomía	1 058	385	1 443
Facultad de Arquitectura	2 420	1 684	4 104
Facultad de Ciencias Económicas	12 868	9 422	22 290
Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales	8 438	7 966	16 404
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia	601	1 761	2 362
Facultad de Humanidades	7 003	1 5998	23 001
Facultad de Ingeniería	10 997	1 937	12 934
Facultad de Odontología	503	787	1 290
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	488	548	1 036
Escuela de Ciencias Psicológicas	1 197	3 533	4 730
Escuela de Historia	514	483	997
Escuela de Trabajo Social	53	933	986
Escuela de Ciencias de la Comunicación	2 060	2 462	4 522
Escuela de Ciencia Política	519	1 056	1 575
Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza Media -EFPEM-	1 878	2 526	4 404
Escuela de Ciencias Lingüísticas	55	240	295
Escuela Superior de Arte	120	130	250

Fuente: Departamento de Registro y Estadística. USAC.

1.4.2. Población por edades

Según los datos proporcionados por el Departamento de Registro y Estadística de la Universidad de San Carlos, sobre los estudiantes inscritos por unidad académica y edades comprendidas entre los quince años a los setenta y seis o más en el ciclo académico dos mil once, se tiene la siguiente información:

Tabla III. **Inscripción de estudiantes en el campus central según rangos de edad, ciclo académico 2012**

Total inscritos capital	Edades entre 15 a 20	Edades entre 21 a 26	Edades entre 26 a 30	Edades entre 31 a 40	Edades entre 41 a 50	Edades entre 51 a 60	Edades entre 61 a 70	Edades entre 71 a 76 o mas
	13 321	49 430	25 652	12 902	5 506	1 776	315	50

Fuente: Departamento de Registro y Estadística. USAC.

Como se aprecia en la tabla III, se puede ver que la mayor cantidad de población estudiantil inscrita en el ciclo académico dos mil doce, se encuentra comprendida entre las edades de veintiuno a veintiséis años. Asimismo, se puede apreciar que existe una cantidad similar en la población comprendida entre los quince a veinte años de edad, respecto a la comprendida entre los treinta y uno a cuarenta años de edad.

1.5. Características físicas

El Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se encuentra ubicado en la zona 12 de la ciudad capital, este comprende desde la intersección de la calzada Raúl Aguilar Batres, y el lindero sur de la lotificación El Carmen que constituye el límite del municipio; luego por medio de este constituido por el riachuelo que pasa entre la ciudad universitaria y los colegios monte María y Liceo Javier y siempre aguas abajo por medio de la quebrada El Frutal y luego por la vía férrea al norte de la lotificación Ciudad Real I.

La construcción del Campus Central de la Universidad de San Carlos, es el reflejo de la evolución ideológica de una sociedad que avanza económica, social, cultural y tecnológicamente. Es la concentración de la educación

superior nacional y el estandarte de una universidad de más de 300 años de trayectoria, así como la única Universidad Estatal por lo que la responsabilidad de la educación nacional recae sobre ella. Ubicada dentro de la ciudad de Guatemala en la zona 12, se ubica el Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Con una extensión de aproximadamente 178 manzanas y rodeada por la ciudad capital.

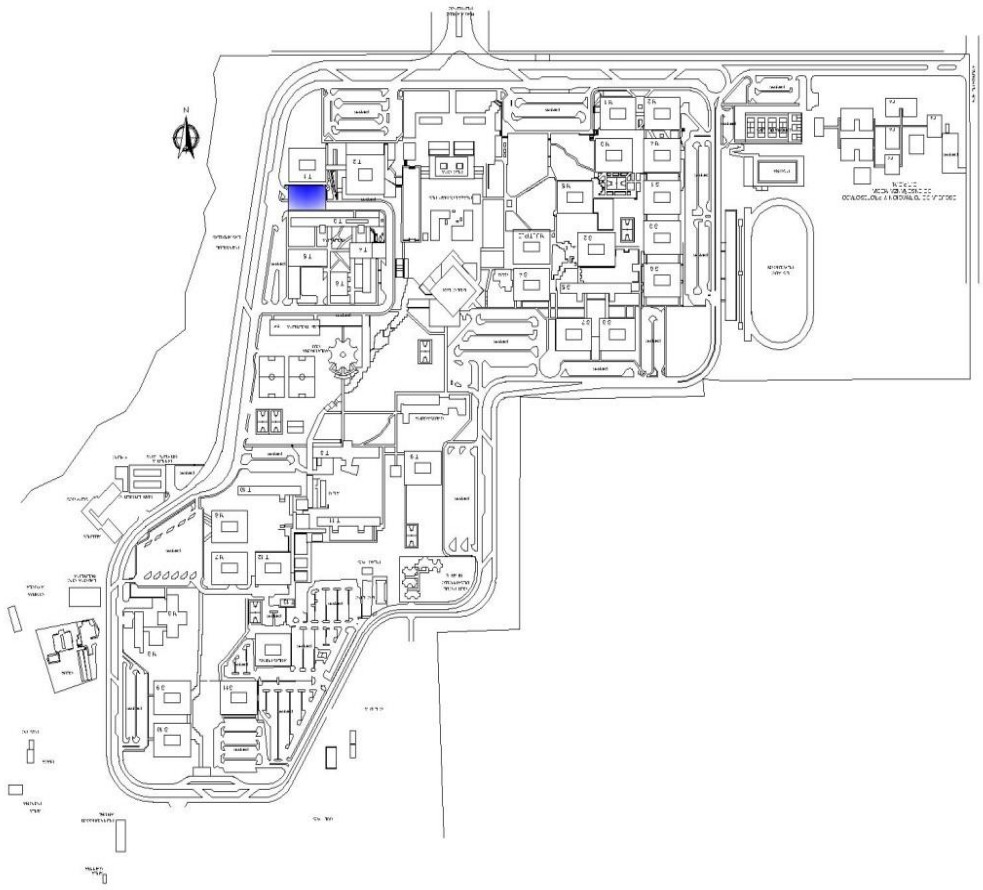
Limitando al oeste con el cinturón ecológico capitalino, donde se desarrolla una franja de área protegida que constituye el parque ecológico Las Ardillas, al Sur con áreas residenciales de la zona 12, al norte con áreas de uso mixto y con el Anillo Periférico y al este con áreas de uso mixto y la Avenida Petapa.

El área del Campus Central de la Universidad de San Carlos, está compuesta por seis fracciones de terreno que fueron unificadas para en su totalidad sumar 171,5 manzanas aproximadamente.

1.5.1. Localización, ubicación y características del área propuesta

La localización del área propuesta se encuentra dentro del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, específicamente, en el complejo de edificios de la Facultad de Ingeniería.

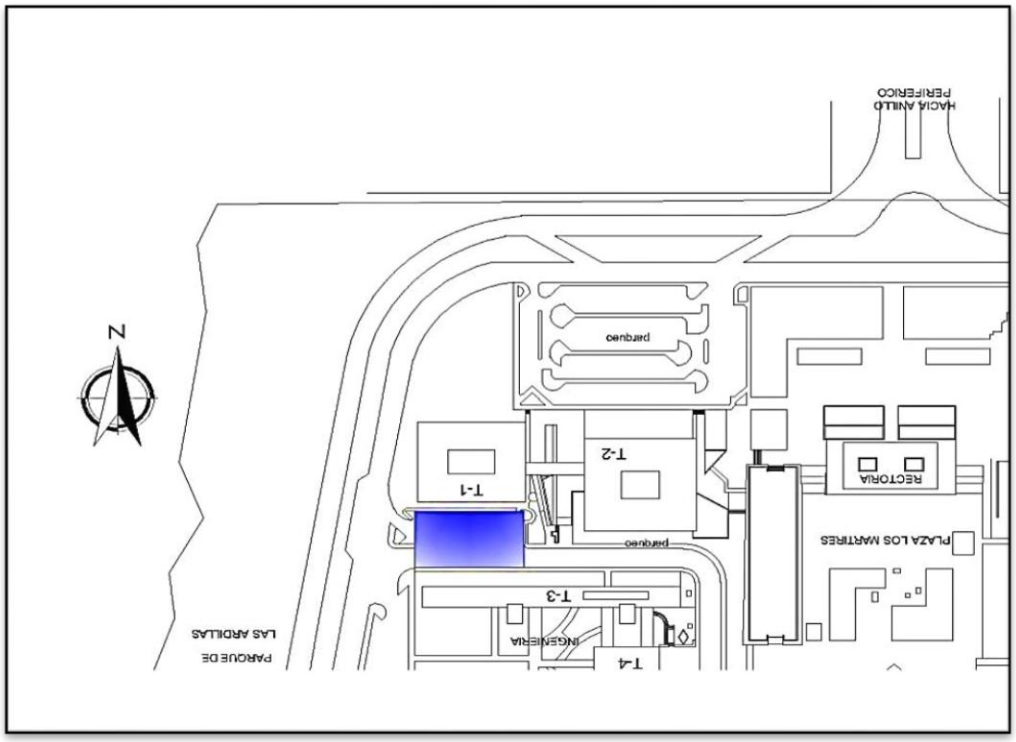
Figura 4. **Localización del área propuesta**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

La localización del área propuesta se encuentra en el parqueo existente entre el edificio T1 y el edificio T3.

Figura 5. **Ubicación del área propuesta**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

1.5.2. Fisiografía

De acuerdo a las características del departamento de Guatemala, se identifican dos tipos de regiones fisiográficas: pie de monte neo volcánico reciente y tierras altas volcánicas. Entre estas regiones se encuentran los siguientes paisajes: llanuela aluviales, planicies colovioaluviales, valles, zonas de terrazas y playa de mar.

En general, las poblaciones se encuentran rodeadas de cerros, montañas y barrancos. Los suelos del altiplanicie central, son caracterizados

por ser suelos poco profundos sobre materiales volcánicos debidamente cementados.

Existen varios volcanes algunos de ellos en actividad volcánica, en la zona central de la meseta se encuentran el de Acatenango, el de Fuego y el de Agua.

Para el área que ocupa el Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se tienen diferentes estratos de suelo, según la información obtenida del Departamento de Planificación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en donde se proporcionó de cuatro (4) informes de estudios de suelos, realizados por parte de la sección de suelos del centro de investigaciones de ingeniería de la Facultad de Ingeniería.

Los ensayos fueron elaborados en los alrededores del área que ocupa dicha facultad se determinó que según los perfiles estratigráficos, se tiene que a una profundidad de 2,50 metros se encontró material arcilloso, limo arenoso, color café claro, a una profundidad de 6,00 metros se encontró material arenoso de mediano a grueso color gris claro, a una profundidad de 9,50 metros se encontró material limo arenoso, color café ligeramente plástico.

1.5.3. Hidrografía

El departamento de Guatemala se encuentra inmerso en tres cuencas hidrográficas, la de Amatitlán, Motagua y María Linda, las cuales comprenden un área entre ocho mil y quince mil kilómetros cuadrados. A nivel departamental anualmente se reporta una precipitación pluvial media de 2 000 milimetros, distribuidos a lo largo de 5 meses.

1.6. Uso actual del suelo

En el departamento de Guatemala por sus variados climas, tipos de suelo y la topografía del terreno, se tiene que aparte del uso de la tierra para urbanizar y construir, algunos habitantes siembran diversidad de cultivos anuales, permanentes o semipermanentes.

El uso actual del suelo referente al área propuesta se encuentra urbanizado y sirve como estacionamiento vehicular de personal docente y estudiantes de la Facultad de Ingeniería.

2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

2.1. Descripción del equipo utilizado

El equipo utilizado en el levantamiento topográfico del área, la cual se determinó sería el lugar idóneo para la propuesta de edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano, como solución a problemática de estacionamiento vehicular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Se compone de los siguientes elementos:

- Teodolito digital NIKON NE-20S
- Trípode
- Estadal
- Cinta métrica de 100 metros
- Plomada
- Pintura

2.2. Procedimiento utilizado en el levantamiento topográfico

Al iniciar un levantamiento topográfico utilizando conservación de azimut, se realiza una orientación respecto a un norte magnético de referencia, de esta manera cuando se mueve de una estación a otra, se conserva esa orientación inicial de referencia adoptada en la primera estación, es decir que el teodolito se coloca en la estación directamente sobre los vértices del polígono, por lo que es utilizado en aquellos lugares en los que no existen obstáculos, los puntos de la estación son los vértices del polígono, lo que implica que hay inter visibilidad entre puntos adyacentes.

Los pasos a seguir para la realización de este procedimiento son los siguientes:

- Reconocimiento general del terreno, para definir las posibilidades de aplicación del método.

- Seleccionar el punto de partida (estación cero) centrado, nivelación y orientación del aparato.

- Girar el teodolito mediante su movimiento acimutal para localizar con la mira el Punto Observado 1, el cual se localiza en el vértice adyacente a la estación cero. Es recomendable identificar los vértices del terreno en una cuenta progresiva en el sentido de las agujas del reloj.

- Leer el azimut al hacer coincidir el hilo vertical de la retícula con el hilo de la plomada, para esto se usa el tornillo micrométrico.

- Luego de leer el azimut y apuntarlo en nuestra libreta de campo, se procede a fijar el movimiento acimutal y liberar el movimiento general y de esta manera conservar el azimut.

- Trasladar el aparato al Punto Observado (P.O.) 1 y estacionar el aparato. La orientación del instrumento se realiza visando el punto de la estación anterior (0) con el ángulo conservado, para lo cual se deben seguir los siguientes pasos:

- Liberara el tornillo macrométrico del movimiento vertical y girar el telescopio 180 grados sobre su eje de rotación, a este movimiento se le denomina vuelta de campana.

- Mediante el movimiento general y vertical, se localiza el hilo de la plomada que deberá estar ubicado en la estación anterior, a continuación fijamos el movimiento horizontal con el tornillo macrométrico y con el tornillo micrométrico afinamos la posición del hilo vertical de la retícula, hasta hacerlo coincidir con el hilo de la plomada.

- Girar de nuevo el telescopio sobre su eje, para poder proyectar el acimut conservado de la estación anterior a la nueva estación. El anterior procedimiento se realiza con el fin de que el meridiano de referencia mantenga la misma dirección y sentido.

- Soltar el movimiento acimutal y leer el acimut de la estación 1 al P.O. 2.

- Repetir sucesivamente el procedimiento descrito entre los puntos, hasta concluir el levantamiento.

- Al finalizar el levantamiento es preciso determinar el Error Angular Cometido, para lo cual se estaciona el aparato nuevamente en la estación 0 y se mira hacia el primer punto visto desde dicha estación, P.O. 1 y se lee el acimut. El error angular cometido del levantamiento serán los minutos y/o segundos de diferencia entre esta lectura y la primera que se realizó.

2.3. Traslado de la información obtenida en campo a gabinete

El método de Pensilvania consiste en calcular coordenadas parciales por medio de utilización de las funciones trigonométricas seno y coseno, se asume que las coordenadas de la primera estación serán X = 0,00 y Y = 0,00, luego

con el ángulo horizontal y distancia se obtienen las ∇X y ∇Y, las cuales se suman algebraicamente para obtener las coordenadas totales.

Tabla IV**.** **Libreta de campo**

Estación	Punto Observado	Azimut			Distancia (metros)	Observaciones
		Grados	Minutos	Segundos		
E-A	E-0	326°	19'	13''	37,52	
E-A	E-1	49°	13'	06''	39,44	
E-A	E-2	97°	44'	16''	26,95	
E-A	E-3	274°	21'	58''	24,04	

Fuente: elaboración propia.

∇X = seno (326,3202) * 37,52 = -20,80

∇Y = coseno (326,3202) * 37,52 = 31,22

∇X = seno (49,2183) * 39,44 = 29,86

∇Y = coseno (49,2183) * 39,44 = 25,76

∇X = seno (97,7377) * 26,95 = 26,70

∇Y = coseno (97,7377) * 26,95 = -3,63

∇X = seno (274,3661) * 24,04 = -23,97

∇Y = coseno (274,3661) * 24,04 = 1,83

Tabla V. **Coordenadas parciales y totales**

Estación	Punto Observado	∇X	∇Y	X total	Y total
E-A				0,0000	0,0000
E-A	E-0	-20,80	31,22	-20,80	31,22
E-A	E-1	29,86	25,76	29,86	25,76
E-A	E-2	26,70	-3,63	26,70	-3,63
E-A	E-3	-23,97	1,83	-23,97	1,83

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo altimétrico de las cotas se partió de un valor asumido (cota) en este caso fue de un mil y luego aplicando fórmulas para el cálculo de la altura de instrumento y la cota de nivelación, se obtuvieron los datos necesarios para conocer los cambios de nivel. Las fórmulas necesarias para éste cálculo son las siguientes:

Altura de instrumento = vista atrás + cota inicial

Cota de nivelación = altura de Instrumento – vista adelante

El área propuesta donde se llevó a cabo el levantamiento topográfico es un terreno plano, donde se desestimó el cálculo de cambio de niveles, debido a no se apreciarían los resultados.

3. DISEÑO

3.1. Parámetros de diseño

Entre los parámetros de diseño se debe contemplar el uso formas geométricas que permitan un diseño regular, evitando así diseños complejos y logrando edificios estructurales y funcionalmente adecuados. Utilizar tecnología y materiales de la región, y de esta manera adaptar los requerimientos constructivos a la disponibilidad del área, referentes a todos los elementos estructurales propuestos.

Maximizar el área rentable y reducir áreas de circulación únicamente a los espacios necesarios, evitando el desperdicio de áreas construidas.

3.2. Creación del proyecto

La propuesta debe buscar el mayor aprovechamiento del área existente, al ubicar las áreas de estacionamiento en subterráneo se aprovecha hasta tres veces su extensión y se unifican las áreas de circulación necesarias. Se aprovecha el área a nivel para áreas de esparcimiento o bien para otro nivel de estacionamiento.

El área que se definió cumple con distintos factores que son de suma importancia al momento de desarrollar una modulación y el diseño de una edificación bajo la superficie, ya que cumple con características respecto a la geometría, propiedades físicas y mecánicas de suelo ideal, accesibilidad para el

ingreso y egreso de vehículos, la movilidad de los vehículos dentro de cada nivel del estacionamiento.

Actualmente dentro del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala se cuenta con un área de estacionamiento de aproximadamente, 37 350,00 metros cuadrados, un siete punto cero seis por ciento del área total urbanizada que ocupa el Campus Central. Esto se refleja en una capacidad de 2 988 plazas de estacionamiento. Se obtuvo datos del Departamento de Registro y Estadística, de la sección de Estadística, que según un estudio realizado por Consultores Viales, S. A., realizado en 2007, en el que ochenta y dos punto dos por ciento de los usuarios de vehículos privados utilizan estacionamiento pagado dentro del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, mientras que el diecisiete punto ocho por ciento restantes deja su vehículo estacionado su vehículo fuera de los estacionamientos pagados, específicamente en el periférico universitario.

Tabla VI. **Distribución actual de áreas dentro del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala**

Área	Metros Cuadrados	Manzanas	%
Área Edificada	130509,13	18	10,82%
Área Verde	361983,1	51,85	30,01%
Área de Cultivos (No aprovechable)	159155,89	21,77	13,20%
Área de Deportes	58000	8,3	4,81%
Área de Estacionamientos	83900	12	6,96%
Área de Circulación Peatonal y Plazas	48926	7	4,06%
Área de Circulación vehicular	72835,88	10,41	6,04%
Área de Ext. Veterinaria	139740	20	11,59%
Área de Ext. Agronomía	139740	20	11,59%
Área sin Uso	11288,61	1,5	0,94%
Total	**1206078,61**	**170,83**	**100,00%**

Fuente: análisis para la optimización de las instalaciones físicas de la Ciudad Universitaria Tesis Arq. Zetina Trujillo.

Tabla VII. **Uso de estacionamientos**

Uso	Frecuencia absoluta	Porcentaje
Si	378	82,17%
No	82	17,83%
Total	460	100,00%

Fuente: Departamento de Registro y Estadística de la sección de estadística de la USAC, según estudio por Consultores Viales, S.A.

Debido al potencial económico que se requerirá para la ejecución del proyecto, se deberá establecer una cuota única para la utilización del estacionamiento, conociendo la utilización del mismo, la mayor parte del año a su máxima capacidad, se garantizará la recuperación de la inversión, con una tasa interna de rentabilidad adecuada.

3.2.1. Modulación y dimensiones del edificio

La estructura principal de los edificios, se deben trabajar por medio de una modulación regular que permita el cálculo y equilibrio de las cargas dentro del mismo.

La distribución de las dimensiones del edificio deberá ser regular de los estacionamientos, en un ambiente funcional y maximizando el uso del área necesaria.

Los estacionamientos deberán tener un ancho mínimo de 2,50 metros, un largo no inferior a 5,00 metros y una altura libre mínima de 2,50 metros bajo

vigas o elementos horizontales. Dicho ancho mínimo podrá ser disminuido hasta en un 10 por ciento por elementos estructurales, siempre que no afecte a más de la mitad del largo requerido.

De la dotación mínima de estacionamientos que se determine en la propuesta, deberán habilitarse espacios para el uso de personas con discapacidad. Estos estacionamientos tendrán un ancho mínimo de 3,60 metros, de tal manera que permita el descenso y ascenso a una zona de circulación libre y segura.

Tabla VIII. **Espacios propuestos para personas con discapacidad**

Dotación de estacionamientos	**Estacionamientos para personas con discapacidad**
Desde 1 hasta 20 plazas	1
Desde 20 hasta 50 plazas	2
Desde 50 hasta 200 plazas	3
Desde 200 hasta 400 plazas	4
Desde 400 hasta 500 plazas	5
De 500 plazas en adelante	1 % total aproximándose al número entero siguiente

Fuente: guía de Aplicación de Dotación y Diseño de Estacionamientos, Municipalidad de Guatemala, primera edición 2010.

Las rampas de acceso, no deberán de exceder una pendiente de veinticinco por ciento. Los cambios entre planos de diferente pendiente deben resolverse mediante curvas de transición. Las rampas deben iniciarse a una distancia mínima de 3,00 metros del límite de la propiedad.

La ventilación en el edificio propuesto, cualquiera sea su dimensión debe estar garantizada, de manera natural o mecánica. Tomando en cuenta que la

propuesta se basa en una edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles, se requiere de un sistema mecánico de extracción de monóxido de carbono. El sistema de extracción deberá contar con ductos de salida de gases que no afecten a los peatones ni las edificaciones colindantes.

3.2.2 Radios de giro

En Ingeniería se describe como radio de giro la forma en la cual una determinada área se distribuye alrededor de su eje centroidal. El radio de giro de un vehículo se refiere a la distancia que necesita éste, para cambiar de dirección completamente.

Todas las áreas vehiculares dentro de un estacionamiento deben cumplir con los radios de giro mínimo, para automóvil se utilizara como mínimo 3,60 metros, para buses 9,75 metros, y para camiones 8,50 metros.

3.3. Cálculo de volúmenes de excavación

Para realizar los cálculos de volúmenes de excavación, es importante conocer el dato del área, en caso de terrenos con diferencia de niveles en su superficie muy pronunciados, se deberá trazar niveles y calcular curvas de nivel, en el caso del área determinada para llevar a cabo la propuesta, es un terreno plano por lo que no es necesario trazar curvas, ya que no hay cambios de niveles pronunciados.

Así mismo, se debe de tomar en cuenta el factor de hinchamiento que es el coeficiente empleado, cuando el suelo experimenta un cambio de volumen cuando pasa del estado natural al estado excavado, por lo que es necesario conocer la magnitud del cambio, para poder determinar con mayor exactitud los

volúmenes del material a mover. Este coeficiente varía según diversos factores tales como: la clase de suelo, la humedad contenida del mismo; los métodos de excavación.

3.4. Estudio de suelos

El estudio de suelos, trata del reconocimiento geotécnico del suelo donde se pretende llevar a cabo una edificación o una obra de infraestructura. Los cálculos de la capacidad soporte está fundamentada por los resultados obtenidos del comportamiento de la curva de penetración estándar, deducida del record de conteo de golpes tomados en campo.

Para la construcción de los cimientos del edificio, se deberá decidir las dimensiones y forma de los mismos en función de la capacidad soporte que los resultados establecen.

3.4.1. Parámetros del suelo

En la ingeniería civil es de suma importancia el conocimiento de los diferentes parámetros que se presentan en los suelos, siendo los físicos y mecánicos los que deben ser identificados, debido a las obras de infraestructura que se deseen llevar a cabo.

Entre los parámetros del suelo, se encuentra la granulometría, que se refiere a la variación en el tamaño de las partículas que constituyen el agregado, los cuales se clasifican como granulares conocidos como grava y arena y los finos como el limo y la arcilla, también se tiene la plasticidad del suelo, que se refiere a la variación en la consistencia del agregado en función del contenido de agua en el mismo, la permeabilidad, que se refiere a la

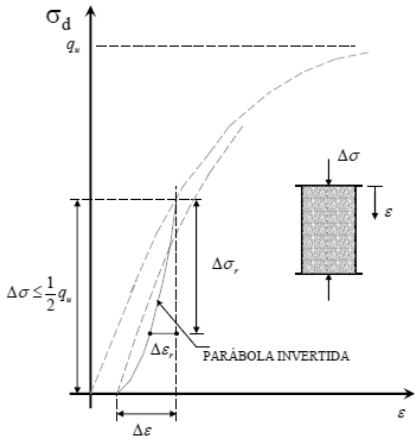
capacidad del suelo para permitir el paso de una corriente de agua a través de él.

Derivado de estas variaciones existen comportamientos geo mecánicos del suelo, tales como la relación esfuerzo deformación, la resistencia al esfuerzo cortante, el ángulo de fricción interna y la capacidad soporte del suelo.

3.4.1.1 Relación esfuerzo-deformación

Cuando se somete un suelo a esfuerzos, éste muestra deformaciones, por lo que se hace necesario trazar una historia de los cambios entre los esfuerzos y las deformaciones y así obtener una curva esfuerzo-deformación. La magnitud de deformación producida por un esfuerzo dependerá de la composición del material, relación de vacíos en éste, el historial del esfuerzo, y forma en que se apliquen nuevos esfuerzos.

Figura 6. **Relación esfuerzo-deformación**



Fuente: COSTANTINO, Rigoberto. Notas sobre los fundamentos de la mecánica de suelos. Universidad Autónoma de México. p 45.

3.4.1.2 Esfuerzo cortante

Para realizar el análisis de la estabilidad de una estructura, es necesario conocer la resistencia al esfuerzo cortante del suelo involucrado. Esta resistencia del suelo determina factores como la estabilidad de un talud, la capacidad de carga admisible para una cimentación y el empuje de un suelo contra un muro de contención. Entre las variables involucradas para la determinación de la resistencia al esfuerzo cortante, se tiene, el tipo de suelo, el grado de compacidad, anisotropía, entre otros.

En las obras de ingeniería es imperante tomar en cuenta la seguridad, funcionabilidad y economía de un proyecto, cuando se habla de seguridad en el caso especial de los suelos, se busca que el diseño propuesto de la cimentación y el suelo, no genere un mecanismo de falla que ponga en riesgo la estructura en general.

3.4.1.3 Ángulo de fricción interna

El ángulo de fricción interna depende de diferentes variables, el tamaño de las partículas que componen el agregado, la forma de las partículas, la distribución de los tamaños y la densidad del mismo. Conocer este valor es de suma importancia, ya que servirá para determinar los elementos que soportan la presión del suelo y el grado de inclinación de los mismos utilizados en los diferentes métodos de estabilización de taludes.

3.4.1.4 Capacidad soporte del suelo

La capacidad de soporte del suelo o valor soporte, es la capacidad de un suelo de soportar una carga, sin que se produzcan fallas dentro de su masa, se mide en fuerza por unidad de área.

Cálculo de la capacidad soporte o valor soporte:

Datos
φ (ángulo de fricción interna) = 20,32°
γ (peso específico del suelo) = 1,09 T/m^3
Co (coeficiente de cohesión) = 0,00
Df (cota de cimentación o desplante) = 13,50 m

Datos obtenidos del informe de suelos del Departamento de Planificación de la Facultad de ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

$$qh = Co*Nc*dc*Sc + qo*Nq*dq*Sq + ½*B*\gamma*N\gamma*d\gamma*S\gamma$$

Donde:
qh = presión total neta
Co = coeficiente de cohesión
Nc, Nq y Nγ = factores de capacidad de carga de Terezaghi
qo = γ*Df (presión vertical del terreno)
B = base del cimiento

Factores de forma, profundidad e inclinación
Sc = 1 + 0,2 (B/L)*tg2(45 + φ/2)
Sq, Sg = 1 + 0,1 (B/L)*tg2(45 + φ/2)

dc = 1 + 0,2 (Df/B)*tg(45 + φ/2)

dq, dg = 1 + 0,1 (Df/B)*tg(45 + φ/2)

El valor se calcula por medio de varias iteraciones, aumentando o disminuyendo la base del cimiento (zapata).

Tabla IX. **Factores de forma, profundidad e inclinación**

	Dimensiones			
	2,00 x 2,00	2,50 x 2,50	3,00 x 3,00	3,50 x 3,50
Sc = 1 + 0,2 (B/L)*tg2(45 + φ/2)	2,47	2,47	2,47	2,47
Sq, Sg = 1 + 0,1 (B/L)*tg2(45 + φ/2)	2,26	2,26	2,26	2,26
dc = 1 + 0,2 (Df/B)*tg(45 + φ/2)	1,65	1,62	1,60	1,58
dq, dg = 1 + 0,1 (Df/B)*tg(45 + φ/2)	1,54	1,53	1,52	1,51

Fuente: elaboración propia.

Nc = 14,83

Nq = 6,40

Nγ = 5,39

qo = γ*Df = 1,09 * 2,00 = 2,18

qh_1 = 0*14,83*1,65*2,47 + 2,18*6,40*1,54*2,26 + ½*3,00*1,09*5,39*1,54*2,26 = 79,23

qh2 = 0*14,83*1,62*2,47 + 2,18*6,40*1,53*2,26 + ½*3,50*1,09*5,39*1,53*2,26 = 83,79

qh3 = 0*14,83*1,60*2,47 + 2,18*6,40*1,52*2,26 + ½*4,00*1,09*5,39*1,52*2,26 = 88,28

qh4 = 0*14,83*1,58*2,47 + 2,18*6,40*1,51*2,26 + ½*4,50*1,09*5,39*1,51*2,26 = 92,72

qhPROMEDIO = (79,23+83,79+88,28+92,72) / 4 = 86 T/m^3
Aplicando un factor de seguridad = 3

qh = 86/3 = 28,67 T/m^2

El valor soporte calculado es tomado como aceptable ya que se encuentra entre el rango de valor soporte investigado y mostrado anteriormente.

3.5. Estabilización de taludes

Un problema importante en la construcción de edificaciones con sótanos, es realizar excavaciones verticales en terrenos que tienen linderos colindantes con edificaciones existentes o con la calle.

3.5.1. Método de estabilización

Los muros anclados son estructuras de carácter provisional o permanente que sirven para proteger a los edificios vecinos, frente a los empujes laterales de tierra que se producen cuando hay excavaciones. Posteriormente a la fase de excavación, se construye el edificio, con sus losas de techos, zapatas y columnas, momento en el que ya no se requiere de los anclajes colocados inicialmente, pues ahora la estructura del edificio es la que soporta los empujes.

La implementación de inclusiones, como en el suelo enclavado, como método para la estabilización de taludes se ha comenzado a popularizar en

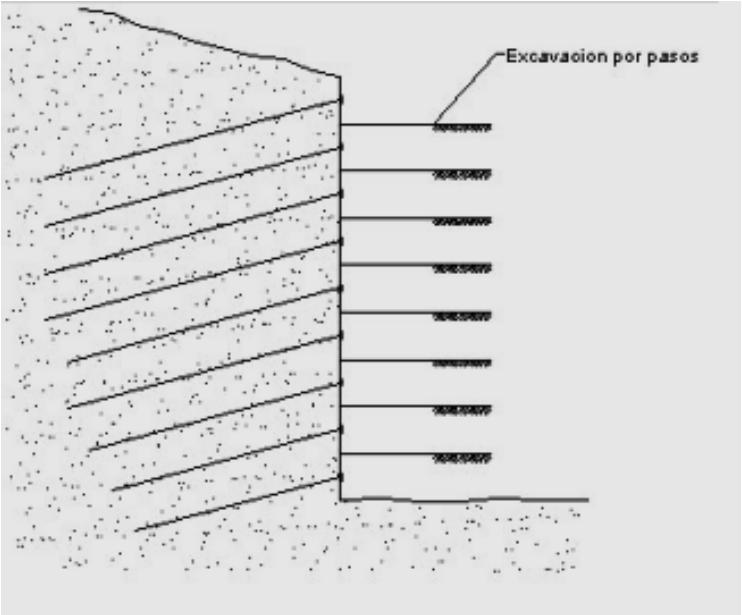
nuestro país. Esto debido a las ventajas que ofrece respecto a los métodos convencionales de estabilización de taludes (muros de gravedad, muro en voladizo).

El diseño de las inclusiones se relaciona directamente con las propiedades del suelo y la interacción con él. El conocimiento de esta interacción es de gran importancia para la elaboración de un diseño que brinde seguridad y a su vez economía.

El suelo enclavado es una técnica para reforzar el suelo *in-situ*. El sistema consiste en una cubierta o revestimiento de concreto lanzado, construido regularmente de arriba hacia abajo y un arreglo de inclusiones (miembros reforzados), perforadas o insertadas en una masa de suelo. El suelo enclavado se compone de tres elementos, el suelo *in-situ*, el refuerzo y la cubierta o revestimiento.

La tecnología del suelo enclavado puede ser considerada ventajosa para cualquier corte de excavación ya sea temporal o permanente, en lugar de cualquier otro método convencional pero especialmente cuando se plantea la utilización de muros anclados. El ahorro comparado con los métodos convencionales de estabilización está en un rango de 10 a 30 por ciento.

Figura 7. **Suelo enclavado como estructura para contención**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

Se debe de implementar un revestimiento el cual tiene la función de asegurar la estabilidad local del suelo entre los refuerzos, limitar la descompresión inmediata después de la excavación y proteger el suelo retenido en su superficie de la erosión. El tipo de cubierta que se utiliza depende en mayor parte de los requerimientos estéticos de la estructura ya que esta será la única parte de la estructura que quedara visible. Para esto se aplicará concreto lanzado o paneles de concreto prefabricado.

Los espesores recomendados para los muros anclados, construidos en un buen suelo, condiciones estables, y para alturas normales de piso a piso son:

Tabla X**.** **Espesores recomendados para muros anclados**

Número de sótanos	Espesor de muro centímetros
2 ó 3	10
4	20
5 ó 6	25
7 u 8	30 ó 35

Fuente: investigación realizada con personal técnico de la empresa Rodio *Swisboring* Guatemala.

La malla de acero soldado o electro malla, puede utilizarse para aplicaciones temporales y permanentes, los diámetros varían directamente al espaciamiento entre anclajes.

Las inclusiones son elementos cortos o largos que se incrustan o colocan en el suelo formando retículas, estabilizando y reforzando el suelo. Las inclusiones en el suelo enclavado trabajan como refuerzo y la carga es transmitida a todo lo largo de la inclusión.

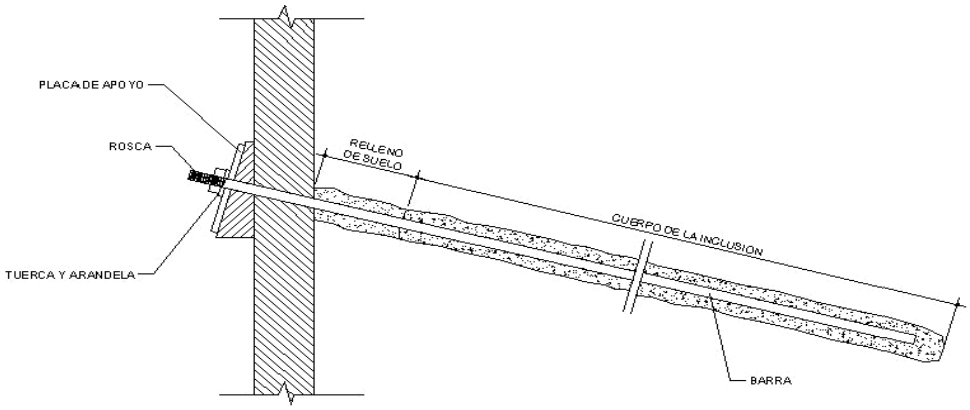
Las inclusiones de acero reforzado se pueden clasificar como:

- Inclusiones clavadas
- Inclusiones llenadas con lechada
- *Jet gróate nails*
- Inclusiones encapsuladas protegidas contra la corrosión

La cabeza de la inclusión o *Nailing* se integra por tres componentes principales, la platina, la tuerca y la roldana. La platina es fabricada de acero grado 36 según Norma ASTM A 36 y es generalmente cuadrada de 200 a 250 milímetros de largo por 19 milímetros de grosor. La función de la platina es la de distribuir la fuerza al final de la inclusión o *Nailing* durante el procedimiento del concreto lanzado y contrarrestar las fuerzas del talud. La platina contiene un agujero central en donde se coloca la barra de acero. La roldana es luego insertada en la barra de acero la cual es asegurada por medio de una tuerca hexagonal. La roldana y la tuerca son fabricadas con acero consistente con la de la barra de acero por lo tanto, generalmente es grado 60. Las tuercas son ajustadas por medio de una llave de calibración.

La inyección para la inclusión o *Nailing* es una mezcla de cemento con agua la cual llena el espacio anular entre la barra de la inclusión o *Nailing* y el suelo que lo rodea. La relación entre agua/cemento para la inyección en la inclusión varía entre 0,4 y 0,5. En algunos casos se puede utilizar una mezcla más densa con un revenimiento de 30 milímetros debido a que la inclusión se encuentra en un suelo altamente permeable o roca altamente fracturada. Se debe de utilizar una mezcla que logre una resistencia a la compresión de 3 000 libras por pulgada cuadrada.

Figura 8**.** **Detalle típico de suelo enclavado**



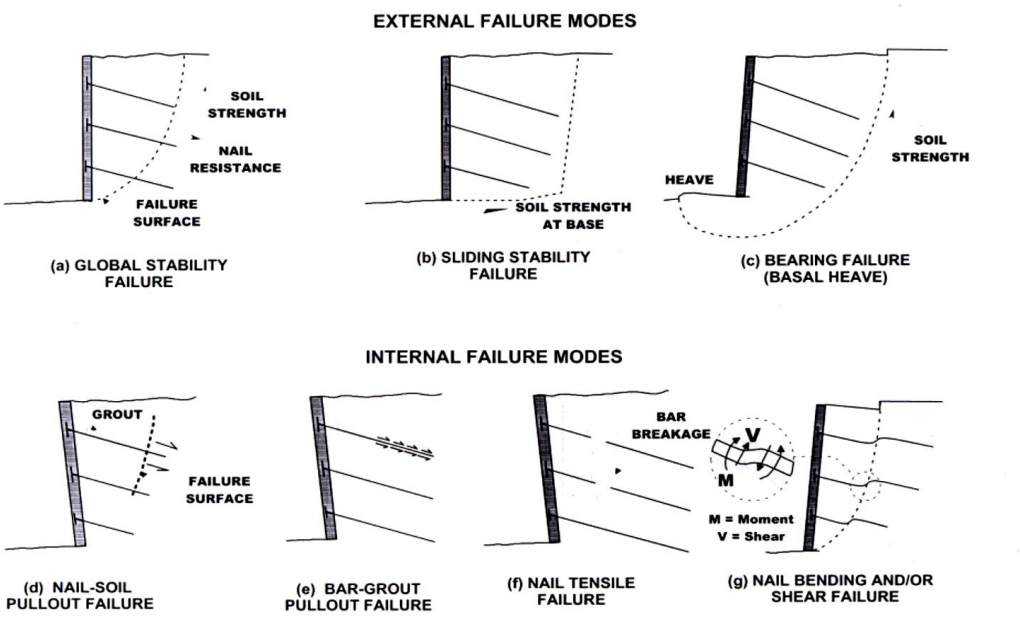
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

3.5.2. Cálculo utilizando el método propuesto

En el análisis y diseño de un suelo enclavado, es de suma importancia conocer dos limitantes, el estado límite de esfuerzos y el estado límite de servicio.

El estado límite de esfuerzos, a los modos y los posibles colapsos, en donde las cargas aplicadas inducen fuerzas que son mayores a los esfuerzos de los sistemas completos y por lo tanto la estructura se vuelve inestable. El diseño del suelo enclavado debe brindar seguridad ante cualquier potencial falla, las cuales se clasifican en fallas internas y externas.

Figura 9. **Fallas del suelo enclavado**



Fuente: Manual técnico del *software* Talren 4,0 para la estabilización de taludes. p. 38.

El estado límite de servicio se refiere a las condiciones donde no se involucran colapsos, pero que afectan a la normal funcionabilidad y a la seguridad de la estructura. El mayor límite de servicio del suelo enclavado se trata de una excesiva deformación en el muro.

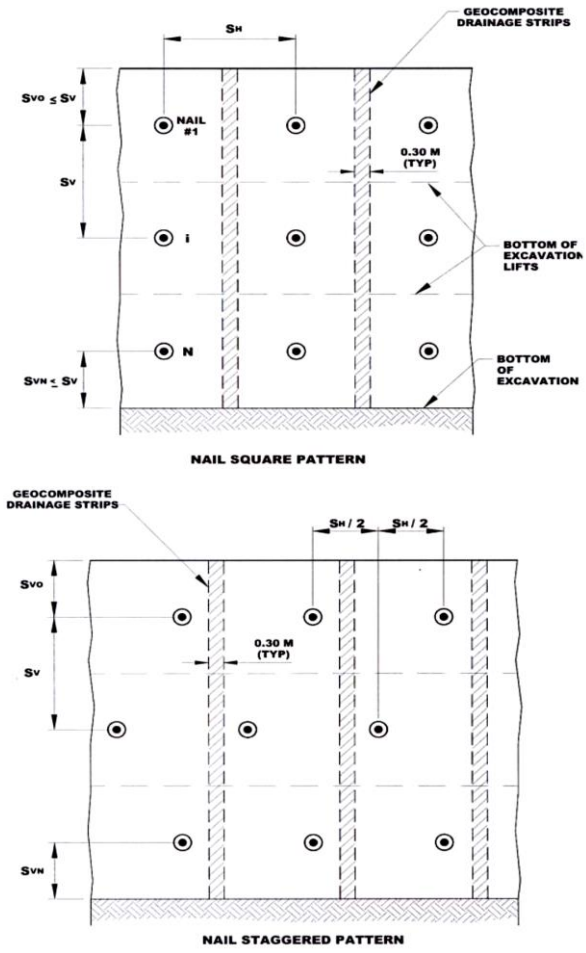
Se deben realizar consideraciones iniciales al momento de comenzar el diseño del suelo enclavado, entre estas se tiene:

- Características del muro enclavado: altura del muro, longitud e inclinación del muro.

- Espaciamiento vertical y horizontal de las inclusiones: el espaciamiento horizontal es proporcional al vertical, comprende un rango entre 1,25 y 2,00 metros, este espaciamiento debe contener un área de influencia menor o igual a 4,00 metros cuadrados.

- Distribución de las inclusiones en el muro: esta distribución puede ser rectangular, triangular e irregular.

Figura 10. **Distribución de las inclusiones**

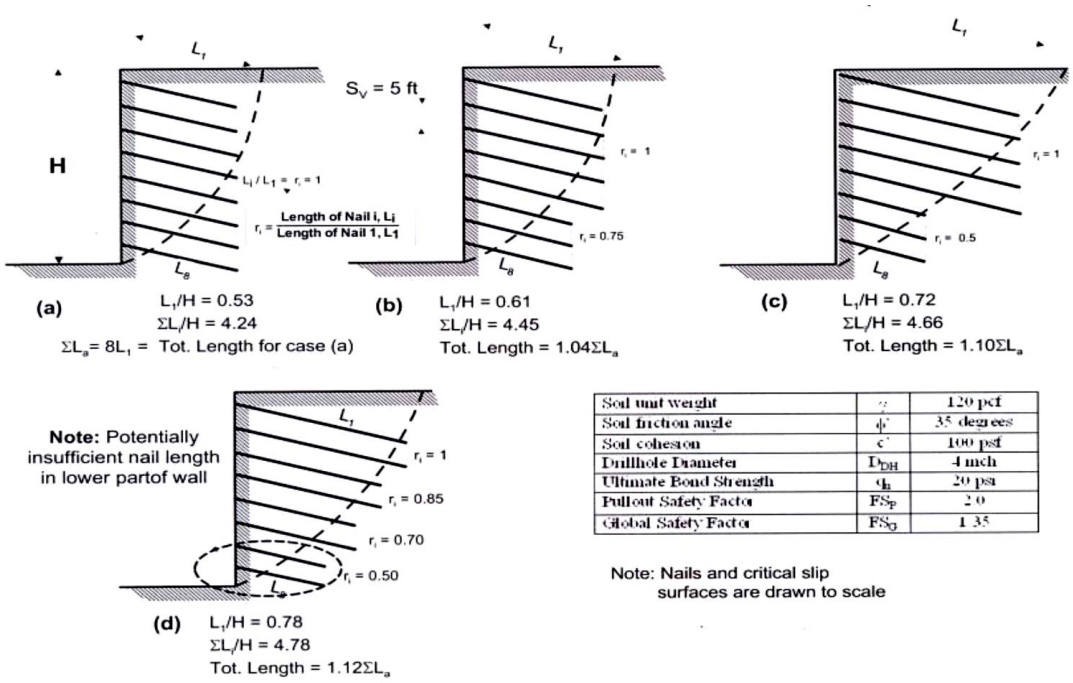


Fuente: Manual técnico del *software* Talren 4,0 para la estabilización de taludes. p. 43.

- Inclinación de la inclusión: la inclusión se instala con una inclinación en un rango entre 10 grados a 20 grados respecto al eje horizontal, siendo la inclinación típica de 15 grados.

- Longitud de la inclusión: se puede adoptar una longitud uniforme de la inclusión cuando existen cargas menores, no hay estructuras cercanas y solo actúa el peso propio del suelo. Una longitud variable se implementa cuando existen estructuras cercanas y las cargas son mayores y de esta manera se controla la deformación del muro. La longitud de la inclusión puede ser asumida como 0,7H, donde H es la altura del muro, la longitud de la inclusión puede ser mayor a 0,7H si las sobrecargas son mayores o si se tiene alturas superiores a los 10 metros.

Figura 11. **Longitud de la inclusión**



Soil unit weight	γ	120 pcf
Soil friction angle	ϕ'	35 degrees
Soil cohesion	c'	100 psf
Drillhole Diameter	D_{DH}	4 inch
Ultimate Bond Strength	q_u	20 psi
Pullout Safety Factor	FS_P	2.0
Global Safety Factor	FS_G	1.35

Fuente: Manual técnico del *software* Talren 4,0 para la estabilización de taludes. p. 45.

- Propiedades del suelo: las propiedades a tomar en cuenta al comenzar el diseño de un muro enclavado son, el peso específico del suelo γ; la cohesión Co; y el ángulo de fricción interna φ.

- Otras consideraciones iniciales son: evaluación a la corrosión, estimación del diámetro de perforación, selección de factores de seguridad, y la definición de cargas.

El modelo matemático en el cálculo y diseño de muros de suelo enclavado que se utiliza comúnmente es el método de *Bishop,* el cual se basa en interacciones utilizando el factor de seguridad más bajo debido a que es el más crítico, debido a la gran cantidad de interacciones que se deben realizar para el cálculo, se usan programas de computadoras para encontrar este factor, el programas a utilizar en la presente propuesta es el programa *Talren* 4,0.

El diseño de la estabilización y protección de los muros de la propuesta de edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano, como solución a la problemática de estacionamiento vehicular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se da para evitar derrumbes y socavaciones debido a la excavación de los sótanos. Para esto se necesitó un plano topográfico del lugar, resultados de los estudios de suelos realizados dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, proporcionados por el Departamento de Planificación, y así poder emplear el *Software TALREN* 4,0 para el diseño del muro enclavado.

Tabla XI. **Datos de resultados de estudio de suelos**

	Suelo No. 1	**Suelo No. 2**	**Suelo No. 3**
Peso Unitario (t/m³)	1.09	1.09	1.09
Cohesión (t/m²)	0.00	0.00	0.00
Ángulo de Fricción	20.32	20.10	20.62

Fuente: Unidad de Planificación, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

El factor de seguridad mínimo de diseño a utilizar en esta obra es de FS: 1,40 y el método utilizado para el cálculo fue el método de *Bishop*. Tomando en consideración que se tienen alturas de 12,00 metros se propuso que se implementaran inclusiones con barras de acero corrugado número 7 de grado 60 de hasta 9,00 metros de longitud y espaciados a 1,75 metros en ambos sentidos, con un espesor de 0,20 metros de muro de concreto lanzado con una resistencia de 4 000 PSI, armado con electromalla 6”x6” Calibre 4,5/4,5, viga de refuerzo 4 número 4, platina de acero 0,20 x 0,20 metros x ½” de espesor. Con este tratamiento el factor de seguridad de la obra nos dio como resultado FS: 1,42.

A continuación se presentan los resultados obtenidos al ejecutar el *software* Talren 4,0.

Tabla XII. **Resultados obtenidos con Talren 4**

		001-SU-GUA				
TALREN 4 ***v1.34***		**Sótano Facultad Ingeniería USAC**				**Dato / Página 1**
Número de proyecto:	001-SU-GUA					
Cálculo título:	Sótano USAC					
Locación :	Guatemala					
Comentarios.						
Units: t,t/m2,t/m3						
yw: 1						

Fuente: elaboración propia, con programa Talren 4,0.

Tabla XIII. **Capas de suelo**

	Nombre	**y**	**Φ**	**c**	**Δc**	**qs nails**	**pl**	**KsB**
1	Revestimeinto 1	1,09	20,32	0,00	0,00	12,0	0,0	0,0
2	Revestimeinto 2	1,09	20,10	0,00	0,00	12,0	0,0	0,0
3	Revestimeinto 3	1,09	20,62	0,00	0,00	12,0	0,0	0,0

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Puntos**

	X	Y		X	y		X	Y
1	-51,00	0,00	5	0,00	-9,00	9	-51,00	-6,00
2	0,00	0,00	6	0,00	-12,15	10	-51,00	-2,00
3	0,00	-2,00	7	20,00	-12,15			
4	0,00	-6,00	8	-40,00	-9,00			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Segmentos**

	Punto 1	Punto 2			Punto 1	Punto 2			Punto 1	Punto 2
1	1	2		4	4	5		7	5	8
2	2	3		5	5	6		8	4	9
3	3	4		6	6	7		9	3	10

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Límite de la pendiente**

	Segmento			Segmento
1	1		4	4
2	2		5	5
3	3		6	6

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Cargas distribuidas**

	Nombre	X Izquierda	Y Izquierda	q Izquierda	X Derecha	Y Derecha	q Derecha	Ángulo horizontal	Ancho de difusión de la base	Ángulo de difusión
1	Sd 1	-40,0	0,00	1	0,00	0,00	1	90,00	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Cargas lineales y momentos**

	Nombre	TR	Espacio Horizontal	X	Y	Largo	Ángulo / horizontal	Ancho	Ángulo de difusión
1	Nail 1	9,8	1,75	0,00	-0,75	9,00	15	0,20	10,0
2	Nail 2	9,8	1,75	0,00	-2,50	9,00	15	0,20	10,0
3	Nail 3	9,8	1,75	0,00	-4,25	9,00	15	0,20	10,0
4	Nail 4	9,8	1,75	0,00	-6,00	9,00	15	0,20	10,0
5	Nail 5	9,8	1,75	0,00	-7,75	9,00	15	0,20	10,0
6	Nail 6	9,8	1,75	0,00	-9,50	9,00	15	0,20	10,0
7	Nail 7	9,8	1,75	0,00	-11,25	9,00	15	0,20	10,0

Rsc	Radio equivalente	Tensión	Fuerzas de corte impuestas RCIS	L mínimo	Momento de plastificación	El
	0,055	T cal, Cimp	4,17	---		
	0,055	T cal, Cimp	4,17	---		
	0,055	T cal, Cimp	4,17	---		
	0,055	T cal, Cimp	4,17	---		
	0,055	T cal, Cimp	4,17	---		
	0,055	T cal, Cimp	4,17	---		
	0,055	T cal, Cimp	4,17	---		

Ángulo crítico	Tracción	Corte	qs unas desde ….	φ bar	Σe
5,0	external	external	Curvas	--	--
5,0	external	external	Curvas	--	--

Continuación de la tabla XVIII.

5,0	external	external	Curvas	--	--
5,0	external	external	Curvas	--	--
5,0	external	external	Curvas	--	--
5,0	external	external	Curvas	--	--
5,0	external	external	Curvas	--	--

Fuente: elaboración propia.

Resumen de resultados obtenidos del software.

Tabla XIX. Refuerzos de clavo

	Nombre	Tensión (t/m2)	Espacio horizontal (metros)	Punto X	Punto Y	Longitud (metros)
1	Clavo 1	9,8	1,75	0,00	-0,75	9,00
2	Clavo 2	9,8	1,75	0,00	-2,5	9,00
3	Clavo 3	9,8	1,75	0,00	-4,25	9,00
4	Clavo 4	9,8	1,75	0,00	-6	9,00
5	Clavo 5	9,8	1,75	0,00	-7,75	6,00
6	Clavo 6	9,8	1,75	0,00	-9,5	6,00
7	Clavo 7	9,8	1,75	0,00	-11,25	6,00

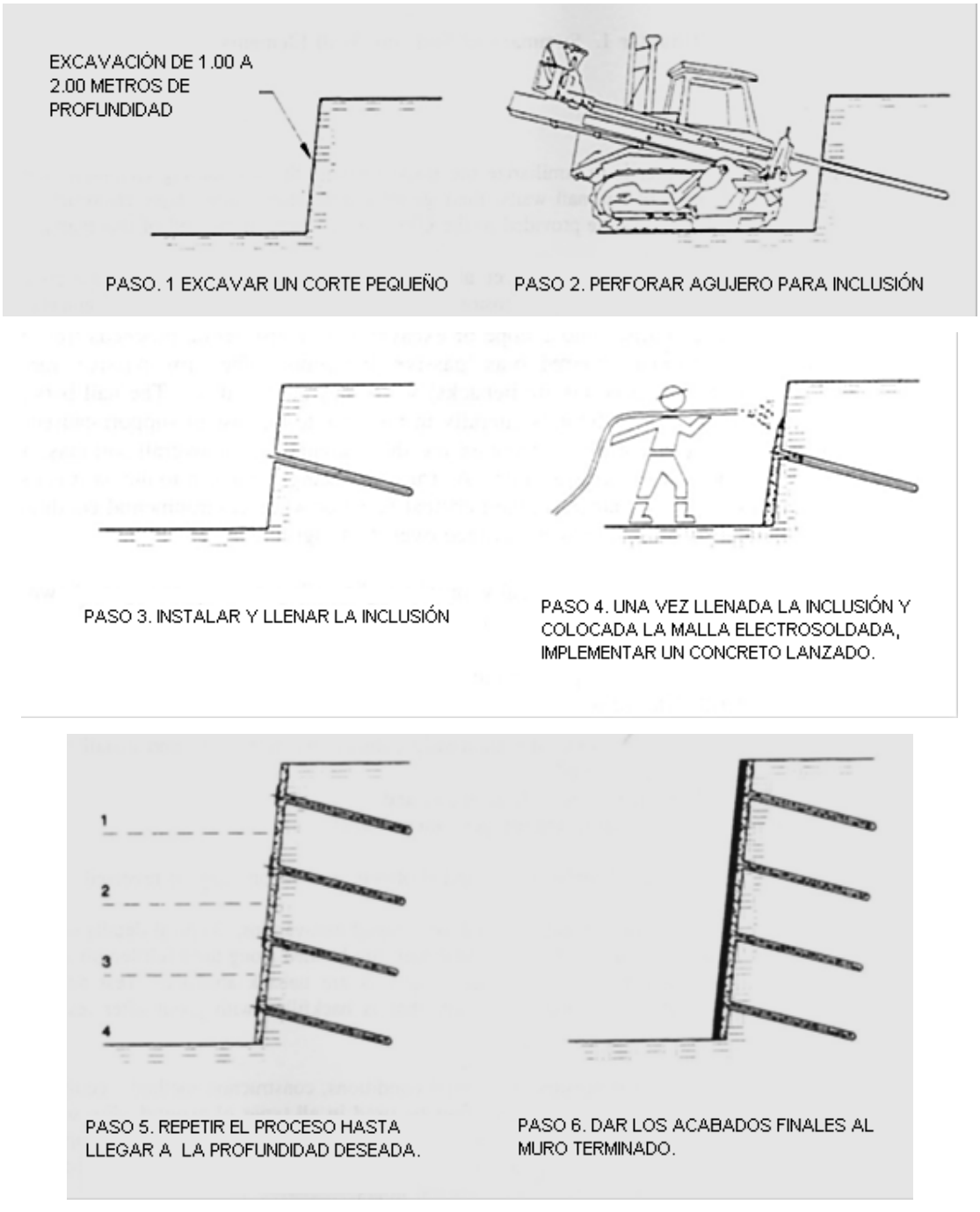
	Ángulo horizontal del clavo	Medidas de base (metros)	Ángulo de base	Radio equivalente de perforación (metros)	Tracción del clavo	diámetro de varilla (pulgadas)
1	15	0,20 x 0,20	10	0,057	externo	7/8
2	15	0,20 x 0,20	10	0,057	externo	7/8
3	15	0,20 x 0,20	10	0,057	externo	7/8
4	15	0,20 x 0,20	10	0,057	externo	7/8
5	15	0,20 x 0,20	10	0,057	externo	7/8
6	15	0,20 x 0,20	10	0,057	externo	7/8
7	15	0,20 x 0,20	10	0,057	externo	7/8

Fuente: elaboración propia.

Se debe seguir un procedimiento constructivo para la construcción del muro enclavado, siendo los siguientes:

- Excavación de un pequeño corte en altura.
- Hacer la perforación de los clavos, según lo especificado en el diseño.
- Instalación y llenado con lechada de los anclajes de varilla.
- Instalar la electromalla, placas y hacer la soldaduras correspondientes.
- Fundir la pantalla de concreto reforzado.
- Dar el acabado superficial al muro terminado.

Figura 12. **Proceso de construcción del muro enclavado**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2013.

La perforación deberá hacerse al diámetro y longitud mostrados en los planos constructivos. El barreno de perforación deberá orientarse según el ángulo de inclinación del diseño, en este caso -15 grados con respecto a la horizontal. La tolerancia máxima de este procedimiento es de +/- 3 grados.

El equipo más común de perforación para este tipo de muros, consiste en una máquina hidráulica de perforación mecánica movible. Este equipo suele ser del tipo rotatorio/percusivo mediante el uso de barrenos seccionales.

3.5.3. Cargas actuantes

Entre las cargas actuantes que determinan el diseño estructural de cada uno de los elementos que componen la edificación, en el presente trabajo de graduación se utilizó un sistema estructural catalogado como: marcos dúctiles de concreto reforzado, capaces de resistir todas las fuerzas aplicadas a la estructura, tanto verticales (carga viva y carga muerta), como horizontales (fuerzas de sismo); utilizando como diafragmas losas planas de concreto armado.

3.5.4. Propuesta de elementos estructurales

El propuesta de elementos estructurales de una edificación consiste en darle medidas preliminares a los elementos que la componen, en este caso; cimientos, columnas, vigas y losas, con el fin de analizarlos bajo efectos de las cargas y así disponer luego si las medidas cumplen con los requisitos de carga o deben ser modificados.

Para la presente propuesta se utilizó el *software* ETABS que trabaja dentro de un sistema de datos integrados. El concepto básico es el de crear un modelo consistente del sistema de piso y sistemas de pórtico vertical y lateral

para analizar y diseñar toda la edificación. Todo lo que se necesita es integrar el modelo dentro de un sistema versátil de análisis y diseño con una interfase. Los efectos sobre una parte de la estructura debido a cambios efectuados en otra parte son instantáneos y automáticos. Por lo que se obtienen datos de corte y momento para todos los elementos estructurales del edificio, para posteriormente chequear el pre dimensionamiento de los elementos y de esta manera definir los mismos.

3.5.5. Cálculo de cargas vivas

Las cargas vivas son cargas de tipo vertical, esto debido a que son cargas gravitacionales, para el cálculo de estas cargas es importante tomar en cuenta la función y el servicio que prestará para determinar las cargas vivas que se deben calcular. Se les consideran cargas vivas las fuerzas que se producen por el uso y ocupación de las edificaciones y que no tienen carácter permanente. A menos que se justifiquen racionalmente otros valores. Para almacenaje de vehículos (estacionamientos con autos), que pasen más de 1 hora estacionados, se tomará como base una carga viva de 700 kilogramos sobre centímetros cuadrados. Para las personas que circulen por el estacionamiento se tomará una carga viva de 250 kilogramos sobre centímetros cuadrados, esto debido a la importancia del proyecto en relación a la seguridad.

3.5.6. Cálculo de cargas muertas

Se calcularán las cargas muertas derivadas de los pesos de todos los elementos estructurales que componen la edificación, se tomarán los pesos de los acabados y de todos los elementos que ocupan una posición permanente y tienen un peso que no cambia sustancialmente con el tiempo.

Para el cálculo de las cargas muertas se emplearán las dimensiones especificadas de los elementos estructurales y los pesos unitarios de los materiales. Para estos últimos se utilizarán valores mínimos probables cuando sea más desfavorable para la estabilidad de la estructura considerar una carga muerta menor.

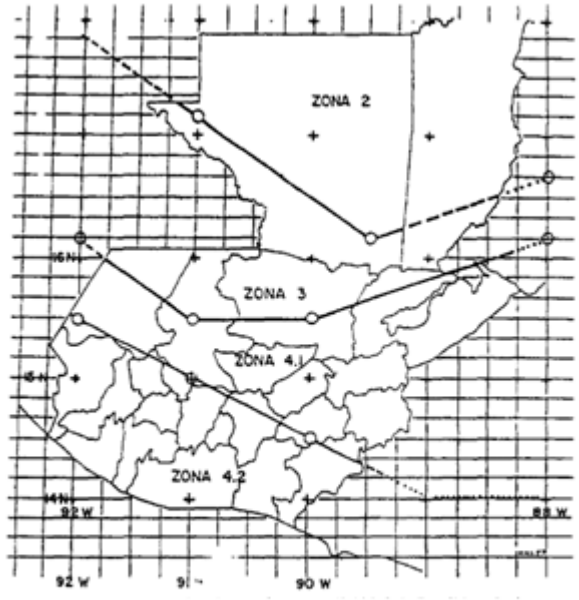
Basado en las normas de diseño y construcción sismo resistente se tomará un peso unitario como base una carga muerta referente al concreto armado de 2,400 kilogramos por metro cúbico. Para los acabados un peso unitario de 150 kilogramos por metro cuadrado.

3.5.7. Cálculo de cargas sísmicas

Las fuerzas debidas a los sismos o empujes de tierras, son consideradas como fuerzas horizontales, paralelas a la superficie terrestre, y son a las que están expuestos los edificios. Como es de conocimiento general, Guatemala está ubicada en una zona de gran actividad sísmica, por lo que este factor predominó para el diseño de la estructura. Utilizando el método STANFORD, se encontraron las fuerzas sísmicas o laterales aplicadas al edificio para luego ingresarlas en el programa y modelar los efectos y chequear la resistencia de los elementos estructurales previamente propuestos.

El territorio que ocupa la república de Guatemala se divide en cuatro zonas sísmicas donde varían sus aceleraciones efectivas y más frecuentes. La zona 2, 3, 4,1 y 4,2.

Figura 13. **Mapa de macrozonificación sísmica de Guatemala**



Fuente: Normas Estructurales de Diseño Recomendadas para la República de Guatemala, AGIES NR2-2000. p 12.

3.6. Cimentación

La cimentación es la parte estructural de una edificación, encargada de transmitir las cargas al terreno en donde se ubicará la misma. La finalidad de la cimentación es sustentar estructuras garantizando la estabilidad y evitando daños a los materiales estructurales y no estructurales.

Un cimiento es aquella parte de la estructura que recibe la carga de la construcción y la transmite al terreno por medio del ensanchamiento de su base. La base sobre la que descansa todo el edificio o construcción es lo que se le llama cimientos. Rara vez estos son naturales. Lo más común es que

tengan que construirse bajo tierra. La profundidad y la anchura de los mismos se determinan por medio de cálculos, de acuerdo con las características del terreno, el material de que se construyen y la carga que han de soportar.

3.6.1. Diseño de cimentación

Para el presente trabajo de graduación se propone implementar zapatas de concreto armado con resistencia a la compresión f'c= 4 000 libras sobre pulgada cuadrada, para lo cual se estableció un área para la misma de dimensiones (2,50 X 2,50 metros) con un peralte d=0,35 metros, se hizo un chequeo de corte por punzonamiento y corte bidireccional, asimismo se hizo un chequeo para verificar el área de acero mínimo para estas, en todos los casos cumple para prestar el servicio.

3.6.2. Tipo de cimentación

El tipo de cimentación propuesta será de zapatas concéntricas aisladas, de manera que esta zapata brinda apoyo hasta lograr que el suelo soporte sin ningún problema para la carga que esta transmitirá.

3.6.3. Detalle de armado

El detalle de armado constará de una zapata cuadrada aislada, de dimensiones 2,50 metros por 2,50 metros, con un peralte de 0,35 metros y un armado con acero de refuerzo grado 60, número 11 @ 0,15 metros en ambos sentidos.

3.7. Elementos estructurales

Se conoce como elemento estructural a las diferentes partes en que se puede clasificar una estructura atendiendo a su diseño. El trazo de estos elementos, se lleva a cabo siguiendo los principios de la resistencia de materiales y de ingeniería estructural. Cada uno de los elementos estructúrales poseen nombres propios que los identifican.

Para el presente trabajo de graduación se propusieron diferentes elementos estructurales que forman parte de la metodología constructiva que se basa en marcos dúctiles, todo el análisis estructural se llevó a cabo utilizando el software de computadora descrito en el inciso 3.6.1. Luego se realizó un chequeo para determinar que todos los elementos cumplen con sus parámetros de diseño y se determinaron secciones y áreas de acero de cada elemento.

3.7.1. Columnas

Una columna es un elemento estructural de forma alargada el cual permite soportar tanto cargas verticales como horizontales de una estructura, el reglamento del ACI requiere que en el diseño de estos elementos a compresión se utilicen factores de reducción de la resistencia ϕ considerablemente menores a los factores utilizados en elementos a flexión.

3.7.1.1. Tipos de columnas y dimensiones

Para la presente propuesta se determinaron tres tipos de columnas de sección circular de concreto armado de resistencia a compresión f'c= 4 000 PSI y acero grado 60:

- Columna tipo C-1 con una sección de 0,65 metros de diámetro para la planta del sótano número 3.

- Columna tipo C-2 con una sección de 0,55 metros de diámetro para la planta del sótano número 2.

- Columna tipo C-3 con una sección de 0,40 metros de diámetro para la planta del sótano número 1.

3.7.1.2. Detalle de armado

Columna tipo C-1 con una sección de 0,65 metros con un armado de acero grado 60, compuesto de 8 varillas longitudinales número 7, distribuidas en todo el perímetro, con recubrimiento de 2 pulgadas, y estribos No. 3 con un espaciamiento de 0,0375 metros a L/3 de su longitud en los extremos y 0,070 metros en la parte media de la columna.

Columna tipo C-2 con una sección de 0,55 metros con un armado de acero grado 60, compuesto de 6 varillas longitudinales número 7, distribuidas en todo el perímetro, con recubrimiento de 2 pulgadas, y estribos No. 3 con un espaciamiento de 0,0375 metros a L/3 de su longitud en los extremos y 0,070 metros en la parte media de la columna.

Columna tipo C-3 con una sección de 0,40 metros con un armado de acero grado 60, compuesto de 6 varillas longitudinales número 5, distribuidas en todo el perímetro, con recubrimiento de 2 pulgadas, y estribos No. 3 con un espaciamiento de 0,0375 metros a L/3 de su longitud en los extremos y 0,070 metros en la parte media de la columna.

3.7.2. Vigas

Una viga es un elemento estructural sobre el cual las cargas aplicadas son principalmente perpendiculares al eje, por lo que el diseño predominante es a flexión y corte, es por esta razón que se hace necesaria la implementación de un área de acero longitudinal para soportar las deformaciones provocadas por la flexión, así como transversal capaz de resistir corte y momento en las secciones críticas de la misma.

3.7.2.1. Tipos de viga y dimensiones

Para la presente propuesta se determinaron dos tipos de vigas de sección rectangular de concreto armado de resistencia a compresión f'c= 4 000 PSI y acero grado 60:

Viga tipo V-1, con una sección de 0,40 x 0,80 metros, como vigas principales en todos los niveles.

Viga tipo V-2, con sección de 0,40 x 0,80 metros, como vigas secundarias en todos los niveles. Viga tipo

V-3, con sección de 0,40 x 0,80 metros, como vigas secundarias en todos los niveles.

3.7.2.2. Detalle de armado

Viga tipo V-1, con una sección de 0,40 x 0,80 metros, con un refuerzo de acero grado 60 compuesto de 2 bastones numero 12 más 4 rieles número 10 en la cama inferior y 4 bastones numero 11 más 2 rieles No. 6 en la cama superior.

Viga tipo V-2, con una sección de 0,40 x 0,80 metros, con un refuerzo de acero grado 60 compuesto de 2 bastones número 3 más 3 rieles número 6 en la cama inferior y 2 bastones número 3 más 3 rieles número 6 en la cama superior.

Viga tipo V-3, con una sección de 0,40 x 0,80 metros, con un refuerzo de acero grado 60 compuesto de 3 bastones número 5 más 2 rieles número 6 en la cama inferior y 4 bastones número 6 más 2 rieles número 4 en la cama superior.

3.7.3. Losas

Las losas son elementos estructurales que soportan cargas (vivas y muertas), estos son elementos bidimensionales, se pueden clasificar en diferentes tipos de losa, dependiendo de su composición y de los diferentes tipos de apoyos para las mismas.

3.7.3.1. Tipo de losa y dimensiones

Para la presente propuesta se determinó un tipo de losa tradicional con bastones, tensores y rieles, de concreto armado de resistencia a compresión f'c= 4 000 PSI y acero grado 60:

3.7.3.2. Detalle de armado

El detalle de armado constará de acero de refuerzo grado 60 compuesto de rieles, bastones y tensores de varillas número 3 @ 0,15 metros en ambos sentidos.

3.7.4. Rampas

Este elemento trabaja de la misma manera que una losa, la definición de rampa para la presente propuesta es la que conduce de una planta a otra, que puede o no conectar con el exterior. Para el diseño de rampas se tomarán las mismas consideraciones que se determinaron en el diseño de las losas descrito en el inciso 3.7.3.

3.7.4.1. Pendientes

Para la presente propuesta se determinaron dos rampas con diferentes pendientes, para las rampas que conducen de un nivel a otro, estas tendrán una pendiente del 25 por ciento y para las que conectan con el exterior tendrán una pendiente del 21por ciento.

3.7.4.2. Detalle de armado

El detalle de armado constará de acero de refuerzo grado 60 compuesto de rieles, bastones y tensores de varillas No. 3 @ 0,15 metros en ambos sentidos.

3.8. Electricidad

Las instalaciones eléctricas para la propuesta de la edificación bajo la superficie, contarán con una acometida eléctrica compuesta de un poste tipo columna de concreto armado, un tablero monofásico de 8 polos, lámparas de gas neón 2x40 watts y 4x40 watts, luminarias incandescentes de 100 watts, interruptores de tres vías y tomacorrientes dobles, así como todo el cableado THW calibre 12.

3.8.1. Iluminación

La iluminación será inminentemente artificial debido a que no se puede disponer de pozos de luz por el aprovechamiento de las áreas dentro del estacionamiento, por esta razón se propone colocar lámparas de gas neón de 2x40 watts y de 4x40, así como de luminarias incandescentes de 100 watts.

3.8.2. Fuerza

La fuerza que se implementara dentro de las instalaciones del edificio estará compuesta de tomacorrientes dobles en circuito con cableado THW calibre 12, esto previendo cualquier necesidad que se de en el futuro, así como para llevar a cabo mejoras o cualquier tipo de reparación que se requiera dentro de las mismas.

3.9. Drenaje pluvial

Se tiene contemplado la construcción de una cuneta tipo U en los accesos del estacionamiento en la parte superficial del edificio, de tal manera que las aguas pluviales no ingresen, así mismo para las aguas producto de mantenimiento y limpieza dentro de los tres niveles del sótano se contará con un circuito de tubería PVC de 4 pulgadas de diámetro y con una resistencia a la presión de 100 libras por pulgada cuadrada, ancladas en los niveles de sótano 1, sótano 2 y enterradas en el nivel del sótano 3.

3.9.1. Diseño hidráulico

Para el diseño hidráulico se tomó en consideración las áreas tributarias que se tienen dentro de las instalaciones, así como la frecuencia con la que se

dará mantenimiento y limpieza dentro de las instalaciones, para determinar un caudal de diseño y hacer el chequeo pertinente de las relaciones de diámetro de la tubería, así como las pendientes mínimas y el chequeo de las relaciones de velocidad.

3.9.2. Propuesta de tubería y pendiente óptima

Se propuso colocar tubería de 4 pulgadas de diámetro, de resistencia de 100 libras sobre pulgada cuadrada, con sus accesorios, la misma estará anclada con ganchos y adhesivo epóxico a la parte inferior de la losa en el sótano 1 y 2, en el sótano 3 la tubería estará enterrada.

La pendiente óptima para la tubería será constante con un 1,50 por ciento para mantener las relaciones de velocidad, diámetros y caudales.

4. PRESUPUESTO

4.1. Concepto renglones de trabajo

Los renglones de trabajo son descripciones de los trabajos que se llevarán a cabo, realizando una correcta cuantificación y considerando que cada uno tendrá su unidad de medida, cantidad y precio unitario.

- Chapeo y destronque: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar los trabajos preliminares, preparando el área donde se llevará a cabo la ejecución del proyecto, consiste en retirar basura, arbustos, árboles de mayor tamaño destroncando las raíces de los mismos, su unidad de medida será en metros cuadrados.

- Demolición pavimento existente: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la demolición una fracción del área donde existe estructura de pavimento, cunetas revestidas y bordillos, así como la remoción de una fracción de área donde se encuentra adoquinado, su unidad de medida será en metros cuadrados.

- Excavación no clasificada: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la excavación donde se pretende llevar a cabo la edificación bajo la superficie, se utilizara maquinaria como excavadoras, retroexcavadoras,

camión cisterna, motoniveladora, entre otros, este renglón tendrá como unidad de medida metros cúbicos.

- Muro perimetral temporal: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la elaboración de un muro perimetral elaborado a base de lámina galvanizada y parales de madera, esto se hace con la finalidad de proteger a los transeúntes, así como a los automovilistas que circulan por el sector. Su unidad de medida será en metros lineales.

- Acarreo de material no clasificado: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la evacuación del material producto de la excavación no clasificada tomando en cuenta un factor de hinchamiento y la distancia media de recorrido hacia el botadero donde se dispondrá dicho material, el movimiento de tierra se realiza mediante camiones de volteo. Su unidad de medida será en metro cúbico por kilómetro recorrido.

- Estabilización de talud: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la construcción de un muro de suelo enclavado o *Soil Nailing*, para estabilizar los taludes que circunvalan la edificación bajo la superficie. Su unidad de medida será en metros cuadrados.

- Relleno y nivelación del terreno: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar el relleno con material de base, el cual cumpla con las características físicas y mecánicas necesarias, para lograr un alto porcentaje de compactación. Su unidad de medida será en metros cuadrados.

- Excavación estructural: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la excavación que se debe llevar a cabo para la construcción de los cimientos (zapatas aisladas). Su unidad de medida será en metros cúbicos.

- Zapatas: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la elaboración de la armadura, colocado y centrado de la misma, así como la preparación y fundición de la misma. Su unidad de medida será en unidad.

- Relleno estructural: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar el relleno de los volúmenes de material que fue excavado para la construcción de las subestructuras que componen el edificio, con material que cumpla con las características físicas y mecánicas que proporcionen un alto porcentaje de compactación. Su unidad de medida será en metros cúbicos.

- Columna tipo C-1: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la elaboración de la armadura, colocado y centrado, así como la preparación y fundición de la misma. Las columnas tipo C-1 serán de sección circular con un diámetro de 0,65 metros, con refuerzo de acero, 8 número 7 + estribos número 3 @ 0,07 metros confinados en L/3 @ 0,0375, para el nivel del sótano número 3. Su unidad de medida será en metros lineales.

- Columna tipo C-2: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la elaboración de la armadura, colocado y centrado, así como la preparación y fundición

de la misma. Las columnas tipo C-2 serán de sección circular con un diámetro de 0,55 metros, con refuerzo de acero, 6 número 7 + estribos número 3 @ 0,07 metros confinados en L/3 @ 0,0375, para el nivel del sótano número 2. Su unidad de medida será en metros lineales.

- Columna tipo C-3: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la elaboración de la armadura, colocado y centrado, así como la preparación y fundición de la misma. Las columnas tipo C-3 serán de sección circular con un diámetro de 0,40 metros, con refuerzo de acero, 6 número 5 + estribos número. 3 @ 0,07 metros confinados en L/3 @ 0,0375, para el nivel del sótano número 2. Su unidad de medida será en metros lineales.

- Viga tipo V-1: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la elaboración de la armadura, colocado y centrado, así como la preparación y fundición de la misma. Las vigas tipo V-1 serán de sección rectangular con un base de 0,40 metros y peralte de 0,80 metros, con refuerzo de acero, en la cama superior de 2 bastones número 12 + 4 rieles número 10 y en la cama inferior 4 bastones número 11+ 2 rieles número 10 + estribos número 4 @ 0,105 metros confinados en L/3 en los extremos y @ 0,17 en la parte central. Su unidad de medida será en metros lineales.

- Viga tipo V-2: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la elaboración de la armadura, colocado y centrado, así como la preparación y fundición de la misma. Las vigas tipo V-2 serán de sección rectangular con un base de 0,40 metros y peralte de 0,80 metros, con refuerzo de acero, en la cama superior de 2 bastones número 3 + 3 rieles número 6 y en la cama

inferior 2 bastones número 3 + 3 rieles número 6 + estribos número 3 @ 0,105 metros confinados en L/3 en los extremos y @ 0,17 en la parte central. Su unidad de medida será en metros lineales.

- Viga tipo V-3: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la elaboración de la armadura, colocado y centrado, así como la preparación y fundición de la misma. Las vigas tipo V-3 serán de sección rectangular con un base de 0,40 metros y peralte de 0,80 metros, con refuerzo de acero, en la cama superior de 3 bastones No. 5 + 2 rieles No. 6 y en la cama inferior 4 bastones No. 6 + 2 rieles No. 4 + Est. No. 3 @ 0,105 metros confinados en L/3 en los extremos y @ 0,17 en la parte central. Su unidad de medida será en metros lineales.

- Losa de entrepiso: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la elaboración de la armadura, colocado y centrado, así como la preparación y fundición de la misma. La losa tendrá un peralte de 0,15 metros, con refuerzo de acero, bastón, tensor y rieles No. 3 @ 0,15 metros en ambos sentidos de la losa. Su unidad de medida será en metros cuadrados.

- Módulo de gradas: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la construcción de gradas de concreto armado, con refuerzo de acero No. 3 en ambos sentidos. Su unidad de medida será en metros cuadrados.

- Rampas: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la construcción de rampas que conectan la circulación de vehículos entre los tres niveles del

edificio, así como al acceso del mismo variando sus pendientes. Al igual que las losas de entrepiso, su unidad de medida será en metros cuadrados.

- Acabados: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar el tallado de los elementos estructurales, de tal manera que no se pueda apreciar ninguna imperfección, su unidad de medida será en metros cuadrados.

- Garita de control: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la construcción de la garita de control de acceso al estacionamiento, esta será de muros de mampostería, columnas de sección cuadrada de 0,15 x 0,15 metros, con refuerzo longitudinal de 4 varillas No. 3 y estribos No. 2 @ 0,15 metros, contara con una puerta de metal de 1,35 por 2,60 metros y una ventana de aluminio color gris, también contara con un baño compuesto de un inodoro y lavamanos de producción nacional color blanco y una puerta de madera de 1,00 por 2,60 metros. Su unidad de medida será en metros cuadrados.

- Ductos de ventilación: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para la instalación de ductos formados de paneles de lámina con sus respectivas rejillas y con aspiradores mecánicos, su unidad de medida será en unidad.

- Acometida eléctrica: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la construcción de un poste de concreto con sección de 0,15 x 0,15 reforzado con 4 hierros de 3/8” con estribos de 1/4” @ 0,15. En el extremo superior de

este poste debe sobresalir un tubo de hierro galvanizado de 2” de diámetro fundido dentro del poste. El tubo HG debe llevar provisto un gancho galvanizado para acometida provisto de aislante de porcelana vitrificada y tensor, este renglón incluye el cableado respectivo, su unidad de medida será en unidad.

- Tablero de distribución de 8 polos monofásico puesto a tierra: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la instalación de un tablero de flippones para distribución de cargas para 8 circuitos, con cableado para tierra. Se instalará en la posición según se indica en los planos, este renglón incluye el cableado respectivo, su unidad de medida será en unidad.

- Suministro e instalación de lámparas 2x40 watts: este trabajo consiste en el suministro e instalación de iluminación que será con lámparas fluorescentes de alto factor de potencia con pantalla, tipo industrial, de encendido rápido, con tubo de 40 Watts. Deben ser de dos tubos de 48” según se indica en los planos respectivos, este renglón incluye el cableado respectivo, su unidad de medida será en unidad.

- Suministro e instalación de lámparas 4x40 watts: este trabajo consiste en el suministro e instalación de iluminación que será con lámparas fluorescentes de alto factor de potencia con pantalla, tipo industrial, de encendido rápido, con tubo de 40 Watts. Deben ser de cuatro tubos de 48” según se indica en los planos respectivos, este renglón incluye el cableado respectivo, su unidad de medida será en unidad.

- Suministro e instalación de luminaria incandescente de 100 watts: este trabajo consiste en el suministro e instalación de iluminación que será de

plafoneras de baquelita con dos tornillos de fijación y rosca estándar para bombillas corrientes y cada una debe incluir una bombilla incandescente de 100 watts. Se instalarán en la posición según se indica en los planos. Estas lámparas irán fijadas con tarugos y tornillos a la losa, este renglón incluye el cableado respectivo, su unidad de medida será en unidad.

- Suministro e instalación de interruptor 3 *way*: este trabajo consiste en el suministro e instalación de interruptores que serán de tres polos y serán con placa, de 120 voltios y para 15 amperios. Se instalará en la posición según se indica en los planos, este renglón incluye el cableado respectivo, su unidad de medida será en unidad.

- Drenaje pluvial: este trabajo consiste en el suministro e instalación de tubería de PVC. de diámetro de 4" con una resistencia de 100 libras sobre pulgada cuadrada, más accesorios como codos a 90 grados, codos a 45 grados, uniones, tee y pegamento para PVC. Su unidad de medida será en global.

- Fosa séptica: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la construcción de una fosa séptica de concreto armado, la cual captará las aguas residuales provenientes de los tres niveles del sótano, según se indica en los planos respectivos, su unidad de medida será en unidad.

- Pozo de absorción: este trabajo consiste en el suministro de personal calificado, equipo necesario y del material para efectuar la construcción de un pozo de absorción el cual captará las aguas residuales provenientes de los tres niveles del sótano, será de ladrillo tayuyo, con brocal y tapadera de concreto armado y tendrá una profundidad variable,

según se indica en los planos respectivos, su unidad de medida será en unidad.

Asimismo, se analizó la instalación de talanqueras electrónicas, para lo cual se obtuvo la cotización de una empresa de prestigio sobre el costo del equipo siendo este de setenta y dos mil quetzales el cual consiste de:

- Dos barreras electrónicas y sus bases (ingreso y salida)
- Dos lectores de tarjetas y sus bases
- Fotosensores para el cierre de las barreras
- Panel central de control de acceso de tarjetas
- Computadora para el manejo del programa
- Ductos de comunicación entre equipos

4.2. Integración de precios unitarios

La integración de precios unitarios, se utiliza para determinar el costo unitario por cada renglón de trabajo. Se realiza en base a rendimientos, precios actualizados de los materiales y herramienta, mano de obra calificada, equipo y maquinaria, así como costo de combustibles, aplicando también factores de costos indirectos los cuales se muestran a continuación.

Tabla XX. **Factores utilizados en la integración de precios**

Factor	Valor
Factor de ayudante	0,30
Factor de prestaciones	0,28
Factor indirecto (administración + fianzas + Supervisión + utilidad)	0,35

Fuente: elaboración propia.

El factor de ayudante será aplicado al total de la mano de obra calificada, mientras el facto de prestaciones será aplicado a la sumatoria entre la mano de obra y el factor de ayudante. El factor indirecto será aplicado a la sumatoria entre, herramienta, maquinaria, combustible y el total de mano de obra calificada.

Tabla XXI**.** **Integración de precios por renglón**

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	**Propuesta de edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano, como solución a problemática de estacionamiento vehicular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala**				
UBICACIÓN:	**Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Campus Central, Cuidad Universitaria zona 12, Cuidad Capital**		**FECHA:**	**jun-13**	
DESCRIPCION RENGLON		**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNITARIO**	**TOTAL**
EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA		M3	16294.50	Q 22.00	Q 358,479.00
MATERIAL Y HERRAMIENTA					
DESCRIPCION INSUMO		**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNITARIO**	**TOTAL**
HERRAMIENTA		UNIDAD	1.00	Q 1,268.20	Q 1,268.20
					Q -
Total de materiales					Q 1,268.20
EQUIPO Y MAQUINARIA					
DESCRIPCION	**RENDIMIENTO**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNITARIO**	**TOTAL**
EXCAVADORA HIDRAULICA DE ORUGA	40.00 M3/HORA	HORA	408.00	Q 357.10	Q 145,696.80
					Q -
Total de Equipo y maquinaria					Q 145,696.80
COMBUSTIBLES					
DESCRIPCION	**RENDIMIENTO**	**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNITARIO**	**TOTAL**
COMBUSTIBLES	5.00 GALONES/HORA	GALON	2040.00	Q 39.50	Q 80,580.00
					Q -
Total de combustibles					Q 80,580.00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION ACTIVIDAD		**UNIDAD**	**CANTIDAD**	**PRECIO UNITARIO**	**TOTAL**
OPERADOR		HORA	408	Q 25.00	Q 10,200.00
SUB-TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA					Q 10,200.00
			AYUDANTE	30,00%	Q 3,060.00
			PRESTACIONES	28,00%	Q -
TOTAL MANO DE OBRA					**Q 13,260.00**
TOTAL COSTO DIRECTO: (materiales + equipo + combustibles + mano de obra + otros):					Q 243,865.00
TOTAL COSTO INDIRECTO: (administrativos + fianzas + supervision + UTILIDAD):				35,00%	Q 85,350.20
SUB-TOTAL (Suma de directos + indirectos)					Q 329,215.20
IVA:				12,00%	Q 29,263.80
TOTAL DEL RENGLÓN					**Q 358,479.00**

Fuente: elaboración propia.

4.3. Presupuesto de trabajo diseño propuesto

A continuación se muestra una tabla con los reglones de trabajo y el costo de cada uno de los mismos, para que se pueda observar los estimados de los mismos.

Tabla XXII**.** **Precios por renglón**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Chapeo y Destronque	M2	1530,00	Q 5.25	Q 8,032.50
Demolición Pavimento Existente	M2	1090,10	Q 125.70	Q 137,025.57
Excavación No Clasificada	M3	16294,50	Q 22.00	Q 358,479.00
Muro perimetral temporal	ML	162,20	Q 25.50	Q 4,136.10
Acarreo de material no clasificado	M3 – KM	112024,69	Q 8.00	Q 896,197.52
Estabilización de talud	M2	1725,30	Q 1,580.00	Q 2,725,974.00
Relleno y Nivelación del Terreno	M2	1530,00	Q 141.80	Q 216,954.00
Excavación Estructural	M3	340,00	Q 25.00	Q 8,500.00
Zapatas	UNIDAD	40,00	Q 13,624.15	Q 544,966.00
Relleno estructural	M3	260,56	Q 15.00	Q 3,908.40
Columna tipo C-1	ML	206,00	Q 3,853.26	Q 793,771.56
Columna tipo C-2	ML	140,00	Q 3,020.03	Q 422,804.20
Columna tipo C-3	ML	140,00	Q 2,245.15	Q 314,321.00
Viga tipo V-1	ML	306,00	Q 3,454.95	Q 1,057,214.70
Viga tipo V-2	ML	868,86	Q 2,607.50	Q 2,265,552.45
Viga tipo V-3	ML	643,65	Q 2,389.60	Q 1,538,066.04
Losa de entrepiso	M2	4532,21	Q 822.00	Q 3,725,476.62
Módulo de gradas	M2	54,00	Q 768.45	Q 41,496.30
Rampas	M2	537,65	Q 862.00	Q 463,454.30
Acabados	M2	4225,82	Q 12.50	Q 52,822.75
Topes de parqueo	UNIDAD	92,00	Q 285.00	Q 26,220.00
Pintura de trafico	GLOBAL	1,00	Q 29,611.42	Q 29,611.42
Garita de control	GLOBAL	1,00	Q 25,864.25	Q 25,864.25
Ductos de ventilación	UNIDAD	6,00	Q 12,621.57	Q 75,729.42
Acometida eléctrica	UNIDAD	1,00	Q 3,250.00	Q 3,250.00
Tablero de distribución de 6 polos monofásico puesto a tierra	UNIDAD	1,00	Q 2,180.00	Q 2,180.00
Suministro e instalación de lámparas 2x40 watts	UNIDAD	55,00	Q 687.46	Q 37,810.30
Suministro e instalación de luminaria incandescente de 100 watts	UNIDAD	3,00	Q 264.80	Q 794.40
Suministro e instalación de interruptor 3 way	UNIDAD	3,00	Q 315.10	Q 945.30
Suministro e instalación de interruptor simple	UNIDAD	3,00	Q 225.25	Q 675.75
Drenaje pluvial y sanitario	GLOBAL	1,00	Q 19,580.20	Q 19,580.20
Fosa séptica	UNIDAD	1,00	Q 16,844.23	Q 16,844.23
Pozo de absorción	UNIDAD	1,00	Q 7,224.72	Q 7,224.72
Talanquera electronica (2)	GLOBAL	1,00	Q 72,000.00	Q 72,000.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO				**Q 15,897,883.00**

Fuente: elaboración propia.

4.4. Análisis financiero de la propuesta

De acuerdo a la información obtenida en la oficina de la Unidad Ejecutora del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), ubicada dentro de las instalaciones del Campus Central de la Universidad, sobre las condiciones financieras en las cuales se conceden los préstamos, las tasas de interés y los períodos en los cuales se han cedido prestamos dirigidos a obras de infraestructura.

Derivado de la información obtenida, se tiene que las tasas de interés varían desde un 6 por ciento hasta un 8 por ciento semestral, dependiendo de la magnitud del proyecto. Los plazos van desde 12 hasta 20 años, incluyendo tres años de período de gracia.

Dentro del análisis que se presenta, se toman en cuenta los ingresos propios que generarán el estacionamiento, así como los egresos debido a costos de funcionamiento, mantenimiento del edificio, pago de planilla de trabajadores.

Debido al costo total del proyecto se debe considerar que el mismo sea auto sostenible, es decir, que los ingresos propios producto del uso de los parqueos del estacionamiento sean aptos para su funcionamiento, mantenimiento y pago de amortizaciones del financiamiento, para esto se determinó aplicar un costo de seiscientos quetzales mensuales por vehículo, por jornada, el estacionamiento cuenta con ciento dos plazas de parqueo, con tres jornadas comprendidas entre la matutina, vespertina y nocturna. Por lo que se tendría una proyección de ingresos mensuales de las tres jornadas, por un monto de ciento ochenta y tres mil seiscientos quetzales, lo que representa un

ingreso anual de dos millones diecinueve mil seiscientos quetzales. Lo anterior en condiciones ideales.

Se calcularon los costos de funcionamiento del estacionamiento, para esto se tomó en cuenta el Manual de Normas y Procedimientos de las áreas de parqueo de la Universidad de San Carlos de Guatemala, aprobado en el Acuerdo de Rectoría acta número 620-2010 por el Consejo Superior Universitario con fecha 14 de abril de 2010.

Se estableció el pago de personal operativo y de mantenimiento según el Acuerdo Gubernativo 359-2012, con vigencia a partir del 1 de enero del 2013, en el cual se fija el salario mínimo para actividades no agrícolas, en setenta y un quetzales con cuarenta centavos diarios, calculando el salario mensual de la siguiente manera: salario mínimo * 365 / 12. Obteniendo la cantidad de dos mil ciento setenta y un quetzales con setenta y cinco centavos, más una bonificación mensual de doscientos cincuenta quetzales. Para un total de dos mil cuatrocientos veintiuno quetzales con setenta y cinco centavos.

El costo de mantenimiento mensual para el funcionamiento de las talanqueras electrónicas es de mil ciento ochenta quetzales.

Tabla XXIII. **Balance de ingresos y egresos anuales**

Balance de ingresos y egresos			
	Ingresos	Egresos	
Cobro de parqueo	Q2 203 200,00		
Pago de personal operativo		Q33 904,50	
Pago de personal mantenimiento		Q67 809,00	
Pago consumo de energía		Q12 405,00	
Mantenimiento talanqueras		Q14 160,00	
	Q2 203 200,00	Q128 278,50	
Total ingresos – egresos			Q2 074 921,50

Fuente: elaboración propia.

4.4.1. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno es la tasa efectiva anual, que iguala el Valor Presente Neto de la inversión a cero, es conocida como Tasa Interna de Rentabilidad, esto debido a que sirve para determinar las tasas más atractivas cuando se compara con la tasa mínima de rendimiento requerida, para un proyecto de inversión específico.

Cuando se lleva a cabo la evaluación de un proyecto de inversión, como lo es la propuesta del presente trabajo de graduación, se hace con base en la Tasa Interna de Retorno. Esto con la finalidad de determinar una tasa rentable para obtener un préstamo y se pueda ejecutar dicha propuesta.

Para calcular la Tasa Interna de Retorno, se debe tomar la ecuación para el Valor Presente Neto e igualarla a cero, para esto se deben tener valores tales como; los flujos netos, valores porcentuales atractivos, y el más importante, el valor neto de la inversión total del proyecto.

$$\text{VPN} = 0 = \left(\frac{\text{FE}}{(1+\text{K})^{1}}\right) + \left(\frac{\text{FE}}{(1+\text{K})^{2}}\right) \ldots\ldots + \left(\frac{\text{FE}}{(1+\text{K})^{\text{N}}}\right) - \text{Inversión total}$$

Donde:

FE: representa los flujos netos, ingresos y egresos
K: representa la tasa de interés que se propondrá
N: el número de años en los que se llevara el pago del proyecto

Tomando en consideración que el costo de la propuesta asciende a la cantidad de quince millones ochocientos veinticinco mil ochocientos ochenta y tres quetzales, siendo este el valor total de la inversión. En la tabla XV se muestran los ingresos y egresos que se obtendrán del funcionamiento propio del estacionamiento, además se debe de tener un monto anual proveniente del presupuesto de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para poder financiar el proyecto.

Para efectos de la determinación de las tasas de rentabilidad que sean factibles para obtener un préstamo en un determinado número de años, se deberán proponer montos anuales que deberán ser aportados por parte de la Universidad.

Utilizando la herramienta de hojas electrónicas de Excel, se puede determinar la Tasa Interna de Retorno (TIR), así como el Valor Presente Neto (VPN), para esto se deben ingresar los siguientes valores:

- El período de tiempo a financiar
- El flujo de fondos
- La fórmula contenida dentro de la hoja electrónica de Excel

Figura 14. **Descripción del uso de Excel para determinar la Tasa Interna de Retorno (TIR)**

PERIODO (AÑOS)	FLUJO DE FONDOS
1	-Q15,897,883.00
2	Q2,074,921.50
3	Q2,074,921.50
4	Q2,074,921.50
5	Q2,074,921.50
6	Q2,074,921.50
7	Q2,074,921.50
8	Q2,074,921.50
9	Q2,074,921.50
10	Q2,074,921.50
11	Q2,074,921.50
12	Q2,074,921.50
13	Q2,074,921.50
14	Q2,074,921.50
15	Q2,074,921.50
16	Q2,074,921.50
17	Q2,074,921.50
18	Q2,074,921.50
19	Q2,074,921.50
20	Q2,074,921.50

TIR	11.36%
VAN	0.00

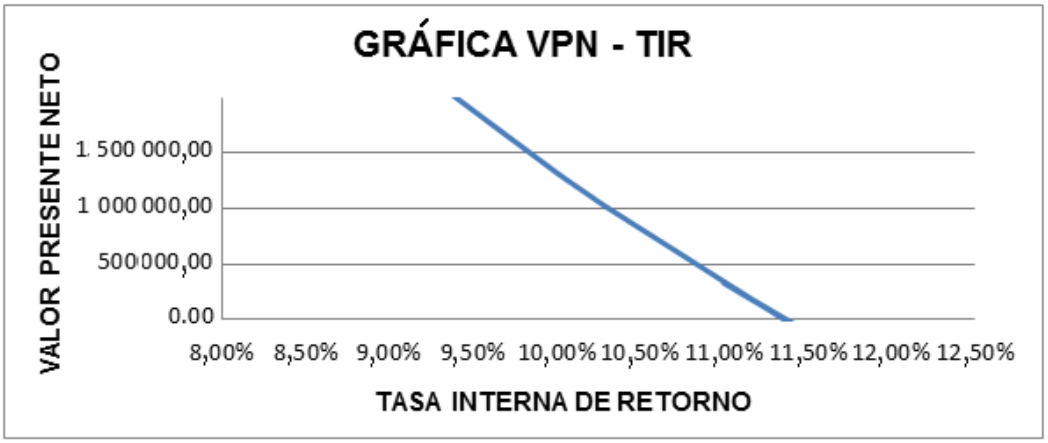
PLAZO 20 AÑOS Ó 40 SEMESTRES

PAGO ANUAL POR INGRESOS
PROPIOS DEL ESTACIONAMIENTO
Q2,074,921.50

LA TASA DE INTERES A LA QUE DEBE CONCEDERSE
EL PRESTAMO PARA GARANTIZAR SU PAGO
EN LAS CONDICIONES PROPUESTAS ES DE
11.36% ANUAL Ó 5.68% SEMESTRAL

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR)**



Fuente: elaboración propia.

Se llevó a cabo la determinación de la tasa interna de retorno viable, a un plazo de 20 años, donde se puede observar que la tasa máxima a la que se debe conceder el préstamo es de un 11,36 por ciento anual ó un 5,68 por ciento semestral, tomando en consideración las condiciones que establece el Banco Centroamericano de Integración Económica, se aprecia que no se cumple con la condición en referencia a la tasa de interés, ya que la tasa mínima que otorga el ente financiero es de un 12,00 por ciento anual ó un 6,00 por ciento semestral, estando por debajo en un 0,32 por ciento.

4.5. Análisis Costo-Beneficio

Este análisis es una herramienta para medir la relación entre los costos y beneficios asociados a un proyecto de inversión con el fin de evaluar la rentabilidad, este análisis, es el más tradicional en el ámbito de la evaluación de proyectos públicos, ya que permite la comparación de lo que sucede con proyecto versus lo que hubiera sucedido sin proyecto, en éste se definirán los costos y beneficios pertinentes del mismo, es un poco difícil en su aplicación a los proyectos de obra civil, debido que al medir los resultados en beneficio monetario (ahorros generados por la implementación de la propuesta, ganancias y pérdidas en su funcionamiento por la implantación del proyecto, entre otros.), no mide completamente los objetivos del proyecto, sin embargo, es la técnica de evaluación económica más utilizada.

Los pasos necesarios para hallar y analizar la relación costo-beneficio son los siguientes:

- Hallar costos y beneficios: en primer lugar hallamos la proyección de los costos de inversión o costos totales y los ingresos totales netos o beneficios netos del proyecto para un periodo de tiempo determinado.

- Hallar relación costo-beneficio: se divide el valor actual de los beneficios entre el valor actual de los costos del proyecto.

- Analizar relación costo-beneficio: si el valor resultante es mayor que 1 el proyecto es rentable, pero si es menor que 1 el proyecto no es viable pues significa que los beneficios serán menores que los costos de inversión o costos totales.

Cuando los resultados y costos del proyecto pueden traducirse en unidades monetarias, su evaluación se realiza utilizando la técnica del Análisis Costo-Beneficio. Así sucede en los proyectos económicos y en la mayor parte de los proyectos sociales.

4.5.1. Costo

Se define como costo todos los insumos, bienes o recursos en que son necesarios incurrir para implementar la propuesta, con el fin de generar el flujo de beneficios esperados. Debe tenerse en cuenta que se incluyen los costos económicos o sea los que implican uso real de recursos en el proyecto, así como los denominados costos financieros que se refieren a las transferencias que significan asignación efectiva de un bien o recurso productivo, como por ejemplo intereses por uso de crédito.

En el sub índice 4.4 se aprecia el costo total para la edificación de la propuesta, asimismo una cuota anual tomando en consideración parámetros para la obtención de la tasa interna de retorno a la que se debe obtener el préstamo necesario para la implementación de la propuesta.

4.5.2. Beneficio

Beneficio es la diferencia entre los ingresos resultantes del uso del estacionamiento y los gastos producto del costo construcción, funcionamiento y mantenimiento, se utiliza también en un sentido más amplio para designar los efectos positivos para beneficio social, en este caso los estudiantes, catedráticos y personal administrativo de la Facultad de Ingeniería.

4.5.2.1. Valoración de los beneficios

Existen proyectos en los que el beneficio no se identifica con claridad o no es fácil medirlo, en el momento de la percepción del producto o en el ámbito de la entrega de la infraestructura en el lugar. En estos casos es necesario seguir la pista del producto y ubicar los impactos generados como consecuencia de su uso, ya que así se visualiza con mayor facilidad el beneficio. Cuando los beneficios son de naturaleza diversa deben utilizarse indicadores que integren esos beneficios en una sola unidad de medida. Esto implica introducir factores de ponderación para reunir conceptos de diferente valor. Para esto la forma más sencilla y común es valorar monetariamente los beneficios.

Existen casos en los que la valoración monetaria del beneficio no es factible, es decir que no existen precios en el mercado para ese beneficio, pero se puede visualizar con cierta facilidad el impacto derivado; en éstos casos la valoración del impacto sustituye la limitación de la valoración del beneficio, tal es el caso de la presente propuesta.

4.5.2.2. Criterios para la valoración de los beneficios

La medición y valoración de los beneficios depende de la naturaleza y momento como se defina o visualice el beneficio dentro del ámbito de efectos y de la facilidad con que se pueda determinar su precio. Se pueden usar varias formas para asignar precios a los beneficios:

- Los precios existentes en el mercado

Estos son los utilizados con mayor frecuencia, ya que el servicio que se prestará tiene un precio que se estableció en el análisis financiero, el cual se asociará directamente al beneficio.

- Pago de estacionamiento público

En este rubro se tomó en consideración que el pago por uso de estacionamiento en el mercado, se encuentra a precio promedio de quinientos quetzales mensuales por jornada. Lo que en tres jornadas que se tienen en la Facultad de Ingeniería, anualmente significaría ingresos por dieciocho mil quetzales por plaza de estacionamiento, debido a que se contaría con 102 nuevas plazas de estacionamiento, se obtiene el monto de dos millones doscientos tres mil doscientos quetzales.

- Creación de fuentes de empleo derivados de la construcción del estacionamiento.

Se crearán fuentes de empleo, directas e indirectas, estas por los contratos y sub contratos que se contraigan para la ejecución de la propuesta.

Se tendrán aproximadamente 110 plazas de trabajo, entre albañiles, ayudantes, herreros, electricistas, bodeguero, maestro de obra, ingenieros, entre otros. Debido a la variabilidad de los salarios, se tomará un salario promedio de dos mil quinientos quetzales, con un tiempo estimado de ejecución de 12 meses, obteniendo un monto de tres millones trescientos mil quetzales en el primer año del análisis.

- Creación de fuentes de trabajo derivado de su funcionamiento

Para el funcionamiento del estacionamiento se ha establecido contar con personal operativo y de mantenimiento, para la propuesta se tiene contemplada una plaza para el manejo de la garita de control y dos plazas para el respectivo mantenimiento de la edificación, las 3 plazas con el salario mínimo establecido por el Gobierno de la República, obteniendo un monto anual de ciento un mil setecientos trece quetzales con cincuenta centavos.

- Precios hedónicos

Los beneficios generados por un servicio se incorporan como valor a un producto global, y donde es difícil determinar directamente la parte de valor que se le atribuye. Esta situación se da en proyectos que incrementan el valor de los bienes públicos o mejoran la calidad del ambiente. Este método tiene por objeto aproximarse al precio implícito del proyecto, cuyo valor aumenta por el impacto producido por el mismo.

- Consumo de combustible de vehículos encendidos que se encuentran detenidos

El motor de un vehículo encendido consume mientras está detenido entre 0,5 y 0,8 galones de combustible por hora, esto varía según el tipo de motor, los accesorios que tengan encendidos, aire acondicionado, luces, radio, la temperatura y de las condiciones mecánicas del mismo, pero básicamente este es el rango. Esto se promedia en 0,65 galones de combustible por hora. 0,65 galones por hora quiere decir que un vehículo consumirá 0,68 mililitros por cada segundo que esté detenido mientras el motor está encendido.

Tomando en consideración que en las jornadas vespertina y nocturna, se encuentra el déficit más significativo de estacionamiento, se tiene un aproximado tiempo de espera de 45 minutos en cada una de las dos jornadas, por lo que al realizar el cálculo de tiempo de espera de 90 minutos ósea, una hora y media entre ambas jornadas, por 0,65 galones por hora, se tiene un consumo de 0,975 galones por vehículo al día. Producto de la implementación de la propuesta se tendrán 102 nuevas plazas de estacionamiento, lo cual significa un ahorro en el consumo de combustible de 18,200 galones aproximadamente, considerando un 50 por ciento de ocurrencia de lo expuesto en condiciones ideales.

Con un valor promedio del galón de combustible de treinta y cinco quetzales, obteniendo un monto anual de seiscientos treinta y siete mil quetzales.

- Disminución de contaminación ambiental producto de las emisiones de dióxido de carbono de un vehículo

El dióxido de carbono es uno de los gases que se producen al quemar combustible, y uno de los principales gases de efecto invernadero. La emisión de este gas por vehículo tiene relación con el consumo de combustible, los

motores de gasolina emiten 2,3 kilogramos de dióxido de carbono por cada litro de gasolina quemado y los motores diésel 2,6 kilogramos de dióxido de carbono por cada litro de gasóleo, esto se promedia en 2,45 kilogramos de dióxido de carbono. Tomando los datos sobre el ahorro de combustible, se tiene que 18 200 galones equivalen a 68 800 litros aproximadamente, lo cual nos da como resultado 168 560 kilogramos de dióxido de carbono, igual a 168,56 toneladas métricas.

A efecto de darle valoración a este beneficio se hará una relación entre la emisión de dióxido de carbono y el valor de bonos de carbono, los cuales son un mecanismo para la reducción de las emisiones contaminantes al medio ambiente, causantes del calentamiento global o efecto invernadero.

El valor de los bonos de carbono se estima en seis dólares anuales, unos cuarenta y siete quetzales por una tonelada métrica de dióxido de carbono, valor que subirá en un mediano y largo plazo. Lo cual en relación a las 168,56 toneladas, se tiene Q 7 922,32.

- Precios contingentes

Esta es una metodología alternativa a la hedónica, que se aplica a aspectos que tienen características propias de los bienes públicos, estos tienen las características de disponibilidad común o colectiva, no se puede excluir a nadie en el uso del servicio y no son comercializados en el mercado.

- Calidad educativa

La calidad educativa se ve afectada al momento de tener atraso en el tiempo de espera para poder estacionarse en las instalaciones que ocupa la

Facultad de Ingeniería, para darle un valor monetario, se debe definir que cada período de clase de un curso en particular tiene un costo diario, considerando que el pago de matrícula estudiantil por semestre es de cuarenta y cinco quetzales con cincuenta centavos y que un estudiante regular tiene asignados siete cursos, lo cual nos da como resultado seis quetzales con cincuenta centavos por curso, el cual se imparte en treinta y seis horas durante el semestre, lo que representa dieciocho centavos por hora.

Tomando en cuenta las 102 nuevas plazas de estacionamiento y una optimización de una hora y media en el ahorro de tiempo de espera al día por plaza, se tiene un monto de veintisiete quetzales con cincuenta y cuatro quetzales diarios, lo que anualmente se estima en nueve mil novecientos diez quetzales aproximadamente.

A continuación se presentan dos tablas donde se establecen las valoraciones anuales de los costos y beneficios producto de la implementación de la propuesta, en las condiciones expuestas anteriormente, en la primera se muestra el beneficio de la creación de empleo para la construcción de la edificación, la segunda muestra el análisis considerando el funcionamiento.

Tabla XXIV. **Análisis Costo Beneficio (primer año)**

Costo		Beneficio	
Pago de préstamo cuota anual	Q2 074 921,50	Empleos derivados de la construcción de la propuesta (un año)	Q3 300 000,00
Pago de consumo de energía eléctrica	Q12 405,00	Empleos derivados del funcionamiento y mantenimiento	Q101 713,50
Mantenimiento de talanqueras electrónicas	Q14 160,00	Consumo de combustible	Q637 000,00
Pago de personal operativo	Q33 904,50	Disminución de contaminación ambiental	Q7 922,32
Pago de personal de mantenimiento	Q67 809,00	Calidad educativa	Q9 910,00
Costos totales	Q2 203 200,00	Beneficios totales	Q4 056 545,82
Relación Costo-Beneficio		1,84	

Fuente: elaboración propia

Tabla XXV. **Análisis Costo Beneficio**

Costo		**Beneficio**	
Pago de préstamo cuota anual	Q2 074 921,50	Pago de estacionamiento	Q1 836 000,00
Pago de consumo de energía eléctrica	Q12 405,00	Empleos derivados del funcionamiento y mantenimiento	Q101 713,50
Mantenimiento de talanqueras electrónicas	Q14 160,00	Consumo de combustible	Q637 000,00
Pago de personal operativo	Q33 904,50	Disminución de contaminación ambiental	Q7 922,32
Pago de personal de mantenimiento	Q67 809,00	Calidad educativa	Q9 910,00
Costos totales	Q2 203 200,00	Beneficios totales	Q2 592 545,82
Relación Costo-Beneficio		1,18	

Fuente: elaboración propia

5. RIESGO, VULNERABILIDAD Y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

5.1. Riesgo y vulnerabilidad

Una infraestructura se encuentra expuesta a riesgos de tipo natural los cuales pueden causar daños o pérdidas, debido a estas situaciones es importante la realización de acciones las cuales prevengan cualquier tipo de consecuencia producida por la naturaleza.

Originalmente la evaluación y manejo de riesgos fueron desarrollados para sistemas bien estructurados con alto grado de control. No obstante ésta se ha prolongado a problemas como la degradación y desastres naturales los cuales son problemas sin estructuración y sin control, no son productos que puedan ser diseñados o manipulados debido a ello se hacen necesarios enfoques amplios e integrados que refuercen la administración y planificación.

5.2. Estudio de Impacto Ambiental (EIA)

Su objetivo final es proporcionar una herramienta útil a todo el proceso de evaluación para que pueda llegar a decisiones correctas y basadas en criterios científicos. El objetivo de un estudio de impacto ambiental es:

- Cumplir con lo establecido en el artículo 8º del Decreto 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.

- Identificar los impactos que se generen por las acciones derivadas del proceso de construcción del edificio, creando propuestas para reducir los efectos que las acciones negativas provoquen al ambiente.

- Determinar el área de impacto ambiental y describir las características físicas y bióticas del área de influencia del proyecto.

- Identificar y evaluar los diferentes impactos ambientales, tanto positivos como negativos, en las diferentes fases del proyecto.

- Proponer medidas de mitigación y determinar su costo.

- Establecer un plan de monitoreo ambiental.

La base legal en la cual se apoya el estudio de impacto ambiental y la justificación de realizar un documento de esta magnitud para todo proyecto es la siguiente:

- Constitución Política de la República de Guatemala: en el capítulo segundo, sección séptima de la Salud, Seguridad y Asistencia Social, Artículo 97 medio ambiente y equilibrio ecológico: El Estado, las Municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico.

- Decreto No. 90-2000, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, artículo 29. Al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales le corresponde formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo, cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación,

protección, sostenibilidad y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales en el país y el derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado, debiendo prevenir la contaminación del ambiente, disminuir el deterioro ambiental y la pérdida del patrimonio natural.

- Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto No. 68-86, artículo 8. Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al medio ambiente o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. El funcionario o particular que omitiere cumplir con el EIA, será sancionado con una multa de Q. 5 000,00 a Q. 100 000,00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumplan.

- Ley Forestal, Decreto No. 101-96. En uno de los considerandos de esta ley se establece: que los recursos forestales pueden y deben constituirse en la base fundamental del desarrollo económico y social de Guatemala, que mediante el manejo sostenido pueden producirse bienes que coadyuven a satisfacer las necesidades de energía, vivienda y alimento. En el artículo 67 se indica la obligación de la repoblación forestal en aquellos casos cuando se corten bosque para la realización de obras de infraestructura.

5.3. Evaluación del impacto ambiental que será producido

Para realizar la evaluación del impacto ambiental que será producido derivado de todos los trabajos del proyecto a ejecutar, así como el producto terminado, se debe de tomar en consideración los siguientes aspectos:

- Localización del proyecto: la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se encuentra ubicada en el Campus Central de la Ciudad Universitaria, zona 12, ciudad capital.

- Descripción del proyecto: el proyecto consiste en la construcción de un edificio bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano.

- Características generales del proyecto: el proyecto ocupará un área aproximada de 1 530,00 metros cuadrados por nivel, los elementos estructurales serán de concreto armado, contará con un sistema de drenaje de aguas pluviales, un circuito de iluminación artificial, ductos de ventilación.

- Situación legal del terreno: el terreno para llevar a cabo la propuesta no presenta problemas legales, ya que es propiedad del estado y es administrado directamente por el Consejo Superior Universitario.

- Los trabajos preliminares para la preparación del área a construir son: chapeo y destronque, demolición de pavimento existente, localización de botadero para el manejo y la disposición final de material de no clasificado de desperdicio.

- Uso de los recursos naturales del área: el material que se extraiga producto de la excavación no clasificada, deberá ser sometida a estudios para determinar su aprovechamiento.

- Materiales y combustibles a utilizar: los materiales a utilizar para la ejecución del proyecto serán, madera, cemento portland, área de río, piedrín triturado, acero, asimismo combustible y lubricantes para la maquinaria y equipo.

5.4. Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación ambiental se obtienen del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y se originan del siguiente proceso: se identifican impactos ambientales al ambiente, tanto positivos como negativos, se describen los mismos y se proponen algunas acciones a realizar para minimizar o eliminar por completo dichos impactos, estas acciones son las Medidas de Mitigación Ambiental.

- Disposición de desechos sólidos: el material que se obtenga producto de la excavación deberá ser depositado, en bancos previamente autorizados por la Municipalidad de Guatemala y deberán de mantener un control para no dañar la vegetación circundante a estos bancos. Los desechos producto del mantenimiento de maquinaria deberán de ser entregados a una empresa autorizada para el manejo y disposición de este tipo de materiales, para evitar contaminación.

- Emisiones a la atmósfera: se deberá tener un control sobre los servicios preventivos y la utilización de filtros de excelente calidad en la

maquinaria y equipo que se empleará en la construcción y de esta manera lograr reducir los porcentajes de contaminación a la atmósfera.

- Ruido y vibración: se deberá contar con equipo adecuado para las personas que manipulen maquinaria y equipo pesado que produzca fuertes vibraciones y altos decibeles que puedan afectar en forma parcial o permanente al personal.

- Contaminación visual: se deberá de implementar un segmento relacionado a jardinización en el área superficial del proyecto, para no afectar la contaminación visual, asimismo se deberá sembrar árboles en el área determinada por la Municipalidad de Guatemala para la disposición de desechos sólidos y de esta manera no alterar los paisajes originales.

CONCLUSIONES

1. A partir de los datos obtenidos en el Departamento de Registro y Estadística, se ha estimado una tasa de crecimiento anual de la población estudiantil de 4,96 por ciento.

2. De acuerdo a la tasa de crecimiento anual de la población estudiantil en el Campus Universitario en la zona 12 de la ciudad de Guatemala, se estima que en el 2020 habrán alrededor de 146,300 estudiantes.

3. De acuerdo a la integración de costos y precios unitarios efectuada, se ha obtenido un valor de Q. 3 500,00 por metro cuadrado de construcción. Considerando precios de materiales y mano de obra a enero de 2013.

4. A partir del análisis financiero, considerando las condiciones en que se conceden los préstamos por parte del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE), haciendo uso de los parámetros del Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), la propuesta no es económicamente viable.

5. La propuesta no es viable en términos financieros, debido a la baja cuota que se tiene por concepto de uso de estacionamiento dentro de las instalaciones de la ciudad universitaria.

6. Aunque en términos económicos la construcción de la edificación para uso de estacionamiento no es viable, considerando el análisis Costo Beneficio, entonces la ejecución del proyecto resulta de beneficio a la población universitaria, ya que de acuerdo a la relación Costo Beneficio obtenida en el primer año, en etapa de ejecución del proyecto, es de 1,84, y en etapa de funcionamiento es de 1,18 unidades.

7. Tanto durante el periodo de construcción como en el de funcionamiento, la relación Costo Beneficio es mayor a la unidad con lo que se asegura que en estos términos el proyecto es de beneficio lo que convierte a la presente propuesta viable.

RECOMENDACIONES

1. A la Coordinadora General de Planificación de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizar una reorganización de las áreas con las que cuentan las diferentes unidades académicas que tienen espacios ociosos con el objetivo de aumentar la capacidad de estacionamientos.

2. Es necesario que en las nuevas edificaciones que en un futuro se construyan dentro de la Ciudad Universitaria, la Coordinadora General de Planificación, incluya dentro de sus planificaciones, la implementación de sótanos para uso de estacionamiento con el objetivo de optimizar el espacio físico que se disponga.

3. Debido a que dentro de la Ciudad Universitaria existen áreas que pueden ser utilizadas para implementar la presente propuesta se recomienda a las autoridades del Consejo Superior Universitario que se tome en consideración, ya que considerando que la relación Costo Beneficio para este tipo de proyectos, resulta de beneficio hacia la población universitaria.

4. Que la Dirección General de Administración, realice un estudio para actualizar y analizar el monto de la cuota, que por concepto de estacionamiento se debe cobrar por este valioso servicio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala.* Guatemala: AGIES, 2010. 325 p.

2. BAZÁN, Enrique; MELI, Roberto. *Diseño sísmico de edificios*. México: Limusa 1999. 308 p.

3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y Cimentaciones*, 5a ed. México: Limusa 2004. 650 p.

4. GONZÁLES CUEVAS, Oscar Manuel. *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*.4a ed. México: Limusa 2005. 802 p.

5. Instituto Americano del Concreto*. American concrete Institute*. ACI-318S-2005. 2005. Estados Unidos de Norte América: ACI, 2005. 490 p.

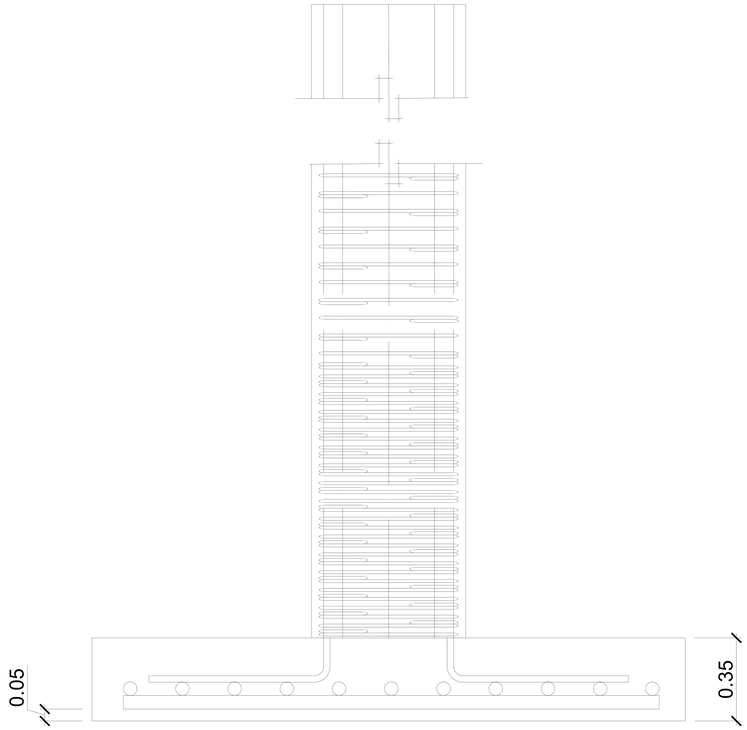
6. Manual técnico del software Talren 4.0 *para la estabilización de taludes*. Paris Francia: 2005. 118 p.

7. Municipalidad de Guatemala. *Reglamento específico de diseño de entradas, salidas y disposición de estacionamientos privados en el municipio de Guatemala*, Guatemala: 2000. 16 p.

8. Universidad de San Carlos de Guatemala. *Manual de normas y procedimientos, administración de áreas de parqueos Universidad de San Carlos de Guatemala*. Aprobado por Acuerdo de Rectoría No. 620-2010 de fecha 14 de abril 2010.

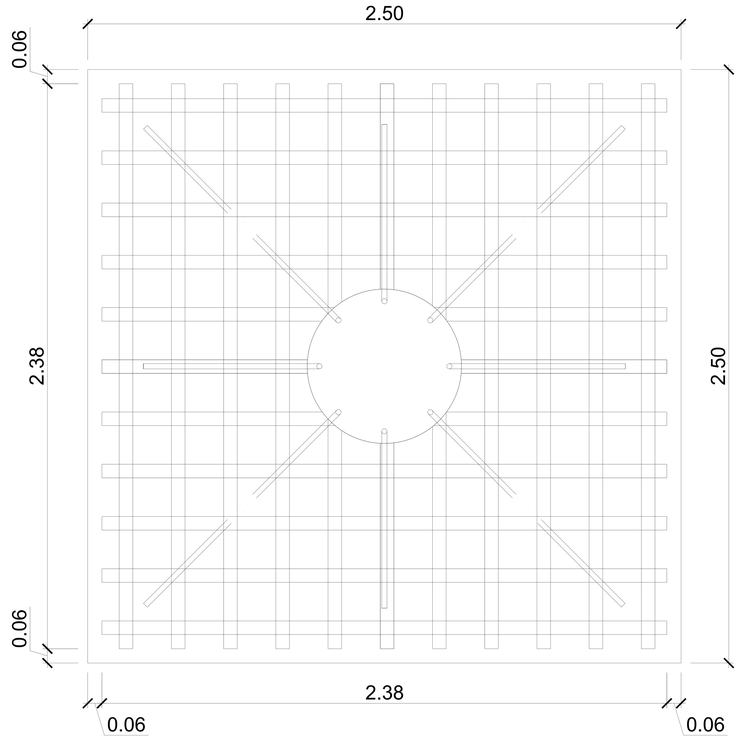
9. ZETINA TRUJILLO, Ana Beatriz; FERNÁNDEZ SIERRA, Alba Luz; LARA CORDÓN, Gloria Ruth. *Análisis para la optimización de las instalaciones físicas de la Ciudad Universitaria zona 12.* Tesis de grado en Arquitectura. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura, Guatemala: 1991. 224 p.

APÉNDICE



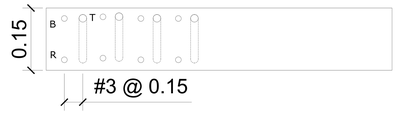
DETALLE DE ZAPATA

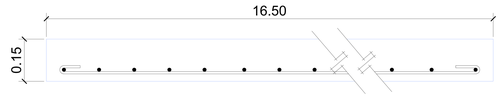
SECCIÓN ESCALA: 1/25

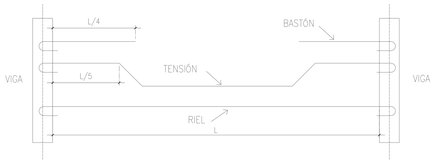


DETALLE DE ZAPATA

PLANTA ESCALA: 1/25







DETALLE DE ARMADO DE LOSA

SECCIÓN ESCALA: 1/25

DETALLE DE ARMADO DE RAMPAS DE ACCESO

SECCIÓN ESCALA: 1/25

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

CLIENTE:

FACULTAD DE INGENIERÍA

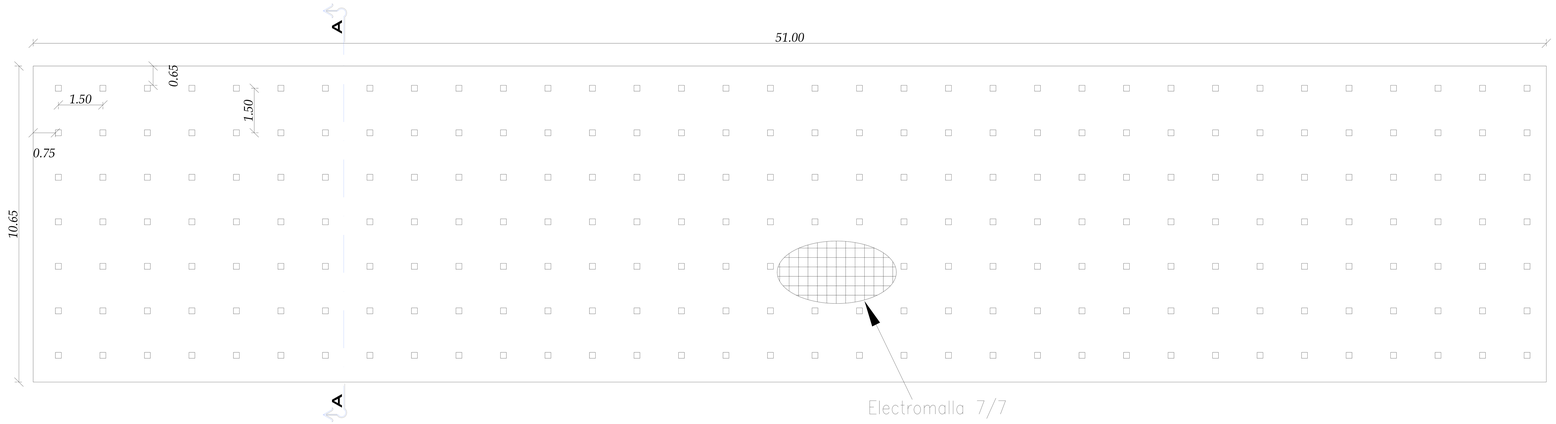
PROYECTO:

Propuesta de edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano, como solución a problemática de estacionamiento vehicular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

PLANO DE: DETALLE ESTRUCTURAL DE ZAPATAS Y LOSA

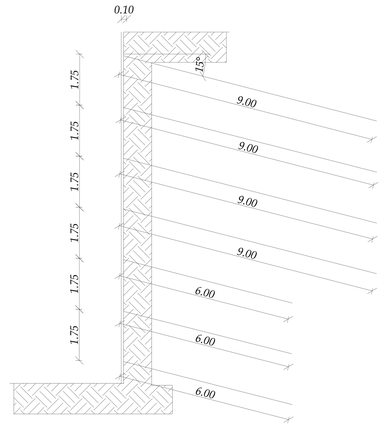
UBICACIÓN: ZONA 12, GUATEMALA

ESCALA | DIBUJADO: | Vo.Bo. | OFERTA No: | FECHA: | PLANO No:



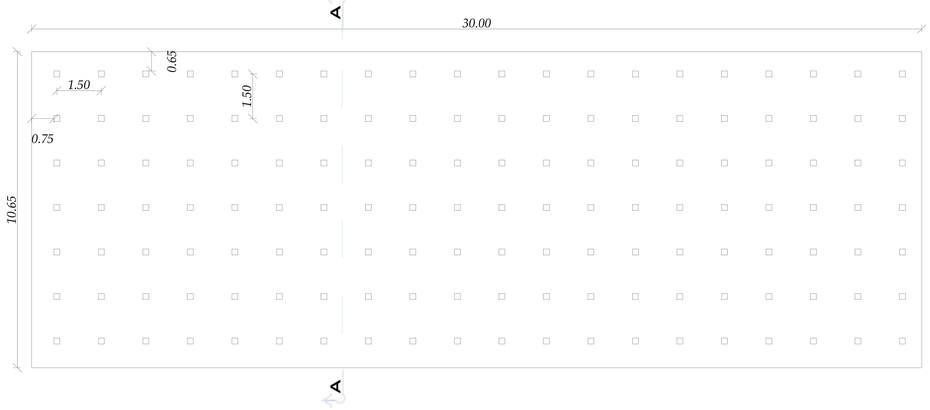
ELEVACIÓN DE MURO, NORTE - SUR

ESCALA: 1/200



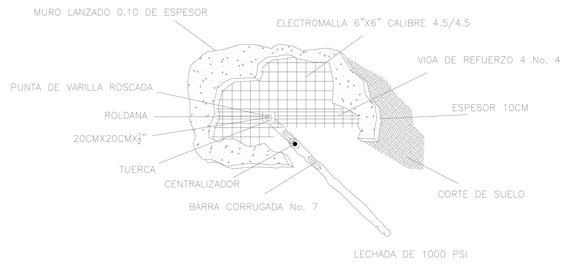
SECCIÓN A - A

ESC 1:125



ELEVACIÓN DE MURO, ESTE - OESTE

ESCALA: 1/200



DETALLE SOIL NAILING

SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

CLIENTE:

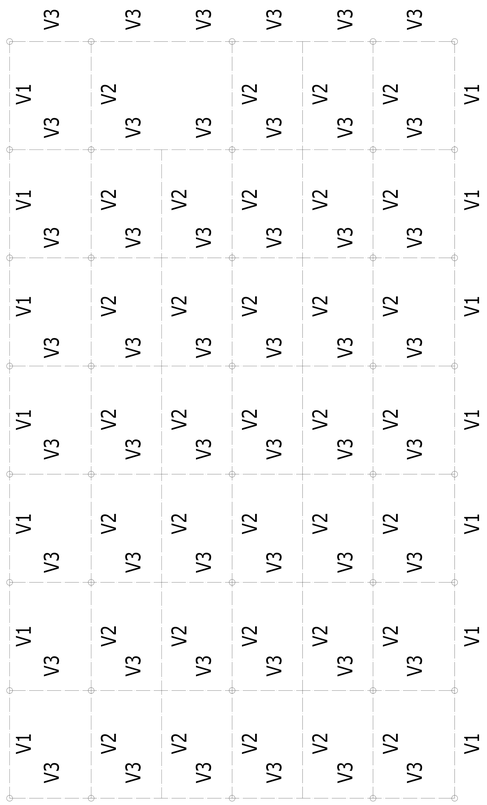
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: Propuesta de edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano, como solución a problemática de estacionamiento vehicular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

PLANO DE: ESTABILIZACIÓN DE MUROS

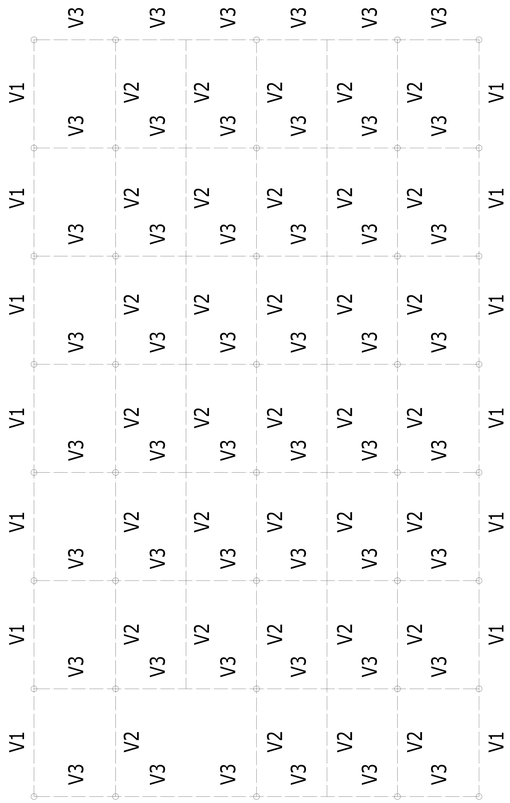
UBICACIÓN: ZONA 12, GUATEMALA

ESCALA	DIBUJADO:		OFERTA No:	FECHA:
	Vo.Bo.			PLANO No:



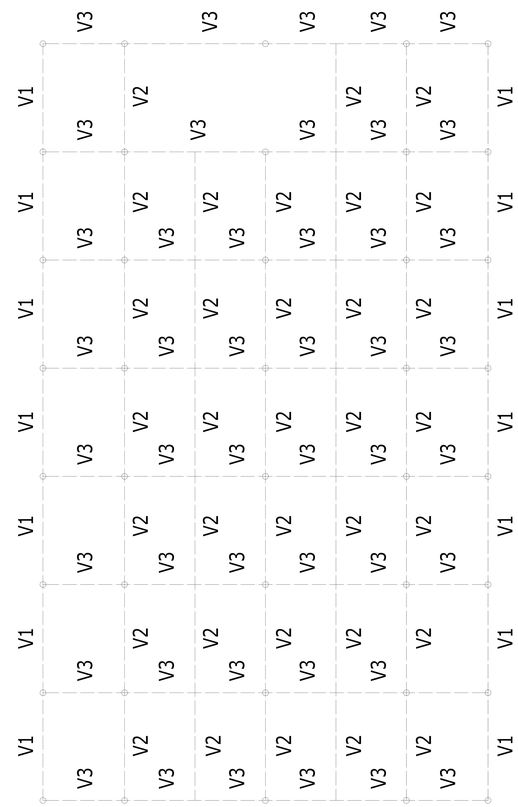
SOTANO 1

DSITRIBUCIÓN DE VIGAS ESCALA: 1/400



SOTANO 2

DISTRIBUCIÓN DE VIGAS ESCALA: 1/400



SOTANO 3

DISTRIBUCIÓN DE VIGAS ESCALA: 1/400

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

CLIENTE:

FACULTAD DE INGENIERÍA

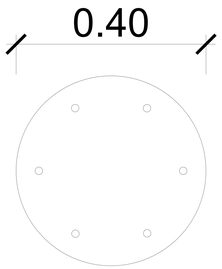
PROYECTO: Propuesta de edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano, como solución a problemática de estacionamiento vehicular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

PLANO DE: DISTRIBUCIÓN DE VIGAS

UBICACIÓN: ZONA 12, GUATEMALA

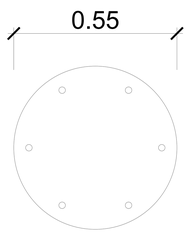
ESCALA | DIBUJADO: | OFERTA No: | FECHA:

Vo.Bo. | PLANO No:



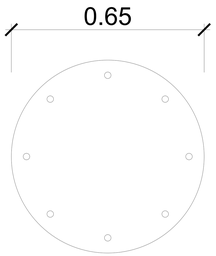
SECCIÓN DE COLUMNA

ARMADO: 6 No. 5 ESCALA: 1/12.5



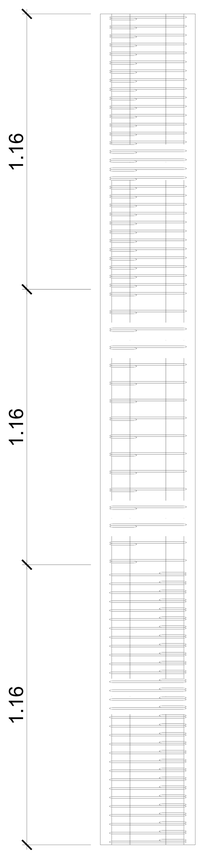
SECCIÓN DE COLUMNA

ARMADO: 6 No. 7 ESCALA: 1/20



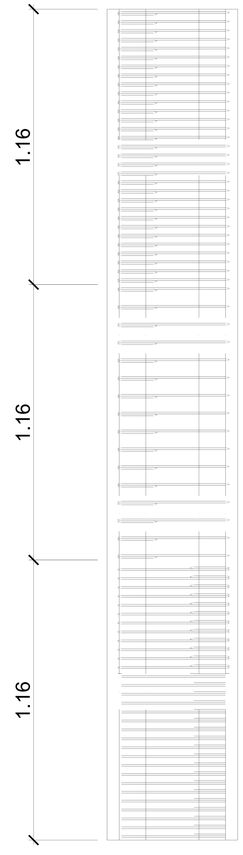
SECCIÓN DE COLUMNA

ARMADO: 8 No. 7 ESCALA: 1/20



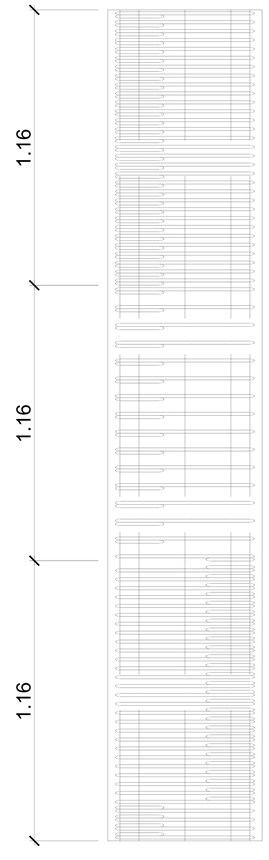
ELEVACIÓN DE COLUMNA d=40CM

ESTRIBOS: No. 3 L/3@3.75CM Y L/3@7CM ESCALA: 1/12.5



ELEVACIÓN DE COLUMNA d=55CM

ESTRIBOS: No. 3 L/3@3.75CM Y L/3@7CM ESCALA: 1/12.5



ELEVACIÓN DE COLUMNA d=65CM

ESTRIBOS: No. 3 L/3@3.75CM Y L/3@7CM ESCALA: 1/12.5

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

CLIENTE:

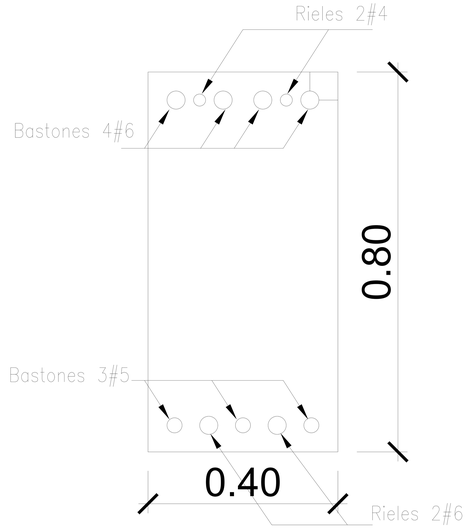
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: Propuesta de edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano, como solución a problemática de estacionamiento vehicular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

PLANO DE: DETALLE ESTRUCTURAL DE COLUMNAS

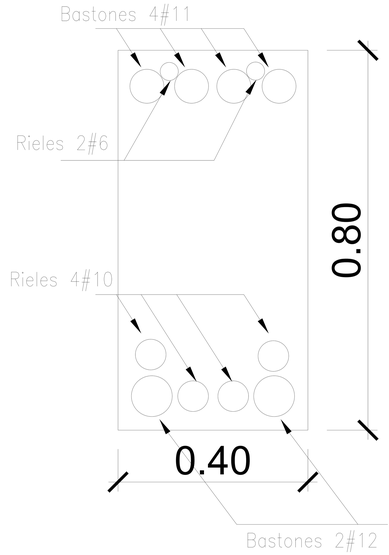
UBICACIÓN: ZONA 12, GUATEMALA

ESCALA | DIBUJADO: | Vo.Bo. | OFERTA No: | FECHA: | PLANO No:



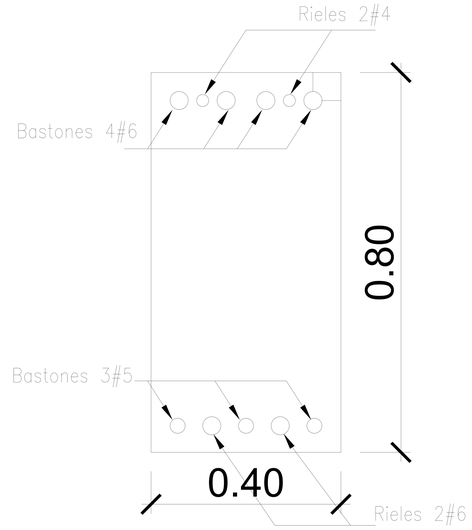
VIGA TIPO V-1

DETALLE DE VIGA ESCALA: 1/12.5



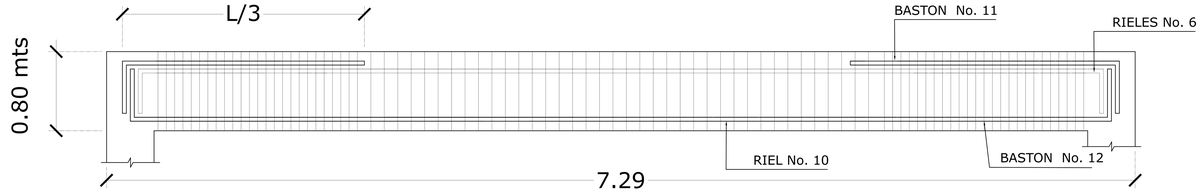
VIGA TIPO V-2

DETALLE DE VIGA ESCALA: 1/12.5



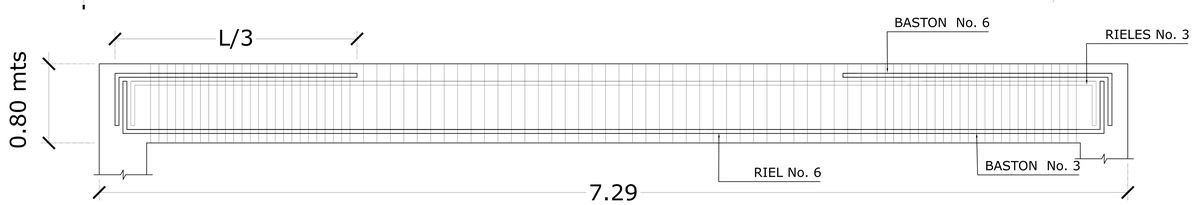
VIGA TIPO V-3

DETALLE DE VIGA ESCALA: 1/12.5



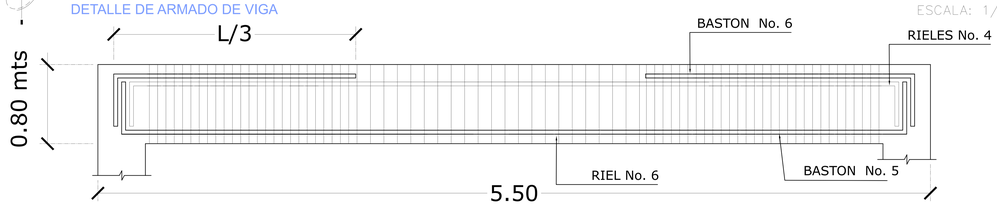
VIGA TIPO V-1

DETALLE DE ARMADO DE VIGA ESCALA: 1/75



VIGA TIPO V-2

DETALLE DE ARMADO DE VIGA ESCALA: 1/75



VIGA TIPO V-3

DETALLE DE ARMADO DE VIGA ESCALA: 1/75

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

CLIENTE:

FACULTAD DE INGENIERÍA

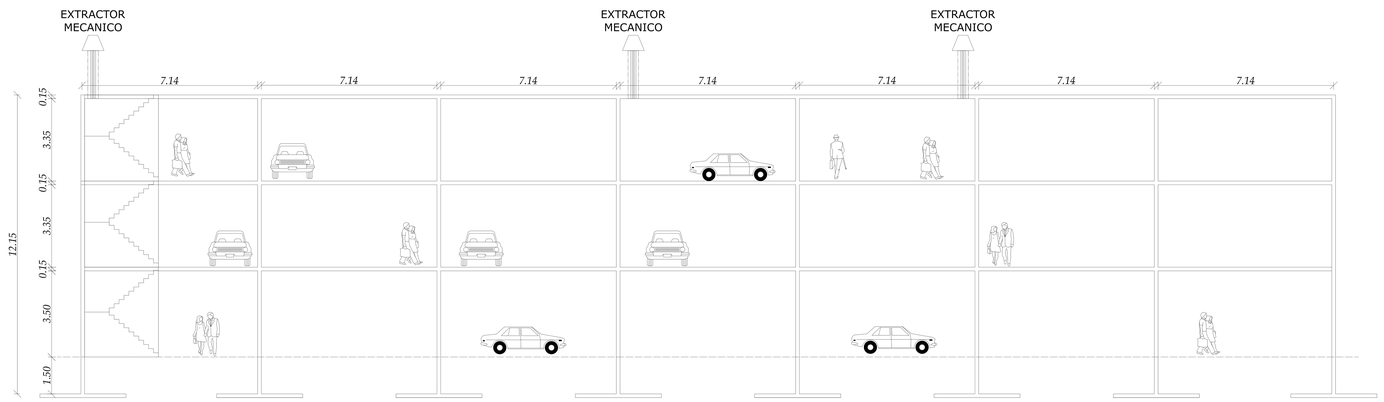
PROYECTO:

Propuesta de edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano, como solución a problemática de estacionamiento vehicular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

PLANO DE: DETALLE ESTRUCTURAL DE VIGAS

UBICACIÓN: ZONA 12, GUATEMALA

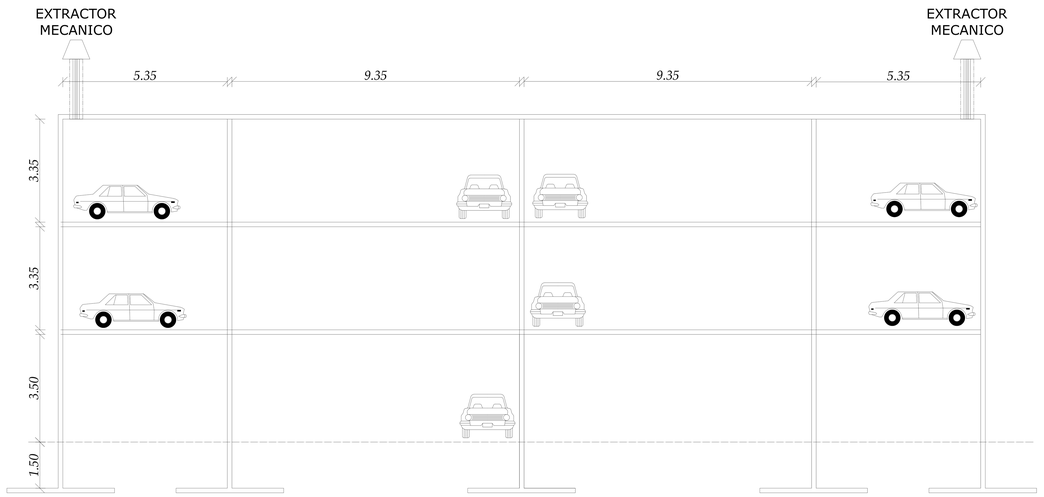
ESCALA	DIBUJADO:		OFERTA No:	FECHA:
	Vo.Bo.			PLANO No:



SECCIÓN

SECCIÓN NORTE - SUR

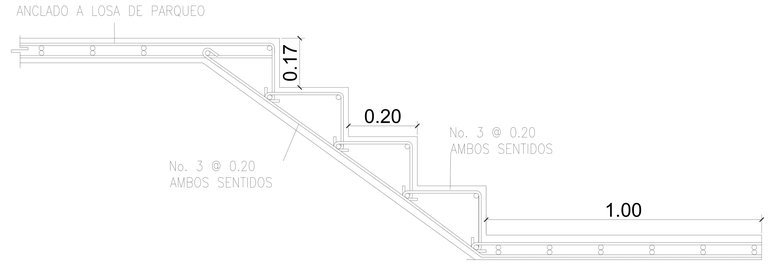
ESCALA: 1/250



SECCIÓN

SECCIÓN ESTE - OESTE

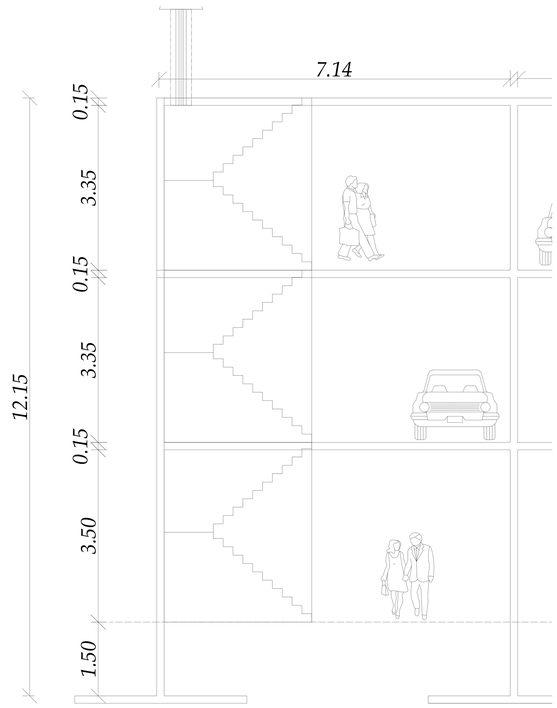
ESCALA: 1/200



GRADAS

DETALLES DE ARMADO DE GRADAS

ESCALA: 1/25



GRADAS

ELEVACIÓN DE GRADAS

ESCALA: 1/125

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

CLIENTE:

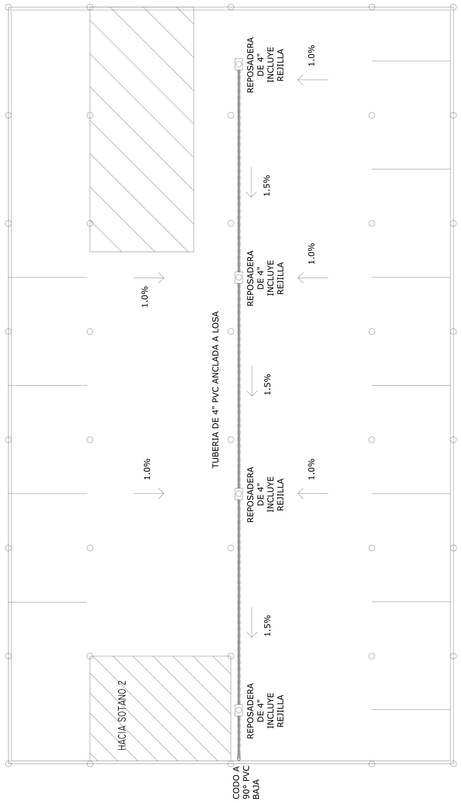
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: Propuesta de edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano, como solución a problemática de estacionamiento vehicular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

PLANO DE: CORTES Y DETALLE DE GRADAS

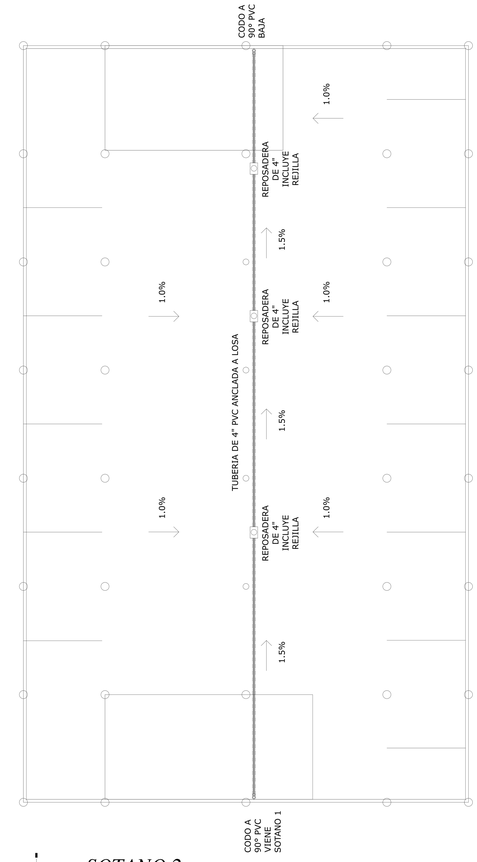
UBICACIÓN: ZONA 12, GUATEMALA

ESCALA | DIBUJADO: | Vo.Bo. | OFERTA No: | FECHA: | PLANO No:



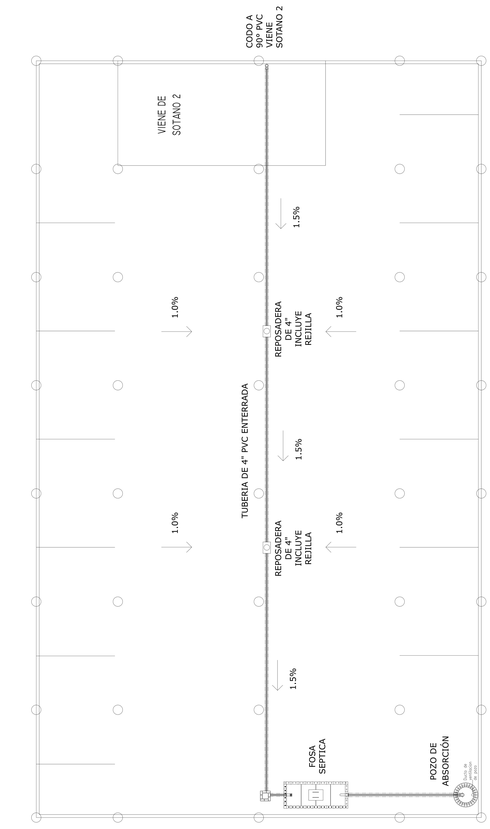
SOTANO 1

DRENAJE ESCALA: 1/400



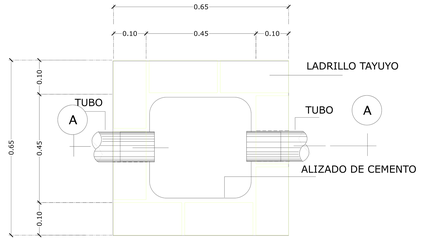
SOTANO 2

DRENAJE ESCALA: 1/400



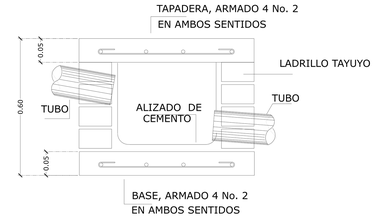
SOTANO 3

DRENAJE ESCALA: 1/400



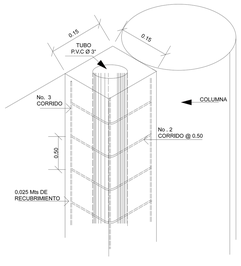
PLANTA CAJA TIPO A

ESC: 1/10



CORTE A – A

ESC: 1/10



DETALLE DE BAJADA DE DRENAJE

SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

CLIENTE:

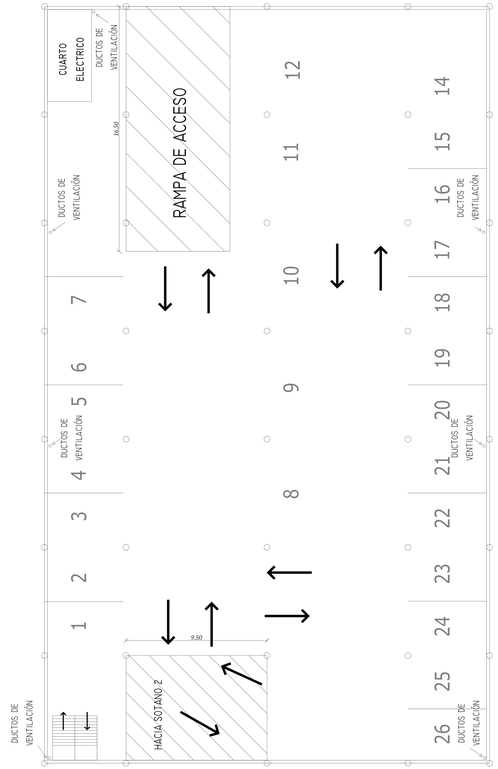
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO:

Propuesta de edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano, como solución a problemática de estacionamiento vehicular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

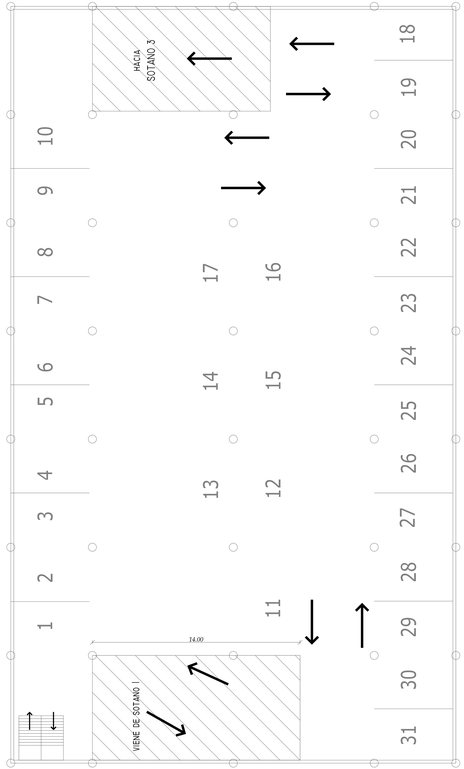
PLANO DE:	UBICACIÓN:
DRENAJE	ZONA 12, GUATEMALA

ESCALA	DIBUJADO:		OFERTA No:	FECHA:
	Vo.Bo.			PLANO No:



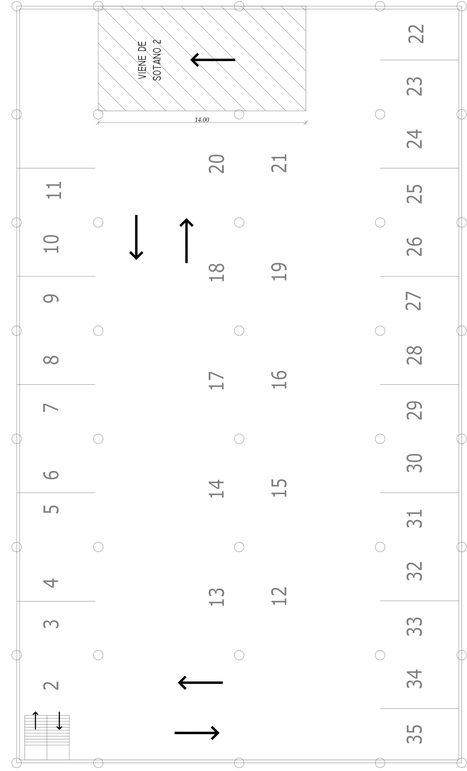
SOTANO 1

PLANTA AMUEBLADA ESCALA: 1/400



SOTANO 2

PLANTA AMUEBLADA ESCALA: 1/400



SOTANO 3

PLANTA AMUEBLADA ESCALA: 1/400

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

CLIENTE:

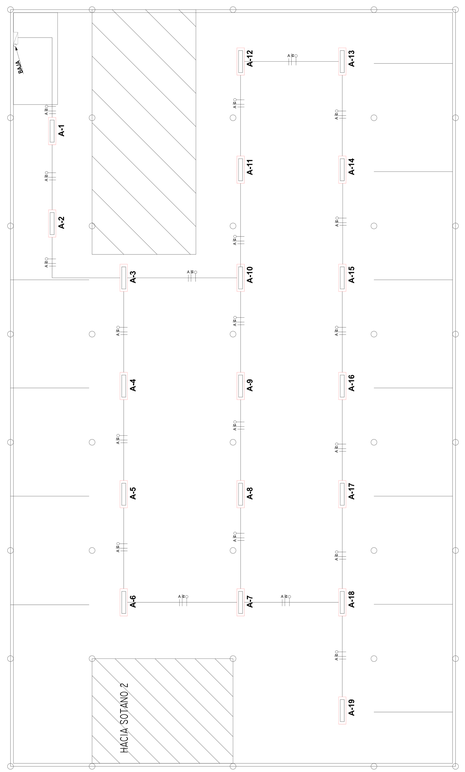
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO:

Propuesta de edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano, como solución a problemática de estacionamiento vehicular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

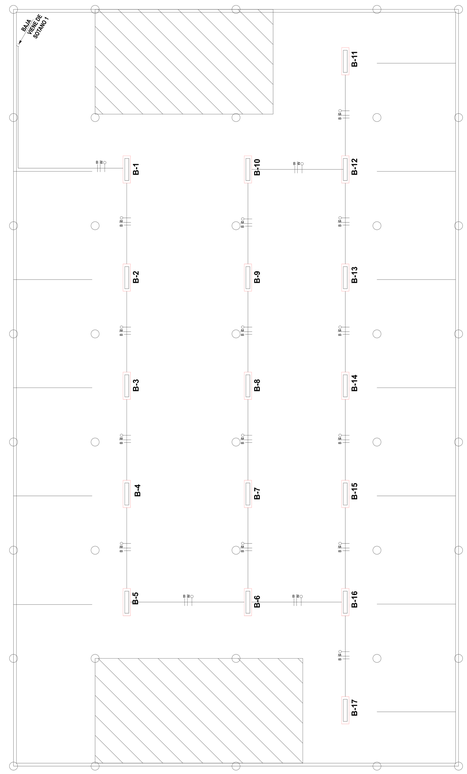
PLANO DE:	UBICACIÓN:
PLANTA AMUEBLADA	ZONA 12, GUATEMALA

ESCALA	DIBUJADO:		OFERTA No:	FECHA:
	Vo.Bo.			PLANO No:



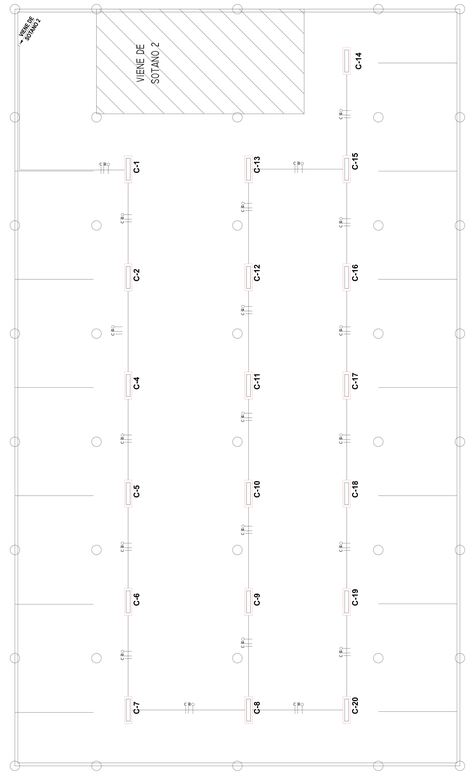
SOTANO 1

DISTRIBUCIÓN DE ILUMINACIÓN ESCALA: 1/400



SOTANO 2

DISTRIBUCIÓN DE ILUMINACIÓN ESCALA: 1/400



SOTANO 3

DISTRIBUCIÓN DE ILUMINACIÓN ESCALA: 1/400

SIMBOLOGIA - ILUMINACION

	TUBERIA PVC Ø 3/4" EN CIELO PARA CONDUCCION DE ILUMINACION
A-1	INDICA CIRCUITO Y UNIDAD
S	INTERRUPTOR SIMPLE
A	CONDUCTOR POSITIVO THN NO. 12
	CONDUCTOR NEGATIVO THN NO. 12
	CONDUCTOR RETORNO THN NO. 12
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	LAMPARA EN CIELO (FLOURESCENTE)

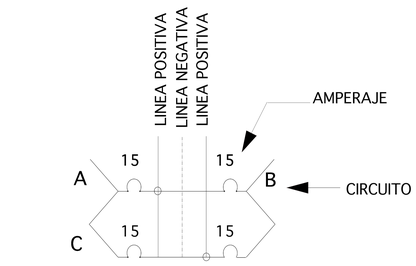


DIAGRAMA DE CIRCUITOS

SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

CLIENTE:

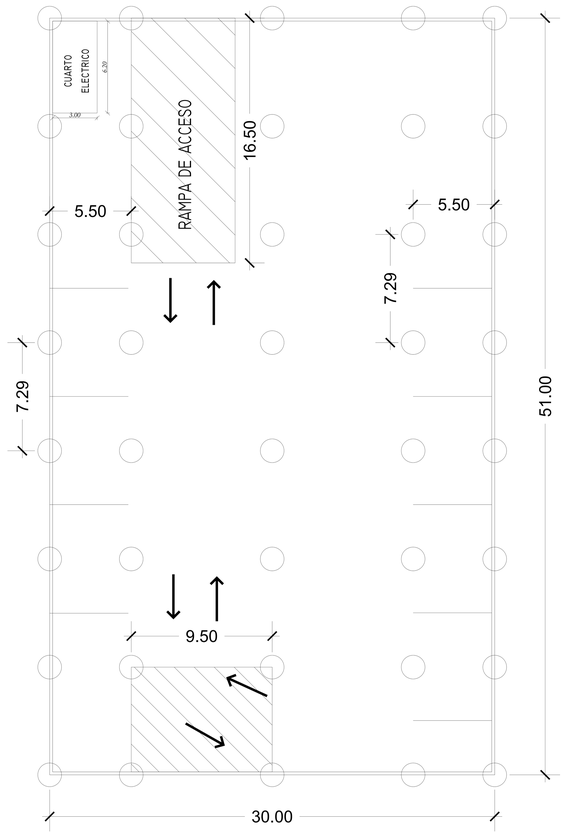
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: Propuesta de edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano, como solución a problemática de estacionamiento vehicular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

PLANO DE: PLANTA DE ILUMINACIÓN

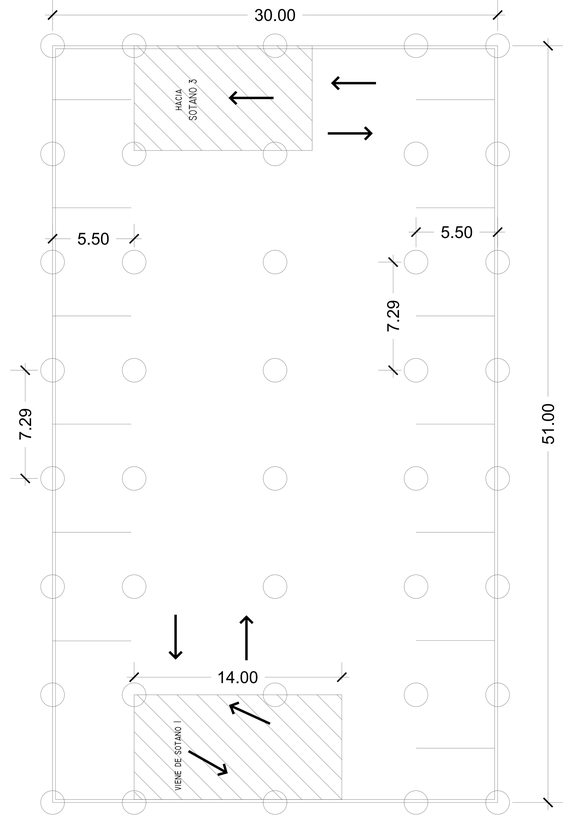
UBICACIÓN: ZONA 12, GUATEMALA

ESCALA	DIBUJADO:		OFERTA No:	FECHA:
	Vo.Bo.			PLANO No:



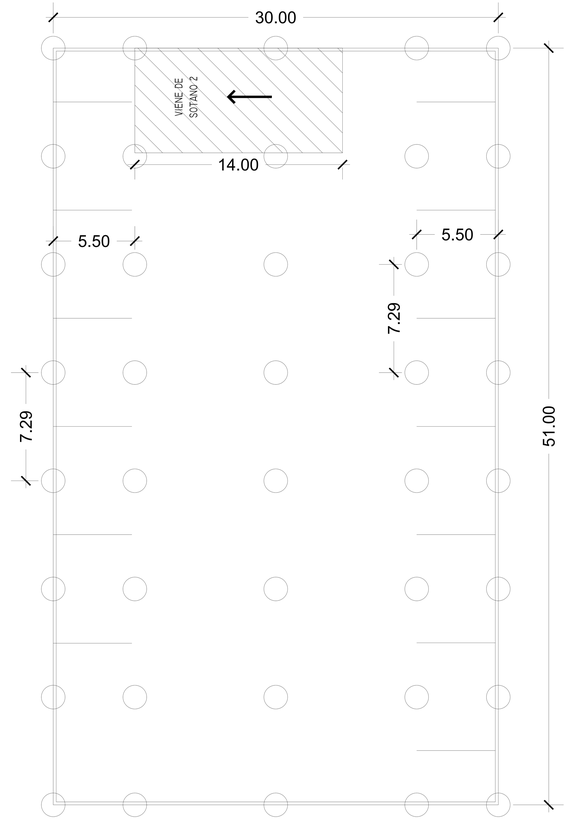
SOTANO 1

PLANTA ACOTADA ESCALA: 1/400



SOTANO 2

PLANTA ACOTADA ESCALA: 1/400



SOTANO 3

PLANTA ACOTADA ESCALA: 1/400

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

CLIENTE:

FACULTAD DE INGENIERÍA

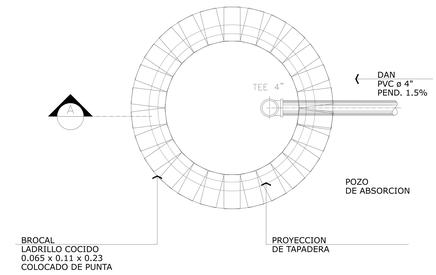
PROYECTO:

Propuesta de edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano, como solución a problemática de estacionamiento vehicular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

PLANO DE: PLANTA ACOTADA

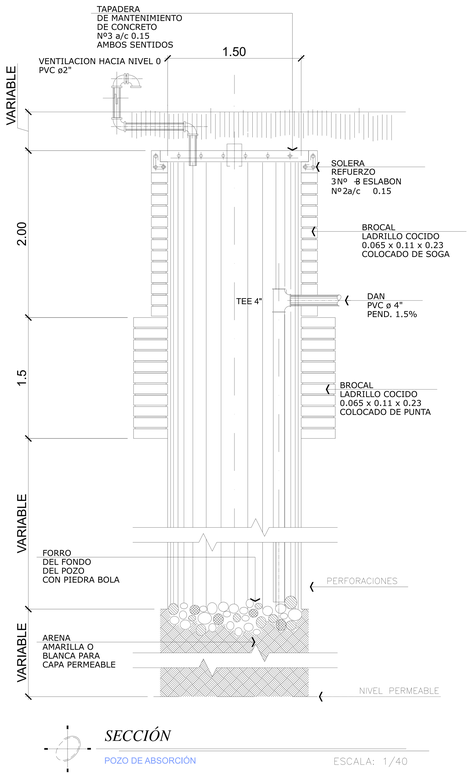
UBICACIÓN: ZONA 12, GUATEMALA

ESCALA | DIBUJADO: | Vo.Bo. | OFERTA No: | FECHA: | PLANO No:



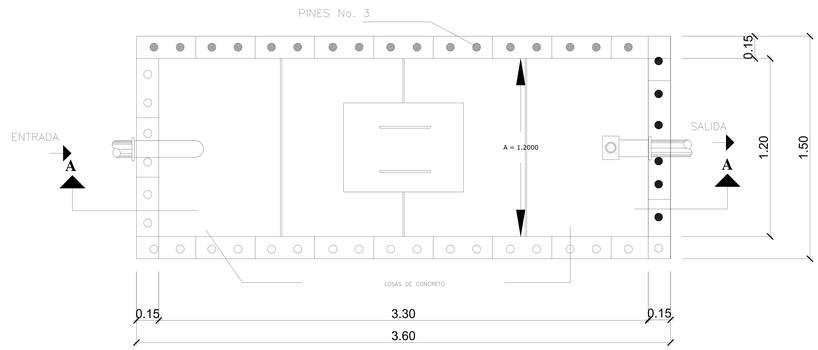
PLANTA

POZO DE ABSORCIÓN ESCALA: 1/40



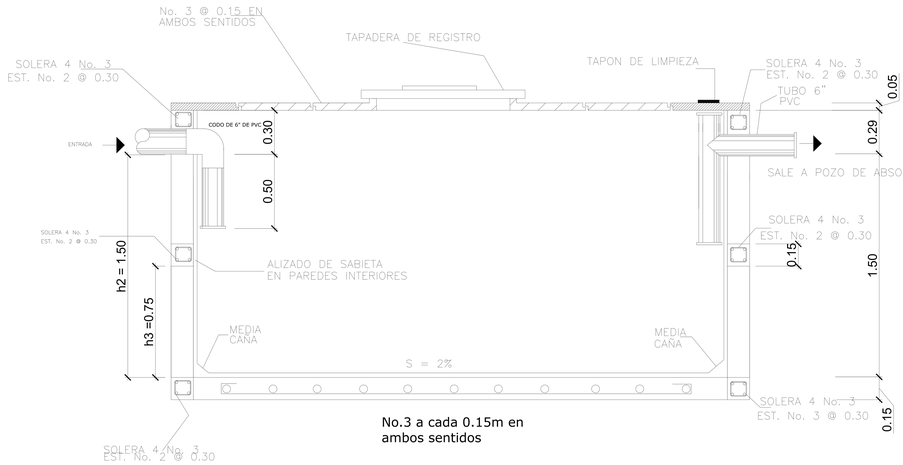
SECCIÓN

POZO DE ABSORCIÓN ESCALA: 1/40



PLANTA

FOSA SEPTICA ESCALA: 1/40



SECCIÓN

FOSA SEPTICA ESCALA: 1/40

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

CLIENTE:

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO:

Propuesta de edificación bajo la superficie compuesta de tres niveles de sótano, como solución a problemática de estacionamiento vehicular en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

PLANO DE:	UBICACIÓN:
DETALLE DE POZO DE ABSORCIÓN Y FOSA SEPTICA	ZONA 12, GUATEMALA

ESCALA	DIBUJADO:		OFERTA No:	FECHA:
	Vo.Bo.			PLANO No: