



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

**DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA  
EL SECTOR CHICHIYAL Y DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
RESIDUOS SÓLIDOS, SANTA CLARA LA LAGUNA, SOLOLÁ**

**José Fidel Yac Cux**

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, marzo de 2021



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA  
EL SECTOR CHICHIYAL Y DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
RESIDUOS SÓLIDOS, SANTA CLARA LA LAGUNA, SOLOLÁ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ FIDEL YAC CUX**

ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MARZO DE 2021





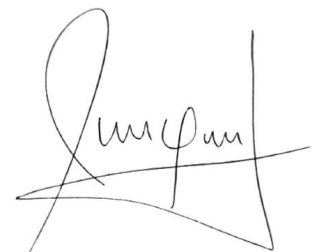


## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR CHICHIYAL Y DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS, SANTA CLARA LA LAGUNA, SOLOLÁ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 3 de abril de 2018.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'José Fidel Yac Cux', written in a cursive style with a large initial 'J' and a horizontal line crossing the signature.

**José Fidel Yac Cux**





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala 5 de mayo del 2020

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

Por este medio informo a usted, que procedí a revisar el trabajo de graduación del estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Civil José Fidel Yac Cux, registro académico 201114327 y CUI 2137721320704, cuyo título es Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para el sector Chichiyal y de la planta de tratamiento de residuos sólidos, Santa Clara, La Laguna, Sololá. Por lo que lo doy por aprobado.

Sin otro particular

A large, stylized handwritten signature in black ink, appearing to read 'Juan Merck', written over a horizontal line.

Juan Merck  
Asesor Supervisor



Guatemala, 8 de mayo de 2020  
REF.EPS. D.208.05.2020

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Director Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR CHICHIYAL Y DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS, SANTA CLARA LA LAGUNA, SOLOLÁ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **JOSÉ FIDEL YAC CUX, CUI 2127 72132 0704 y Registro Académico 201114327**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS



OAH

**Nota:** esta carta es una copia de la original, la cual se sustituirá por la original al momento de que se normalicen las actividades en la Universidad.



Guatemala, 29 de abril de 2,020

Ingeniero

Pedro Antonio Aguilar Polanco

Director de Escuela de Ingeniería Civil

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR CHICHYAL Y DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS, SANTA CLARA LA LAGUNA, SOLOLÁ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil, **José Fidel Yac Cux**, con DPI, 2137 72132 0704, Registro Académico No. 201114327, quién contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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. Rafael Enrique Morales Ochoa

Revisor del Departamento de Hidráulica

/remo





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante José Fide Yac Cux titulado **DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR CHICHİYAL Y DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS, SANTA CLARA LA LAGUNA, SOLOLÁ** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Fuentes Roca

Director Escuela Ingeniería Civil



Guatemala, febrero 2021

/mrrm.





DTG. 070.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR CHICHIYAL Y DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS, SANTA CLARA LA LAGUNA, SOLOLÁ**, presentado por el estudiante universitario: **José Fidel Yac Cux**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, marzo de 2021.

AACE/asga



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por ser el dador de la vida y el que guía mi camino siempre.
- Mis padres** José Julián Yac Xaminez y Juana Clara Cux Joj, por su incansable lucha, esfuerzo, sacrificio, paciencia y apoyo a lo largo de todos estos años. Son la motivación de mi vida.
- Mis hermanos** Erick y Carlos Yac, por ser una parte fundamental en mi vida y apoyarme en este camino.
- Consuelo Hernández** Por motivarme con sus logros y capacidades, además del apoyo y amor brindado para esforzarme en lo último de esta meta. Este logro también es suyo.
- Toda mi familia** Con la que con orgullo puedo compartir este triunfo alcanzado. Dedicado especialmente a mis abuelos, Fidel Yac y Eugenia Joj, (q. e. p. d.).





## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por darme la fuerza, sabiduría, y la vocación por la carrera.
<b>Mis padres</b>	Por ser ejemplo de superación, integridad, honestidad y por instruirme en el camino correcto.
<b>Mis hermanos</b>	Por creer y confiar en mí siempre para alcanzar este sueño.
<b>Mis amigos</b>	A todos los que me ayudaron directa e indirectamente en este proceso con sus consejos, compañerismo, muestras de apoyo y afecto en las distintas etapas de la carrera.
<b>Ing. Juan Merck</b>	Por su preciada asesoría, consejos y acompañamiento para lograr este objetivo.
<b>Municipalidad de Santa Clara La Laguna</b>	Por contribuir en la realización del EPS al abrirme las puertas de sus instalaciones.

**EPSUM**

Por la valiosa ayuda brindada para llevar a cabo el EPS.

**Facultad de Ingeniería**

Por la formación profesional y ética alcanzada durante estos años de estudio.

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por el sentimiento de orgullo de pertenecer a esta tricentenaria casa de estudios.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
GLOSARIO .....	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía del municipio de Santa Clara La Laguna .....	1
1.1.1. Antecedentes históricos.....	1
1.1.2. Ubicación y localización.....	2
1.1.3. Límites y colindancias.....	3
1.1.4. Extensión .....	4
1.1.5. Clima .....	4
1.1.6. Población .....	4
1.1.7. Aspectos económicos.....	5
1.1.7.1. Comercio formal .....	5
1.1.7.2. Comercio informal.....	5
1.1.8. Educación.....	5
1.1.8.1. Analfabetismo .....	6
1.1.9. Vías de acceso .....	6
1.1.10. Servicios públicos .....	7
1.1.10.1. Salud .....	7
1.1.10.2. Mercado.....	8
1.1.10.3. Alcantarillado .....	8

	1.1.10.4.	Electricidad.....	9
	1.1.10.5.	Agua.....	9
	1.1.11.	Costumbres.....	9
	1.1.12.	Turismo.....	9
1.2.		Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos, saneamiento e infraestructura del municipio de Santa Clara La Laguna, Sololá.....	10
	1.2.1.	Descripción de las necesidades.....	10
	1.2.2.	Análisis y priorización de las necesidades.....	12
2.		<b>SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....</b>	<b>13</b>
2.1.		Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para el sector Chichiyal, Santa Clara La Laguna, Sololá.....	13
	2.1.1.	Descripción del proyecto.....	13
	2.1.2.	Tipo de fuente.....	13
	2.1.3.	Aforo.....	14
	2.1.4.	Calidad del agua.....	14
		2.1.4.1. Examen bacteriológico.....	14
		2.1.4.2. Examen físico-químico.....	15
	2.1.5.	Evaluación de obras existentes.....	15
	2.1.6.	Levantamiento topográfico.....	18
		2.1.6.1. Altimetría.....	18
		2.1.6.2. Planimetría.....	19
	2.1.7.	Diseño hidráulico.....	19
		2.1.7.1. Normas de diseño.....	19
		2.1.7.2. Período de diseño.....	19
		2.1.7.3. Dotación.....	20
		2.1.7.4. Población futura.....	20
		2.1.7.5. Caudales de diseño.....	21

	2.1.7.5.1.	Caudal medio diario.....	21
	2.1.7.5.2.	Caudal máximo horario .....	22
	2.1.7.5.3.	Caudal máximo diario ...	23
	2.1.7.6.	Diseño del sistema de desinfección.....	23
	2.1.7.7.	Diseño de la red de distribución.....	25
	2.1.7.8.	Obras de arte.....	29
2.1.8.		Elaboración de planos .....	29
2.1.9.		Elaboración de presupuesto .....	29
2.1.10.		Cronograma de ejecución.....	31
2.1.11.		Propuesta de tarifa .....	32
2.2.		Diseño de la planta de tratamiento de residuos sólidos para la cabecera municipal de Santa Clara La Laguna, Sololá .....	32
2.2.1.		Descripción del proyecto .....	33
2.2.2.		Generalización de los desechos sólidos.....	33
	2.2.2.1.	Definición de los desechos sólidos .....	33
	2.2.2.2.	Tipos de desechos y fuentes de desechos sólidos municipales .....	34
	2.2.2.3.	Generación de los desechos sólidos ...	36
2.2.3.		Recomendaciones para el almacenamiento de los desechos sólidos en los hogares.....	36
	2.2.3.1.	Generalidades .....	36
	2.2.3.2.	Almacenamiento domiciliar .....	37
	2.2.3.3.	Almacenamiento en el comercio y mercado.....	37
	2.2.3.4.	Almacenamiento en centros de salud..	38
2.2.4.		Tren de aseo de los desechos sólidos.....	38
	2.2.4.1.	Generalidades .....	38
	2.2.4.2.	Aspectos de salud .....	40

2.2.5.	Disposición final de los desechos sólidos.....	41
2.2.5.1.	Generalidades .....	41
2.2.5.2.	Procedimiento aplicable a la basura.....	42
2.2.5.2.1.	Procesamiento mecánico.....	42
2.2.5.2.2.	Procesamiento térmico .....	42
2.2.5.2.3.	Procesamiento biológico .....	43
2.2.6.	Caracterización de los desechos sólidos.....	45
2.2.6.1.	Definición.....	45
2.2.6.2.	Toma de la muestra .....	45
2.2.6.3.	Método del cuarteo.....	46
2.2.6.4.	Producción per cápita de desechos sólidos .....	47
2.2.7.	Planta de tratamiento .....	49
2.2.7.1.	Generalidades de la planta.....	49
2.2.7.2.	Ubicación geográfica de la planta .....	49
2.2.7.3.	Distribución del área.....	51
2.2.7.4.	Aguas lixiviadas.....	52
2.2.7.5.	Diseño de la planta de tratamiento .....	52
2.2.7.5.1.	Diseño de pilas.....	53
2.2.7.5.2.	Diseño de la estructura para el techo .....	62
2.2.7.5.3.	Diseño de muros .....	78
2.2.8.	Planos .....	79
2.2.9.	Presupuesto .....	79
2.2.10.	Cronograma de ejecución .....	81

CONCLUSIONES .....	83
RECOMENDACIONES .....	85
BIBLIOGRAFÍA.....	87
APÉNDICES .....	91
ANEXOS .....	123





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación del municipio de Santa Clara La Laguna, Sololá .....	3
2.	Tanque de almacenamiento .....	16
3.	Tren de aseo en Santa Clara La Laguna .....	41
4.	Desechos sólidos en Santa Clara La Laguna .....	48
5.	Ubicación de planta de tratamiento de residuos sólidos .....	50
6.	Croquis de planta – costanera .....	63
7.	Relación longitud - pendiente .....	65
8.	Cargas en cada eje .....	67
9.	Croquis de planta – joist.....	70
10.	Esquema de sección longitudinal de joist.....	71
11.	Elevación – colocación de joist .....	73
12.	Relación de triángulos para cantidad de espacios de joist.....	73
13.	Joist a utilizar .....	78

### TABLAS

I.	Inscripción escolar ciclo 2018, municipio Santa Clara La Laguna.....	6
II.	Resumen de red de distribución.....	28
III.	Presupuesto de red de distribución .....	30
IV.	Cronograma de ejecución físico – red de distribución de agua potable .....	31
V.	Distribución de áreas en la planta de tratamiento .....	51

VI.	Cantidad de viajes semanal.....	53
VII.	Recolección estimada de desechos sólidos en Santa Clara La Laguna .....	55
VIII.	Producción de desechos sólidos según su composición física.....	56
IX.	Estimación de producción de abono orgánico en la planta.....	60
X.	Datos típicos sobre peso específico y humedad de los desechos sólidos.....	61
XI.	Estimación en porcentaje de materiales recuperados para reciclaje ....	61
XII.	Desechos sólidos que se tratarán dentro de la planta en 2040 .....	62
XIII.	Factores AISC 05 – primera iteración .....	75
XIV.	Factores AISC 05 – segunda iteración .....	76
XV.	Factores AISC 05 – para cordón transversal .....	77
XVI.	Presupuesto de planta de tratamiento de residuos sólidos.....	79
XVII.	Cronograma de ejecución físico – planta de tratamiento de residuos sólidos.....	81

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>C<sub>L</sub></b>	Cantidad de lombrices
<b>QMD</b>	Caudal máximo diario
<b>QMH</b>	Caudal máximo horario
<b>Q<sub>m</sub></b>	Caudal medio diario
<b>CM</b>	Carga muerta
<b>W</b>	Carga última
<b>CV</b>	Carga viva
<b>C</b>	Coefficiente de rugosidad
<b>CP</b>	Cota piezométrica
<b>Φ</b>	Diámetro en pulgadas
<b>Est</b>	Estación
<b>FDM</b>	Factor día máximo
<b>FHM</b>	Factor horario máximo
<b>INE</b>	Instituto Nacional de Estadística
<b>PSI</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>l</b>	Litros
<b>l/hab/día</b>	Litros por habitante al día
<b>l/s</b>	Litros por segundo
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>m.c.a.</b>	Metros columna de agua
<b>m/s</b>	Metros por segundo

<b>M<sub>D</sub></b>	Momento de diseño
<b>P<sub>a</sub></b>	Población actual
<b>P<sub>f</sub></b>	Población futura
<b>PVC</b>	Policloruro de vinilo
<b>PO</b>	Punto observado
<b>PPC</b>	Producción per cápita
<b>V<sub>d</sub></b>	Volumen diario

## GLOSARIO

<b>Aforo</b>	Medición del volumen de agua por unidad de tiempo.
<b>Agua potable</b>	Agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos.
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que mide la diferencia de nivel en un sitio.
<b>Análisis bacteriológico</b>	Prueba que determina la presencia de microorganismos como amebas, coliformes fecales y <i>escherichia coli</i> , presentes en una muestra de agua.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua que circula en un punto por unidad de tiempo.
<b>Compostaje</b>	Proceso en que se degrada la materia orgánica por medio de la acción microbiológica, bacteriana y condiciones controladas que producen el compost (mejorador de suelos).
<b>Cota piezométrica</b>	Nivel de la presión dinámica que se tiene en un punto dado.

<b>Desechos sólidos</b>	Son los generados por la actividad humana. Pueden ser orgánicos e inorgánicos y son considerados como inútiles e indeseados.
<b>Disposición final</b>	Proceso final de los desechos sólidos de forma controlada y ambientalmente correcta, de acuerdo a su naturaleza.
<b>Dotación</b>	Cantidad de agua estimada que consume un habitante durante un día, dependiendo de factores como el clima, ubicación y tipo de actividad que realiza.
<b>INFOM</b>	Instituto de Fomento Municipal.
<b>Lixiviado orgánico</b>	Líquido producido por la degradación de la materia orgánica que forma un fertilizante líquido, color negro-marrón.
<b>Planimetría</b>	Es la representación gráfica de una superficie sobre un plano horizontal, tomando el Norte para su orientación.
<b>Presión</b>	Carga o fuerza total que actúa sobre una superficie.
<b>Pérdida de carga</b>	Pérdida de presión debido a la fricción que existe entre el agua y las paredes de la tubería.
<b>UNEPAR</b>	Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales.

## RESUMEN

El presente documento muestra los principales problemas que se detectaron en el municipio de Santa Clara La Laguna. Uno de ellos es el sistema de abastecimiento del agua potable. A pesar de no ser un problema en toda la población, sí afecta a un elevado número de familias en la cabecera municipal. Otro problema es el manejo inadecuado de los residuos sólidos en todo el municipio.

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) se orientó a plantear soluciones a estas necesidades, a proponer los proyectos de diseño de la red de distribución de agua potable para el sector Chichiyal del casco urbano, y un sistema de recolección y tratamiento de residuos sólidos para todo el municipio.

En el proyecto del sistema de distribución de agua potable se diseñó la propuesta por ramales abiertos, con lo cual se espera abastecer a los habitantes del sector y evitar la proliferación de enfermedades gastrointestinales. El proyecto estará compuesto por una red de distribución, obras de arte y sistema de desinfección por cloración.

En el tema de saneamiento, se diseñó el sistema de recolección y la planta de tratamiento de desechos sólidos para todo el municipio. En ella se clasificarán y tratarán los desechos orgánicos a través del proceso de compostaje, y los inorgánicos, mediante la separación y empaquetado de acuerdo al material, para posteriormente ser trasladados a un centro de reciclaje. Estas acciones mejorarán la calidad de vida de los habitantes.





## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para el sector Chichiyal y la planta de tratamiento de residuos sólidos de Santa Clara La Laguna, Sololá.

### **Específicos**

1. Realizar una investigación monográfica y un diagnóstico de necesidades, servicios básicos e infraestructura del municipio de Santa Clara La Laguna, Sololá.
2. Analizar la ruta del tren de aseo actual, para mejorar su recorrido y cubrir al resto de la población.
3. Planificar, diseñar, presupuestar y realizar juego de planos para ambos proyectos.
4. Sensibilizar y capacitar a organizaciones como escuelas, COCODES y negocios, sobre la clasificación correcta de los desechos sólidos.
5. Capacitar a los miembros del COCODE del sector Chichiyal sobre aspectos de operación y mantenimiento del sistema de agua potable.



## INTRODUCCIÓN

El municipio de Santa Clara La Laguna, del departamento de Sololá, presenta los problemas más comunes de las áreas rurales del país: la falta de agua potable y el manejo inadecuado de los desechos sólidos, lo cual afecta directamente la salud y aumenta los índices de morbilidad de la población.

En el sector Chichiyal, ubicado en la cabecera del municipio, funciona una red de distribución de agua que ya no tiene capacidad de suministrar el vital líquido de manera adecuada, por lo que deja a los habitantes con dificultades para acceder al mismo y propensos a sufrir enfermedades gastrointestinales. Entre los afectados por la carencia de agua se encuentran los hogares, negocios y una escuela, lo que limita las condiciones de vida del lugar.

Los desechos sólidos representan un gran problema dentro del municipio, lo que se ve reflejado en la alta cantidad de basureros clandestinos y la presencia de moscas en hogares, comedores y calles. Estos son indicadores claros que existe contaminación en el ambiente, causado en gran parte por el manejo inadecuado de los desechos, la disposición final y la ruta del tren de aseo que no abarca todos los sectores del casco urbano y del municipio.

El presente trabajo contiene el diseño de una red de distribución de agua potable para el sector Chichiyal; el diseño de una planta de tratamiento de residuos sólidos y una propuesta de la ruta del tren de aseo que abarque a todo el municipio. También se adjuntan los planos y presupuesto para ambos proyectos.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del municipio de Santa Clara La Laguna**

El municipio de Santa Clara La Laguna forma parte del departamento de Sololá, ubicado en el occidente del país.

Su historia data de la época prehispánica hasta nuestros días, tiempo durante el cual ha sido notorio el crecimiento poblacional, superando ya los 13 000 habitantes.

### **1.1.1. Antecedentes históricos**

El territorio de Santa Clara La Laguna estaba habitado desde la época prehispánica por indígenas k'iche's, pero se desconoce el nombre antiguo. Según los habitantes del lugar, el nombre del pueblo viene de la tradición de los padres franciscanos. A raíz de la conquista, Santa Clara, Sololá y Atitlán fueron parte de la encomienda otorgada a Pedro de Alvarado. El pueblo fue fundado alrededor de 1581, ya que en una tasación (lista de tributarios) de ese año aparece Santa Clara como una estancia dependiente del pueblo de Techan Atitlán, hoy Sololá. En 1654, San Clara y Santa Catarina Ixtahuacán fueron dadas en encomienda al marcial de campo Antonio Echabarri. En 1707 fueron declarados como tributarios de la corona.

En 1768, Santa Clara La Laguna contaba con 645 habitantes y era un anexo de la Parroquia de San Pedro La Laguna, según el arzobispo Pedro Cortés y Laraz. En 1818 se creó la parroquia Santa Clara La Laguna, con Visitación y San

Pablo en calidad de anexos. Durante el periodo colonial, Santa Clara perteneció al corregimiento de Atitlán.<sup>1</sup>

### **1.1.2. Ubicación y localización**

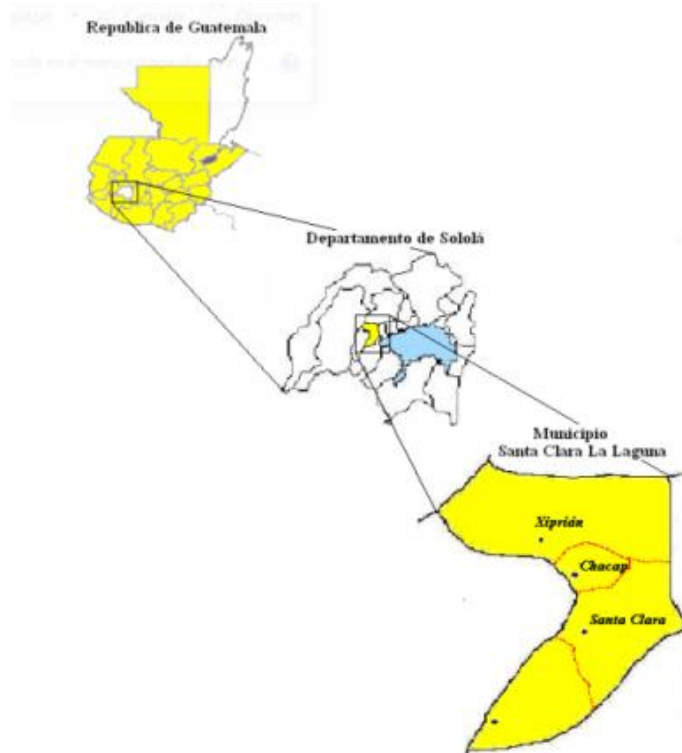
El municipio de Santa Clara La Laguna pertenece a uno de los 19 municipios del departamento de Sololá. Se encuentra a una altitud de 2 090 metros sobre el nivel del mar y, de acuerdo con la Ley Preliminar de Regionalización, decreto número 70-86, se encuentra situado en la región VI suroccidente, en la parte central del departamento de Sololá, específicamente en las siguientes coordenadas: latitud, 14°42'50"; altitud, 91°18'15".

La cabecera municipal dista 162 kilómetros de la Ciudad Capital y 41 de la cabecera departamental; el desvío se encuentra en el km 148 de la carretera interamericana (CA-1).

---

<sup>1</sup> GARCÍA, Ángel. *Diagnóstico socioeconómico, potenciales productivas y propuestas de inversión. Costos y rentabilidad de unidades agrícolas (producción de café)*. p.2.

Figura 1. **Ubicación del municipio de Santa Clara La Laguna, Sololá**



Fuente: GARCÍA RAMÍREZ, Ángel Gabriel. *Diagnóstico socioeconómico, potenciales productivos y propuestas de inversión. Costos y rentabilidad de unidades agrícolas (producción de café)*. p.4.

### 1.1.3. Límites y colindancias

Las colindancias del municipio son las siguientes, todas pertenecientes al departamento de Sololá:

- Al norte con Santa Lucía Utatlán
- Al este con San Pablo La Laguna
- Al sur con San Juan La Laguna
- Al oeste con Santa Catarina Ixtahuacán y Santa María Visitación.

#### **1.1.4. Extensión**

Santa Clara La Laguna cuenta con una extensión territorial de 12 km<sup>2</sup>, equivalente al 1,13 % del territorio total del departamento de Sololá.

#### **1.1.5. Clima**

El clima del municipio es catalogado como templado a frío durante el año, con temperaturas promedio anuales que oscilan entre 8 a 24 grados centígrados. En el período de noviembre a febrero se torna frío y disminuyen rara vez hasta los 6 °C. Mantiene una precipitación entre 1 000 y 2 000 milímetros al año; la época lluviosa inicia a mediados del mes de mayo para concluir a finales de octubre. La evaporación es de 0,01 mm. La humedad relativa es variable a lo largo del año y depende de la época; en promedio es de 0,45 %. El punto de rocío es -44,6 °C, mientras que la radiación global es de W/m<sup>2</sup>. En la época seca alcanza valores bajos hasta un 50 %, mientras que en la época lluviosa llega hasta un 88 %; anualmente, el promedio es de 77 %, según datos obtenidos en la estación meteorológica más cercana ubicada en Santiago Atitlán.

#### **1.1.6. Población**

El municipio cuenta con una población de 13 500 habitantes, de los cuales 4 675 son hombres, 4 775 mujeres y 4 050 niños, según los registros de la municipalidad.

La población que vive en el centro urbano del municipio es aproximadamente 53 %, y en el área rural, el 47 % restante.



### **1.1.7. Aspectos económicos**

Dentro de los aspectos relacionados con los ingresos económicos, un alto índice de la población se dedica a los trabajos de agricultura, artesanía, comercio, docencia, turismo y trabajos como jornaleros, entre otros.

#### **1.1.7.1. Comercio formal**

Para el año 2016, el municipio contaba con 117 ventas formales de los que estaban declarados o contaban con un punto específico de ventas. Es hasta ese año la última información actualizada.<sup>2</sup>

#### **1.1.7.2. Comercio informal**

En 2016 había aproximadamente 66 ventas informales, las cuales no contaban con un local o un lugar de venta específico. Esta cifra ha aumentado día con día, pero no hay un promedio aproximado. La mayoría de estos puntos han sido instalados en la plaza del municipio, por lo que las autoridades municipales no han podido establecerle un lugar específico para cada punto informal.<sup>3</sup>

### **1.1.8. Educación**

El municipio cuenta con 12 centros educativos que imparten los niveles preprimario y primario; 4 que imparten nivel básico y 2 que cuentan con el nivel

---

<sup>2</sup> Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Santa Clara La Laguna. *Plan de Desarrollo Municipal Santa Clara La Laguna, Sololá 2017-2032*. p.14.

<sup>3</sup> Ibid.

diversificado. Para el año 2018 se tiene una cifra de 2 146 alumnos inscritos en los diferentes niveles de cada centro educativo.<sup>4</sup>

Tabla I. **Inscripción escolar ciclo 2018, municipio Santa Clara La Laguna**

Nivel	Alumnos
Pre-primario	219
Primario	1 277
Secundario	406
Diversificado	244
Total	2 146

Fuente: Dirección Municipal de Planificación, Municipalidad de Santa Clara La Laguna.

#### **1.1.8.1. Analfabetismo**

La Coordinación Técnica Administrativa del distrito educativo 07-07-01 de Santa Clara La Laguna establece que el porcentaje de analfabetismo en el municipio, para el año 2002, es de 39 %. Equivale a 1 441 personas, donde el 70 % del total es femenino e indígena. La tasa general del municipio (36 %) es mayor a la nacional; sin embargo, para el año 2006, según datos proporcionados por el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF, por sus siglas en inglés) el porcentaje de analfabetismo decreció en 14 %.

#### **1.1.9. Vías de acceso**

La vía de acceso al municipio de Santa Clara La Laguna es por carretera asfaltada. Se encuentra en buen estado y circulan vehículos livianos y

---

<sup>4</sup> Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Santa Clara La Laguna. *Plan de Desarrollo Municipal Santa Clara La Laguna, Sololá 2017-2032*. p.12.

extraurbanos, pero carece de señalización y las curvas son muy cerradas. El acceso se localiza en el km 148 de la Carretera Interamericana, CA-1. A partir de ese punto se recorren 14 km adicionales sobre la ruta departamental cuatro (RD-4), para llegar al municipio. El acceso es a través de transportes extraurbano y microbuses.

Se encuentra a 41 km de la cabecera departamental, de los cuales en el año 1997 había 27 km asfaltados y 14 km de terracería los cuales para el año 2006 fueron concluidos para tener una carretera completamente asfaltada para el ingreso al municipio. Las calles de la cabecera municipal y aldea Paquip están construidas en un 95 % de pavimento de adoquín. En los centros poblados de caserío Chacap y cantón Xiprian, la carretera es de terracería. El cantón Xiprian y la aldea Paquip se encuentran a una distancia de 1,5 km y 3 km respectivamente de la cabecera municipal.

#### **1.1.10. Servicios públicos**

Los servicios públicos de mayor importancia presentes en el municipio, son los siguientes.

##### **1.1.10.1. Salud**

En la actualidad, el municipio de Santa Clara La Laguna cuenta con un Centro de Atención Permanente que se localiza en la cabecera municipal. Tiene cobertura para las comunidades de Xiprián, Chacap, Chihiyal, Pabeya, Paquip y Santa Clara.

Debido al acceso limitado a centros de atención para la salud, la organización independiente sin fines de lucro Vivamos Mejor, que brinda sus

servicios como parte de las organizaciones no gubernamentales, colabora en la mejora del municipio. Se enfoca en los servicios de salud, apoya a la población con insumos, jornadas médicas y charlas educativas dirigidas especialmente a mujeres.<sup>5</sup>

#### **1.1.10.2. Mercado**

Santa Clara La Laguna cuenta con una sola edificación dedicada al funcionamiento del mercado. Se ubica en el segundo nivel del centro comercial municipal que permanece activo a diario. Todos los martes y sábados son dedicados a días de plaza, por lo que se colocan ventas informales en la plaza central y calles aledañas al sector.

#### **1.1.10.3. Alcantarillado**

En el sector de la cabecera municipal, el servicio de alcantarillado sanitario abarca un 95 % de las viviendas. Para el caserío Chacap funciona un sistema de alcantarillado sanitario con una planta de tratamiento de aguas residuales que fue mejorada después de sufrir daños por la tormenta Stan.

El sistema de alcantarillado vierte sus aguas residuales hacia el río Yatzá, las cuales no reciben ninguna clase de tratamiento.

Para el cantón Xiprián y la aldea Paquip, el medio de saneamiento de desechos humanos es por medio del uso de letrinas, ya que estos poblados no cuentan con un sistema de alcantarillado.

---

<sup>5</sup> Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Santa Clara La Laguna. *Plan de Desarrollo Municipal Santa Clara La Laguna, Sololá 2017-2032*. p.13.

#### **1.1.10.4. Electricidad**

La cobertura del servicio abarca un 90 % de los hogares en todo el municipio. El servicio de alumbrado público se da en el casco urbano y en el área central de los sectores más poblados. El servicio es proporcionado por la Distribuidora de Electricidad de Occidente, S.A., DEOCSA.<sup>6</sup>

#### **1.1.10.5. Agua**

El servicio de agua en Santa Clara La Laguna es prestado en el área urbana y rural. Aunque cubre un 96 % del municipio, no cuenta con un sistema de cloración y por esto el servicio no es clasificado como agua potable; únicamente se cataloga como agua entubada que es extraída de las zonas montañosas donde existen los nacimientos naturales, como Taclol, Papenab, Pasajquim, Sabaltunay y Xiquinjuyup.<sup>7</sup>

#### **1.1.11. Costumbres**

La feria titular se celebra del 9 al 13 de agosto. El día principal es el 12, cuando la Iglesia católica conmemora a la Virgen de Santa Clara de Asís, patrona del pueblo.

#### **1.1.12. Turismo**

El principal atractivo turístico es el parque regional municipal Chuiraxamoló. El sitio abarca 232 Ha de bosque natural y pertenece en su totalidad a la

---

<sup>6</sup> GARCÍA, Ángel. *Diagnóstico socioeconómico, potenciales productivos y propuestas de inversión. Costos y rentabilidad de unidades agrícolas (producción de café)*. p.41.

<sup>7</sup> Ibid. p.40.

Municipalidad. Está destinado a promover la conservación de flora, fauna, agua y suelo, principalmente. También incorpora componentes de educación ambiental y ecoturismo, tomando en cuenta los valores culturales y espirituales del cerro Chuiraxamoló para la población de los alrededores.

Dentro del PRM Chuiraxamoló se pretende desarrollar atractivos ecoturísticos que apoyen la economía local y representen una alternativa de manejo para el parque. La zona de uso público (ZUP) comprende un área de 48,76 Ha.

## **1.2. Diagnóstico de las necesidades de servicios básicos, saneamiento e infraestructura del municipio de Santa Clara La Laguna, Sololá**

Para la determinación de los principales problemas que tiene el municipio, fue necesario realizar una investigación en la que se incluyeron diferentes sectores e instituciones, entre ellos la Municipalidad, dando como resultado lo que se presenta a continuación.

### **1.2.1. Descripción**

A lo largo del municipio se presentan diferentes necesidades y problemáticas que deben resolverse de forma conjunta entre municipalidad, COCODES e instituciones involucradas en el beneficio de la población. Entre las principales se encuentran las siguientes:

El manejo inadecuado de residuos sólidos es un problema que afecta a todo el municipio, debido a que solo el 50 % de la población recibe el servicio del tren de aseo. La disposición final de los desechos resulta en una elevada alteración de los diferentes sistemas ambientales, puesto que todo es depositado en un

tiradero municipal, sin recibir ninguna clase de tratamiento o clasificación. Sumado a lo anterior, se han detectado 20 basureros clandestinos dispersos en todo el municipio, ya que buena parte de los vecinos que no reciben el servicio, se desentienden de sus desechos en estos puntos o los queman, como ya es común de una mala práctica en toda Guatemala.

Existe un sistema obsoleto de red de agua potable, problema que solo afecta a un sector de la población, pero es una alerta que se debe tomar en cuenta, ya que podría replicarse en otros sectores a corto plazo. En el sector Chichiyal, la red de distribución que tiene 25 años de funcionamiento y ha presentado deficiencias en el servicio. Por tanto, la capacidad de abastecer a todos los hogares es limitada, sobre todo en las horas de mayor demanda. Ante esto, los pobladores hacen uso de fuentes inadecuadas para cubrir sus necesidades, lo cual impacta en la salud.

El manejo inadecuado de las aguas residuales es otro gran problema que afecta al medio ambiente, a pesar de que la mayoría de los sectores del casco urbano cuenta con alcantarillado sanitario. El problema radica en la disposición final, ya que no recibe ninguna clase de tratamiento y desemboca aguas abajo del río Yatzá. La administración municipal ha hecho esfuerzos para los estudios y planificación necesaria para la construcción de una planta de tratamiento, pero aún está pendiente la asignación de fondos para la ejecución del proyecto.

La mayoría de las vías del municipio están construidas con adoquín y requieren de un mantenimiento periódico. Existen algunas calles y callejones que aún no cuentan con calles pavimentadas y se vuelven difíciles de transitar, principalmente en época lluviosa.

### **1.2.2. Análisis y priorización de las necesidades**

De acuerdo con las necesidades primordiales detectadas en el municipio por las mismas comunidades y al criterio de los COCODES y autoridades municipales, se priorizó de la siguiente forma:

- Manejo inadecuado de residuos sólidos
- Sistema obsoleto de red de agua potable
- Manejo inadecuado de aguas residuales
- Mantenimiento y construcción de calles



## **2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para el sector Chichiyal, Santa Clara La Laguna, Sololá**

Para el diseño de la red de distribución de agua potable fue necesario establecer los parámetros en función de la población a beneficiar. También se evaluó la capacidad de las obras existentes, con el fin de determinar si cumplen con lo requerido para un buen funcionamiento del sistema.

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

El proyecto por diseñar tiene el objetivo de beneficiar a 246 familias, para un total aproximado de 1 476 habitantes. Será diseñado un sistema de agua potable por gravedad para el sector Chichiyal, ubicado en el centro urbano del municipio.

La propuesta incluye el retiro de la red de distribución existente, la cual finalizó su período de diseño y la introducción de 4 kilómetros de red de distribución, con el fin de abastecer de una mejor manera la demanda actual de la población, sobre todo en las horas de mayor consumo.

#### **2.1.2. Tipo de fuente**

La fuente de abastecimiento es un río, el cual se encuentra ubicado aproximadamente a 8,8 kilómetros del tanque de distribución, de 150 m<sup>3</sup>.

Para captar el agua de dicha fuente superficial, se tiene una captación consistente en una obra construida de concreto, con los elementos suficientes para el buen funcionamiento del mismo.

### **2.1.3. Aforo**

El aforo se realiza con el objetivo de conocer si la fuente es capaz de abastecer la demanda de la población durante el período de diseño. Para ello se puede emplear el método de aforo volumétrico, que consiste en llenar una cubeta de 5 galones y tomar el tiempo de llenado. Con este procedimiento se obtiene el caudal de la fuente en estudio, medido en litros/segundo. Este procedimiento se realiza generalmente tres veces y se promedia los tiempos para obtener un resultado de mayor confiabilidad.

Para este caso se determinó mediante el aforo, que el caudal es de 10 l/s, en época de estiaje.

### **2.1.4. Calidad del agua**

De acuerdo con las características de calidad especificadas en la norma COGUANOR 29 001, agua potable es aquella apta para consumo humano, sanitariamente segura y agradable a los sentidos. Esta norma define los límites admisibles y permisibles de calidad física, química y bacteriológica del agua.

#### **2.1.4.1. Examen bacteriológico**

Esta prueba se realiza con el fin de determinar el nivel de contaminación bacteriana y con materia fecal que puede estar presente en una muestra. Es fundamental realizar este examen debido a que los gérmenes patógenos pueden

transmitir enfermedades gastrointestinales, por lo que el agua debe estar exenta de ellos.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis bacteriológico, se observó que la muestra no cumple a cabalidad con los parámetros establecidos en la norma COGUANOR NGO 29 001, ver anexo 1.

Por tanto, se recomienda incorporar un sistema de desinfección, en el cual se propone un sistema a base de pastillas de hipoclorito de calcio (ver inciso 2.1.7.6).

#### **2.1.4.2. Examen físico-químico**

El análisis físico es el que determina características como aspecto, color, olor, sabor, pH, turbiedad, conductividad, los cuales dan un aporte acerca de la calidad del agua. Por otra parte, los análisis químicos miden la cantidad de minerales y materia orgánica que afectan su calidad; entre ellos, están el aluminio, calcio, cobre, magnesio, cloro residual, sulfatos, hierro, dureza total.

El resultado del análisis físico-químico determinó que el agua cumple con los límites establecidos en la norma NGO COGUANOR 29 001, puesto que los valores de las concentraciones permanecen en los rangos permisibles.

#### **2.1.5. Evaluación de obras existentes**

El sistema de agua potable cuenta con la obra de captación en el río Yatzá. La línea de conducción fue construida en 2017 y funciona adecuadamente. Tiene una longitud de casi 8,8 kilómetros, con diámetro de 4", suficiente para transportar el volumen de demanda de 4,72 l/s que establece el caudal máximo diario (ver

inciso 2.1.7.5.3.). Además, la línea cuenta con válvulas de limpieza en los puntos más bajos, válvulas de aire en los más altos y pasos de zanjón donde lo requiere.

El tanque de almacenamiento o de distribución fue también construido en el año 2017; sin embargo, aún no se encuentra en funcionamiento, ya que la línea de conducción sigue conectada al antiguo tanque, ubicado a un costado de la nueva obra. El tanque construido tiene una capacidad de 150 m<sup>3</sup>, está fabricado de mampostería y la losa de cubierta, de concreto armado.

Figura 2. **Tanque de almacenamiento**



Fuente: elaboración propia.

- Evaluación de tanque de almacenamiento

Esta obra tiene el propósito de cubrir la demanda de agua de la población en horas de mayor consumo. La capacidad del tanque debe diseñarse en función de la cantidad de agua que se consume diariamente.

De acuerdo con lo que establece las normas del INFOM-UNEPAR para sistemas diseñados por gravedad, el volumen del tanque debe estar comprendido entre un 25 a 40 % del caudal medio diario.

Como se mencionó, el tanque de almacenamiento existente es de 150 m<sup>3</sup> y para comprobar que el volumen sea el correcto para el sistema, se procede a lo siguiente:

$$V_T = Factor \times Q_m \times 86\,400$$

Donde:

$V_T$  = volumen del tanque

Factor = 40 %

$Q_m$  = caudal medio diario = 3,93 l/s (ver inciso 2.1.7.5.1.)

86 400 = segundos en un día

$$V_T = 0,4 \times 3,93 \frac{l}{s} \times 86\,400 = 135\,821\,l \cong 136\,m^3$$

Según el resultado obtenido, se comprobó que el tanque existente tiene la capacidad de abastecer al sistema de distribución.

En cuanto a la red de distribución en funcionamiento, fue construida hace 25 años, por lo que ya cumplió con su período de diseño y no es capaz de prestar el servicio óptimo a la población: al 40 % de las viviendas del sector Chichiyal no llega el agua, principalmente en horas del día.

### **2.1.6. Levantamiento topográfico**

La topografía es un elemento clave para el diseño de un sistema de agua potable, ya que se obtiene la posición y elevación de puntos que permiten ser analizados en planta y perfil. En cuanto a las características del terreno, hay zanjones, quebradas, puntos más altos y bajos, entre otros. Todos estos influirán en el diseño y, sobre todo, en las obras necesarias para hacer funcional el proyecto.

Para el levantamiento de la red de distribución se utilizó el siguiente equipo:

- Un teodolito marca Wild
- 1 estadal
- 1 cinta métrica de 50 m
- Plomada y pintura

#### **2.1.6.1. Altimetría**

La altimetría tiene como objetivo determinar las diferencias de nivel entre un punto y otro a lo largo del terreno en estudio. Para este trabajo se aplicó el método taquímetro, el cual consiste en tomar los valores de los hilos (superior, medio e inferior) y del ángulo vertical, para posteriormente transformarlos mediante cálculos matemáticos en la diferencia de nivel entre cada punto.

### **2.1.6.2. Planimetría**

La planimetría se define como la medición y proyección de un terreno sobre un plano horizontal imaginario. Esta representación incluye las distancias horizontales y coordenadas en las que se ubica un punto en específico.

Se trabaja mediante ángulos y distancias que parten de alguna referencia. Generalmente se orienta mediante un norte arbitrario o norte magnético. Para el levantamiento se utilizó el método de conservación del azimut con poligonal abierta. Los resultados se presentan en los planos del apéndice 1.

### **2.1.7. Diseño hidráulico**

Con el propósito de garantizar que el sistema preste el servicio de forma eficiente durante el período de diseño, se debe determinar la tubería, los diámetros, obras complementarias y de arte, con base a las características de los habitantes del sector Chichiyal.

#### **2.1.7.1. Normas de diseño**

El diseño se basó en las indicaciones y parámetros que se establecen en la Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano del INFOM - UNEPAR y el MSPAS, con el fin de aplicar los criterios adecuados al proyecto.

#### **2.1.7.2. Período de diseño**

Este representa el tiempo durante el cual el sistema brindará el servicio de forma satisfactoria, para atender la demanda de forma eficiente. Para que el

sistema funcione como se tiene previsto, es necesario que los materiales con los que se construye cumplan con las normas establecidas de acuerdo con su naturaleza y que la mano de obra sea la calificada para realizar los trabajos.

Para el proyecto en análisis se contempló un período de diseño total de 22 años, dos de ellos para trámites administrativos que incluyen la planificación y el financiamiento para la posterior ejecución.

#### **2.1.7.3. Dotación**

La dotación se refiere a la cantidad de agua asignada a cada habitante en una comunidad; es expresada generalmente en litros/habitante/día. La selección de la dotación está influenciada directamente por las costumbres de la población, el clima, la cantidad de agua disponible, las actividades económicas, la agricultura, entre otros. Considerando los factores mencionados, se estableció para el diseño una dotación de 120 l/hab/día, según recomendaciones del INFOM-UNEPAR.

#### **2.1.7.4. Población futura**

La población futura es la cantidad de habitantes que se estima que existan al final del período de diseño. Es la base para diseñar el sistema de agua. Para calcular este dato existen varios métodos, pero el recomendable, por ser el más aproximado, es el método geométrico. Este consiste en el cálculo con base en la población actual, la tasa de crecimiento poblacional del lugar y la cantidad de años que requiera proyectarse. En este caso es el período de diseño.



La tasa de crecimiento poblacional para el municipio de Santa Clara La Laguna es de 3 %, según el Instituto Nacional de Estadística (INE). Se calculó de la siguiente manera:

$$P_f = P_a \times (1 + r)^n$$

Donde:

$P_f$  = población futura

$P_a$  = población actual = 1 476 habitantes

$r$  = tasa de crecimiento = 3 %

$n$  = período de diseño = 22 años

Sustituyendo datos se obtiene:

$$P_f = 1\,476 \times (1 + 0,03)^{22}$$

$$P_f = 2\,829 \text{ personas}$$

#### **2.1.7.5. Caudales de diseño**

Son los caudales que se utilizarán para el diseño de cada componente del sistema de agua potable (línea de conducción, tanque de almacenamiento, red de distribución). Se presentan a continuación.

##### **2.1.7.5.1. Caudal medio diario**

Se define como la cantidad de agua necesaria para satisfacer el consumo de una población durante un día. Se calcula con base en la dotación y el número de habitantes al final del período de diseño. Se emplea la siguiente ecuación:

$$Q_m = \frac{\text{Dotación} \times \text{población futura}}{86\ 400}$$

$$Q_m = \frac{120\ \text{l/hab/día} \times 2\ 829\ \text{hab}}{86\ 400\ \text{seg/día}}$$

$$Q_m = 3,93\ \text{l/s}$$

#### **2.1.7.5.2. Caudal máximo horario**

Conocido también como caudal de distribución, se utiliza para diseñar la línea de distribución. Se define como el consumo máximo en una hora del día, observado durante un año. Para este posible aumento en el caudal se considera un factor que va de 2,0 a 3,0 según las normas de INFOM-UNEPAR. El factor empleado para el diseño de este proyecto es de 2, con el objetivo de cubrir la demanda de agua en horas pico.

$$QMH = FHM \times Q_m$$

Donde:

QMH = caudal máximo horario

FHM = factor horario máximo = 2,0

Q<sub>m</sub> = caudal medio diario = 3,93 l/s

$$QMD = 2,0 \times 3,93\ \text{l/s}$$

$$QMD = 7,86\ \text{l/s}$$

### **2.1.7.5.3. Caudal máximo diario**

Es también conocido como caudal de conducción, por ser el que se utiliza para diseñar la línea de conducción. Se define como el consumo máximo durante 24 horas observado en el período de un año. Para este posible aumento en el caudal, se considera un factor que va de 20 % a 50 %, dependiendo de la población futura. Con base en las normas de INFOM-UNEPAR se empleará un factor de 1,2, el cual es el indicado para áreas rurales en donde la población futura es mayor a 1 000 habitantes.

$$QMD = FDM \times Q_m$$

Donde:

QMD = caudal máximo diario

FDM = factor día máximo = 1,2

Q<sub>m</sub> = caudal medio diario = 3,93 l/s

$$QMD = 1,2 \times 3,93 \text{ l/s}$$

$$QMD = 4,72 \text{ l/s}$$

### **2.1.7.6. Diseño del sistema de desinfección**

El agua que abastecerá a los usuarios debe ser libre de agentes y patógenos, por lo que es necesario incorporar un sistema de desinfección que asegure la buena calidad del agua. Para ello se empleará el cloro, que es el elemento de desinfección químico más utilizado en nuestro medio.

Para este proyecto se requerirá de un hipoclorador que empleará la sustancia química denominada “hipoclorito de calcio” al 65 %, mediante tabletas que se disuelven en el agua al momento de entrar al hipoclorador. Estas tienen una presentación de 300 gramos.

La cantidad de litros por tratar mediante el sistema estará en función del caudal de conducción durante un día, el cual asciende a 407 808,00 l/día. Para determinar la cantidad de tabletas a utilizar durante un mes, se hará mediante la siguiente ecuación:

$$G = \frac{C \times M \times D}{\%CL}$$

Donde:

G= gramos de hipoclorito de calcio

C = miligramos por litro

M = litros de agua por día

D = número de días

% CL = concentración de cloro

La cantidad de hipoclorito de calcio está en un rango de 0,07 % a 0,15 %, dependiendo de la cantidad de agua por tratar. Para este caso, se utilizó un 0,11 %, por lo que, para un mes, se obtiene lo siguiente:

$$G = \frac{0,0011 \times 407\,808,00 \times 30}{0,65}$$

$$G = 20\,704,10 \text{ gramos}$$

Para obtener la cantidad de tabletas:

$$\frac{20\,704,10 \text{ gramos/mes}}{300 \text{ gramos/tabletas}}$$

$$69 \text{ tabletas/mes}$$

### 2.1.7.7. Diseño de la red de distribución

Son líneas de tubería unidas con la función de transportar el agua desde el tanque de almacenamiento hacia los puntos de consumo por los usuarios.

Para este proyecto, por la condición favorable de la topografía, se diseñó la red por gravedad y por medio de ramales abiertos; esto último, por las calles del sector Chichiyal, que carecen de una urbanización definida.

Para el cálculo se utilizó el caudal de horario máximo y la ecuación de Hazen & Williams, para obtener lo siguiente:

$$h_f = \frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times \emptyset^{4,87}}$$

Donde:

$h_f$  = pérdida de carga (m)

$L$  = longitud (m)

$Q$  = caudal (l/s)

$C$  = coeficiente de rugosidad (150 para PVC)

$\emptyset$  = diámetro interno de tubería (pulg)

De la anterior ecuación, al despejar el diámetro “Ø” se obtiene lo siguiente:

$$\phi = \left( \frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times h_f} \right)^{1/4,87}$$

- Ejemplo de diseño para el tramo de E-1 a E-15:

Longitud horizontal = 553,02 m, se aplica en la ecuación un factor de 10 %, para contemplar la pendiente del terreno.

Cota E-1 = 167,20 m

Cota E-15 = 118,52 m

Q = 7,86 l/s

Tubería de PVC de 160 psi

C = 150

- Cálculo diámetro teórico:

$$\phi = \left[ \frac{1\,743,811 \times (553,02 \times 1,10) \times 7,86^{1,85}}{150^{1,85} \times 48,68} \right]^{1/4,87} = 2,54 \text{ pulg}$$

Se asumió un diámetro comercial de 3”, con diámetro interno de 3,23”.

- Cálculo de pérdida real:

$$h_f = \frac{1\,743,811 \times (553,02 \times 1,10) \times 7,86^{1,85}}{150^{1,85} \times 3,23^{4,87}} = 15,01 \text{ m}$$

- Cálculo de velocidad:

$$V = \frac{1,974 \times Q}{\phi^2} = \frac{1,974 \times 7,86}{3,23^2} = 1,49 \text{ m/s}$$

De lo anterior se tiene que  $0,40 \text{ m/s} < 1,49 \text{ m/s} < 3,00 \text{ m/s}$ , por lo que la velocidad en el tramo analizado cumple con el parámetro establecido con base en el diámetro seleccionado. Además, la pérdida es aceptable por la disponibilidad de carga en el tramo.

- Cálculo de cota piezométrica:

$$CP = C_o - h_f$$

Donde:

CP = Cota piezométrica (m)

C<sub>o</sub> = Cota inicial (m)

h<sub>f</sub> = Pérdida de carga (m)

De la ecuación anterior se obtiene lo siguiente:

$$CP = 167,20 \text{ m} - 15,01 \text{ m} = 152,19 \text{ m}$$

De esta manera se realizó el cálculo para toda la red de distribución, el cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla II. Resumen de red de distribución

Est	P.O.	Longitud m	Cota de terreno		Caudal l/s	hf disp m	hf real m	Ø int. pulg	Ø com. pulg	C.P. m	Presión (m.c.a.)
			inicial	final							
E-1	E-15	553,02	167,20	118,52	7,858	48,68	15,01	3,23	3	152,19	33,67
E-15	E-17	223,05	118,52	109,60	3,608	8,92	3,73	2,66	2 1/2	148,46	38,86
E-17	E-18	11,22	109,60	109,31	2,364	0,29	0,22	2,193	2	148,24	38,93
E-18	E-24	187,90	109,31	101,66	1,533	7,65	4,85	1,754	1 1/2	143,39	41,73
E-24	E-25	107,27	101,66	98,46	0,575	3,20	2,93	1,195	1	140,46	42,00
E-17	E-46	177,84	109,60	106,58	0,606	3,02	5,34	1,195	1	143,12	36,54
E-46	E-49	47,77	106,58	104,82	0,158	1,76	0,41	0,926	3/4	142,71	37,89
E-46	E-54	153,27	106,58	111,47	0,161	31,65	1,37	0,926	3/4	141,75	30,28
E-49	E-34	48,75	104,82	103,24	0,064	1,58	0,08	0,926	3/4	142,63	39,39
E-49	E-52	100,43	104,82	109,10	0,094	33,61	0,33	0,926	3/4	142,38	33,28
E-18	E-57	97,98	109,31	108,57	0,831	0,74	0,81	1,754	1 1/2	147,43	38,86
E-57	E-60	93,34	108,57	107,82	0,256	0,75	0,57	1,195	1	146,86	39,04
E-57	E-64	130,57	108,57	103,50	0,128	5,07	0,77	0,926	3/4	146,66	43,16
E-57	E-38	78,04	108,57	105,15	0,222	3,42	1,27	0,926	3/4	146,16	41,01
E-24	E-40	155,81	101,66	103,10	0,192	40,29	1,93	0,926	3/4	141,46	38,36
E-15	E-29	315,29	118,52	117,50	4,247	1,02	2,74	3,23	3	149,45	31,95
E-29	E-32	199,17	117,50	106,94	3,833	10,56	3,72	2,655	2 1/2	145,73	38,79
E-32	E-33	68,58	106,94	103,62	3,097	3,32	2,19	2,193	2	143,54	39,92
E-33	E-36	153,70	103,62	106,22	2,586	37,32	10,44	1,754	1 1/2	133,10	26,88
E-36	E-41	255,03	106,22	100,90	2,139	5,32	12,19	1,754	1 1/2	120,91	20,01
E-41	E-42	27,51	100,90	100,00	0,094	0,90	0,09	0,926	3/4	120,82	20,82
E-32	E-67	281,39	106,94	114,90	0,383	30,83	3,62	1,195	1	142,11	27,21
E-33	E-69	122,76	103,62	101,26	0,222	2,36	1,99	0,926	1 1/2	141,55	40,29
E-36	E-72	86,42	106,22	103,80	0,128	2,42	0,51	0,926	3/4	132,59	28,79
E-41	E-74	43,34	100,90	97,95	1,214	2,95	0,73	1,754	1 1/2	120,18	22,23
E-74	E-76	99,78	97,95	87,75	0,35	10,20	3,76	0,926	3/4	116,42	28,67
E-74	E-81	188,02	97,95	91,37	0,861	6,58	1,67	1,754	1 1/2	118,51	27,14

Fuente: elaboración propia.



#### **2.1.7.8. Obras de arte**

Conocidos también como obras hidráulicas, son elementos complementarios que contribuyen a que el sistema preste un buen servicio a los usuarios. Entre los utilizados en el diseño de la red de distribución están la válvula de compuerta de 3" y 2 ½" de diámetro, cajas para válvulas y conexiones prediales. El detalle de estos se encuentra en el apéndice 1.

#### **2.1.8. Elaboración de planos**

Los planos del proyecto delimitan el diseño propuesto en respuesta a las evaluaciones realizadas previamente y se presentan en el apéndice 1. El conjunto de planos constructivos está formado por la planta general del proyecto, densidad de vivienda, ramal No. 1, ramal No. 2, subramal No. 1, subramal No. 2 y detalle de cajas y conexiones prediales.

#### **2.1.9. Elaboración de presupuesto**

El presupuesto del sistema de distribución de agua potable se elaboró a base de precios unitarios para los distintos renglones de trabajo que lo conforman. Se tomó como referencia los precios de materiales y mano de obra cotizados en el lugar y sectores aledaños a Santa Clara La Laguna, con un factor de 32 % de indirectos.

Tabla III. Presupuesto de red de distribución

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Topografía	4,01	km	Q1 305,60	Q 5 235,46
2	Retiro y reposición de adoquín	1 917,06	m2	Q 158,72	Q 304 275,76
3	Excavación de zanja	2 885,23	m3	Q 64,16	Q 185 116,36
4	Relleno	1 915,36	m3	Q 62,27	Q 119 269,47
5	Red de distribución				
5.1	Instalación de tubería PVC Ø 3" de 160 psi (colocación, accesorios y prueba de agua)	868,31	ml	Q 88,28	Q 76 654,41
5.2	Instalación de tubería PVC Ø 2 1/2" de 160 psi (colocación, accesorios y prueba de agua)	422,22	ml	Q 60,98	Q 25 746,98
5.3	Instalación de tubería PVC Ø 2" de 160 psi (colocación, accesorios y prueba de agua)	79,80	ml	Q 47,60	Q 3 798,48
5.4	Instalación de tubería PVC Ø 1 1/2" de 160 psi (colocación, accesorios y prueba de agua)	925,97	ml	Q 28,89	Q 26 751,27
5.5	Instalación de tubería PVC Ø 1" de 160 psi (colocación, accesorios y prueba de agua)	659,84	ml	Q 17,53	Q 11 567,00
5.6	Instalación de tubería PVC Ø 3/4" de 250 psi (colocación, accesorios y prueba de agua)	1 051,02	ml	Q 14,48	Q 15 218,77
6	Caja para válvulas de 0,50 m x 0,50 m	2,00	Caja	Q 871,67	Q 1 743,34
7	Válvula de compuerta de Ø 3"	1,00	Unidad	Q1 613,25	Q 1 613,25
8	Válvula de compuerta de Ø 2 1/2"	1,00	Unidad	Q1 207,76	Q 1 207,76
9	Conexión predial	246,00	Unidad	Q536,79	Q 132 050,34
10	Hipoclorador de 69 pastillas	1,00	Global	Q8 499,29	Q 8 499,29
<b>TOTAL</b>					<b>Q 918 747,94</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.10. Cronograma de ejecución

Se estima los tiempos de forma semanal y mensual de acuerdo a lo que requiere cada uno de los renglones de trabajo, según la propuesta de la red de distribución de agua potable.

Tabla IV. **Cronograma de ejecución físico – red de distribución de agua potable**

No.	Descripción	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
		Semana				Semana				Semana				Semana			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Topografía	■															
2	Retiro de adoquín	■	■	■	■	■	■										
3	Excavación de zanja	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
4	Instalación y colocación de tubería + accesorios			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
5	Relleno con material local				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
6	Reposición de adoquín							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Construcción de cajas para válvulas + colocación														■		
8	Construcción e instalación de conexiones prediales							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9	Prueba hidrostática															■	
10	Instalación de hipoclorador															■	■

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.11. Propuesta de tarifa**

El acceso a un sistema de abastecimiento de agua potable en una comunidad mejora la calidad de vida de los habitantes. Por esto, para prolongar la vida útil del proyecto y que sea sostenible, se requiere del cuidado y mantenimiento preventivo necesario. Estos recursos pueden obtenerse a través del pago de una cuota mensual por parte de los usuarios.

En la actualidad, en el municipio de Santa Clara La Laguna los vecinos que cuentan con el acceso a este servicio; lo adquieren al pagar mensualmente Q 1,00. Para fines de subsistencia del proyecto, será la municipalidad la entidad encargada de acordar, junto con los vecinos del sector Chichiyal, la tarifa que será necesario pagar como complemento para llevar a cabo el mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable.

## **2.2. Diseño de la planta de tratamiento de residuos sólidos para la cabecera municipal de Santa Clara La Laguna, Sololá**

Uno de los principales problemas que vive actualmente Santa Clara La Laguna es la contaminación producida por el manejo inadecuado de los desechos sólidos, por lo que se plantea una propuesta que beneficie la calidad de vida de los pobladores. Esta propuesta va de la mano con el Plan Estratégico Institucional 2016-2020 y el Plan de Desarrollo Municipal 2018-2032, puestos en marcha en los municipios que forman parte de la cuenca del lago de Atitlán. Este aporte también cumplirá con los requisitos que la municipalidad de Santa Clara La Laguna debe cumplir con el Ministerio de Ambiente.

### **2.2.1. Descripción**

El proyecto tendrá la capacidad de recibir los desechos orgánicos e inorgánicos reciclables que hayan sido recolectados por el tren de aseo. El tratamiento de los desechos orgánicos se realizará por lombricultura, con pilas para el compostaje, en donde se trabajará el material en un período no menor a 3 meses. Los desechos inorgánicos reciclables tendrán un espacio asignado de acuerdo a su composición, para ser empaquetados, almacenados y luego enviados a recicladoras.

Además, se propone la ruta del tren aseo con el fin de cubrir a toda la población del municipio y que la clasificación de desechos inicie desde los hogares. La planta se construirá en un terreno municipal, retirado aproximadamente 3 km del casco urbano y a 500 m del poblado más cercano.

### **2.2.2. Generación de los desechos sólidos**

Los desechos sólidos en el municipio se generan por distintas fuentes como viviendas, mercado municipal y áreas circunvecinas de ventas (que se ocupan los días martes y sábados), centros educativos, comercios, restaurantes, centro de salud, clínicas médicas y vía pública. De estos sitios se puede determinar el tipo y cantidad de producción en el municipio.

#### **2.2.2.1. Definición de los desechos sólidos**

Es todo material descartado por la acción humana, que por no tener utilidad inmediata se transforma en indeseable. Son la porción de los residuos sólidos que no pueden tener un manejo avanzado posterior para reutilizarse.

Forman parte de los desperdicios que no son transportados por agua y que han sido rechazados porque ya no se pueden utilizar. En el caso de los residuos sólidos municipales, se aplica en términos más específicos, a los residuos de alimentos putrescibles (biodegradables), llamados basura, y a los residuos no putrescibles, los cuales son llamados simplemente desechos.

Estos últimos incluyen diversos materiales, que pueden ser combustibles como el papel, plástico, textiles, entre otros; o no combustibles, como el vidrio, metal, mampostería, entre otros.

El término residuo no corresponde a la palabra desecho, pues esta trae implícita la no utilidad de la materia.

El concepto de desecho sólido, definido de una manera más simple, es el que se aplica a todo tipo de residuo o desecho que genera el ser humano a partir de su vida diaria y que tienen forma o estado sólido, a diferencia de los desechos líquidos o gaseosos. Los desechos sólidos son los que ocupan un mayor porcentaje en el total de desechos o residuos que el ser humano genera. Esto se debe a que gran parte de lo que consume o utiliza en la vida cotidiana deja desechos de este tipo, que permanecen por años o siglos en el lugar donde son abandonados.

#### **2.2.2.2. Tipos de desechos y fuentes de desechos sólidos municipales**

Son generados en los distintos sitios donde existe actividad humana. Se clasifican como desechos inorgánicos, orgánicos, peligrosos, industriales, sólidos recuperables y sólidos no recuperables.

Los inorgánicos provienen de cosas fabricadas; no salen de ningún ser vivo u organismo. El proceso de descomposición se realiza en muchos años; por esto son conocidos también como no biodegradables. Entre ellos se incluyen el plástico, metal, papel y el vidrio, que son el grupo de elementos que pueden ser reutilizados, por lo que es recomendado recolectarlos y transferirlos a centros de acopio para que sean reciclados.

Los desechos orgánicos sirven para elaborar el compost; provienen de todos los elementos naturales como las cáscaras y semillas de frutas y verduras, hojas de árboles, polvo de barrido y restos de comida.

Se define como desechos peligrosos a los residuos que pueden causar daño directo o indirecto a los seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. Este tipo de desechos posee características como corrosividad, explosividad, inflamabilidad, patogenicidad, bioinfecciosidad, radiactividad, reactividad y toxicidad.

Los residuos industriales son aquellos que se generan en las actividades procedentes de la extracción, explotación, producción o fabricación, transformación, almacenamiento y distribución de distintos productos.

Son clasificados como desechos recuperables los que, una vez seleccionados, pueden reutilizarse y venderse a diferentes industrias recicladoras. Estos son el vidrio, papel, cartón, aluminio, metales, plásticos y orgánicos.

Los desechos no recuperables pueden ser provenientes de hospitales. Por lo general, son incinerados. Incluyen los desechos como piedras, tierra, material de construcción y similares, que solo pueden usarse como material del relleno.

### **2.2.2.3. Generación de los desechos sólidos**

Según el MARN en el 2005, la generación de los desechos sólidos es un indicador que proviene del promedio de la cantidad de basura que produce una persona. Es expresado en kilogramos por habitante y día (kg/hab/día).

Los datos obtenidos a partir del cálculo de este indicador sirven para satisfacer la demanda de recolección, barrido, transferencia, tratamiento y disposición final de los desechos. Tiene como propósito obtener una medida unitaria de la generación de basura para una localidad y que esta sea fácilmente comparable; por ser unitario, puede multiplicarse por la cantidad de población existente de un sitio para obtener la producción diaria, mensual o anual de desechos sólidos de esa localidad.

### **2.2.3. Recomendaciones para el almacenamiento de los desechos sólidos en los hogares**

Para un adecuado manejo de los desechos sólidos, es indispensable que las acciones se inicien desde los hogares, contemplando lugares específicos de almacenaje y de preferencia que sea clasificada de acuerdo a su composición. Esto para mejorar la eficiencia del proceso de la disposición final en la planta de tratamiento.

#### **2.2.3.1. Generalidades**

Para el almacenamiento adecuado de los distintos desechos generados, debe partirse del principio de clasificación de todos los elementos destinados a ser abandonados.



Deberá tomarse en cuenta la utilización de recipientes adecuados para colocar los desechos durante el lapso de almacenamiento, mientras son trasladados a las áreas de recolección adecuadas. Estos podrán variar en cuanto a material, tamaño y forma, según el tipo de desecho que necesite recolectarse.

Otro aspecto relevante para tomar en cuenta en el almacenamiento de desechos es el sitio donde permanecerá previo al traslado hacia las áreas adecuadas, ya que el mal manejo y disposición de estos puede traer consecuencias negativas para los habitantes de un hogar.

#### **2.2.3.2. Almacenamiento domiciliar**

Debe prestarse atención al almacenamiento de los desechos, ya que las áreas de ocupación en una vivienda permiten la proximidad a cualquier habitante. Por ello, como un método de prevención de enfermedades y de buena higiene, se debe manejar adecuadamente los distintos elementos para no poner en riesgo la salud de los habitantes.

#### **2.2.3.3. Almacenamiento en el comercio y mercado**

Para los sitios con alta afluencia de personas es recomendable destinar un área de servicio para el almacenamiento de los desechos, tomando en cuenta el volumen de desperdicios emitidos y el tiempo que estarán almacenados antes de trasladarlos al lugar adecuado. Este sitio deberá contar con la ventilación adecuada, y ubicado preferentemente donde el tránsito de los visitantes sea menor. Como parte de los métodos constructivos serán utilizados materiales que permitan una limpieza más profunda, con acabados apropiados como curvas sanitarias en pisos y muros.

#### **2.2.3.4. Almacenamiento en centros de salud**

Los desechos de centros de salud implican un manejo especial, por lo que no deben mezclarse bajo ninguna circunstancia con los desechos ordinarios, ya que pueden ser focos de alta contaminación para el ambiente.

Como parte de la apertura de un sitio de atención a la salud, es necesario localizar y contratar a especialistas en el manejo de estos desechos. También se debe contar con equipo adecuado para la recolección inmediata (recipientes fabricados con materiales y tamaños apropiados) y áreas retiradas de los ambientes visitados por los pacientes, donde estos desechos puedan tener un almacenamiento de paso.

#### **2.2.4. Tren de aseo de los desechos sólidos**

El funcionamiento de un tren de aseo en una comunidad debe cumplir con el traslado adecuado de los desechos sólidos desde las viviendas hasta el sitio de la disposición final.

##### **2.2.4.1. Generalidades**

En el municipio de Santa Clara La Laguna, el tren de aseo lleva a cabo un recorrido programado por la mayoría de las calles principales, que forman los sectores del casco urbano. Sin embargo, esta ruta cubre solo el 50 % de la población del municipio, por varios factores como calles angostas, bajo interés por los vecinos, falta de insumos y personal, entre otros.

Como parte de las mejoras que se propone a la municipalidad, se diseñó una ruta que cubra toda la población del municipio. Se identificó varios puntos de

conflicto donde no es posible que ingrese un camión de volteo, sino únicamente un camión de mediana capacidad no mayor a cinco toneladas. Además, se ubicaron puntos en los que no es posible la entrada de ningún vehículo de cuatro ruedas, por lo que la recolección tiene que hacerse en puntos específicos donde las personas entreguen sus desechos sólidos al personal del tren de aseo.

Otro aspecto a tomar en cuenta para la recolección es que los pobladores del municipio deben entregar los desechos sólidos ya clasificados de acuerdo a su naturaleza, para el eficaz trasiego y los procesos en la planta de tratamiento. El pago que actualmente se maneja en el municipio para recibir el servicio es de Q 2,00 al mes, por lo que es decisión de la Municipalidad si aumentará la cuota o mantendrá el precio con la nueva propuesta de abarcar la totalidad del municipio.

Todas estas acciones se realizan con el fin de desaparecer y evitar que se originen basureros clandestinos, como ha sido la tendencia en los últimos años, tanto dentro como en los alrededores del municipio. Además, se busca darles la disposición final adecuada a los desechos sólidos y reducir la contaminación en el lugar.

La propuesta de la nueva ruta inició con una reunión con el personal del tren de aseo, con quienes se recorrió los sectores que actualmente cubre el servicio. Se identificó los puntos en conflicto por el acceso reducido, que en algunos casos es viable para un camión de baja capacidad y, en otros, únicamente peatonal. Otra de las razones por las que no se cubre algunos sectores es por la falta de interés en el servicio. Se determinó que la ruta actual del tren de aseo recorre aproximadamente 5,5 km.

Con base en lo anterior, se analizó con el Concejo Municipal y se aprobó crear una nueva ruta. La municipalidad cuenta con un camión de 3 toneladas, el cual realizará el recorrido de la nueva ruta del tren de aseo, de 4,5 km en el casco urbano y 3,30 km en la aldea Paquip. Este recorrido será adicionado e independiente al que funciona en la actualidad, con distinto vehículo y personal. La nueva ruta prestará el servicio los días, lunes, miércoles y viernes en las áreas mencionadas. La ruta actual seguirá funcionando de lunes a sábado (menos jueves) en el mismo recorrido.

Los planos de la propuesta de la ruta del tren de aseo y el de la ruta actual, se encuentran en el apéndice 3.

#### **2.2.4.2. Aspectos de salud**

El manejo adecuado de los desechos sólidos interviene desde los sitios donde se generan los desechos hasta que estos concluyen el proceso de disposición final. Hacerlo de manera incorrecta incrementa el riesgo del daño a la salud.

Por esto se requiere almacenamiento adecuado en los sitios generadores de desechos. Además, que las personas involucradas en el traslado de los desechos sólidos por medio de un tren de aseo y en su disposición final, usen equipo de protección adecuado para su salud.

Figura 3. **Tren de aseo en Santa Clara La Laguna**



Fuente: Dirección Municipal de Planificación de Santa Clara La Laguna.

### **2.2.5. Disposición final de los desechos sólidos**

La disposición final es el procedimiento utilizado para la eliminación total de los desechos en cuanto sea posible, dependiendo de la eficiencia del sistema que se utilice; también puede ser la reutilización de estos mediante distintos procesos.

#### **2.2.5.1. Generalidades**

El manejo adecuado de los desechos sólidos es vital para mejorar la calidad de vida de los pobladores. Un proceso adecuado implica eliminar los focos de contaminación ambiental que pueden presentarse de distintas formas.

### **2.2.5.2. Procedimiento aplicable a la basura**

El manejo de desechos sólidos puede involucrar distintos procesos. En muchos casos, la falta de concientización y educación ambiental no es parte de la cultura de una población. Por tanto, en muchos casos los desechos sólidos son depositados en cuerpos de agua, sitios baldíos, enterrados y hasta quemados, lo cual aumenta el índice de contaminación atmosférica en el país.

#### **2.2.5.2.1. Procesamiento mecánico**

Entre los procesos mecánicos para la disposición final de los desechos sólidos se encuentran los siguientes.

- Trituración: su finalidad está vinculada con la reducción del volumen que generan los desechos. Este es utilizado para reducir los costos de transporte de los desechos y en algunos casos puede emplearse en las plantas de producción de compostaje.
- Compactación: consiste en el confinamiento definitivo de los residuos. Es utilizado principalmente en los rellenos sanitarios. Puede realizarse de distintas formas de acuerdo a la cantidad de toneladas de desechos que sean manejados, desde forma manual hasta con maquinaria pesada.

#### **2.2.5.2.2. Procesamiento térmico**

Los procesamientos térmicos en su mayoría resultan ser muy costosos pero efectivos y son utilizados comúnmente en países desarrollados. Los principales se presentan a continuación.

- **Incineración:** se realiza por medio de un proceso tecnológico complejo que utiliza maquinaria, por lo que es un método oneroso. Es utilizado principalmente para darle tratamiento a los residuos sólidos peligrosos. Debido a los gases contaminantes que genera su resultado, debe invertirse en planes de mitigación para evitar el daño severo al medio ambiente. Este procedimiento es muy común en las ciudades que forman parte de las potencias mundiales.
- **Pirólisis (termólisis):** es el proceso de descomposición térmica de la materia por medio de la ausencia de aire. Convierte los desechos en hidrocarburos limpios y carbón, por lo que una de sus ventajas es que no genera gases contaminantes. Es ideal para el tratamiento de los desechos provenientes de materiales orgánicos pero que contienen alto valor calorífico (telas, llantas, madera, cartón) y han sido dañados con aceites.
- **Microondas:** es un sistema moderno empleado para el tratamiento de desechos infectocontagiosos que provienen de clínicas, hospitales y centros de atención a la salud. Este proceso se lleva a cabo por medio de la inyección de vapor, trituración y exposición al calor a una temperatura de hasta 95 °C, alrededor de 30 minutos.
- **Esterilización:** es el método utilizado para la desinfección de residuos infectocontagiosos. Se realiza por medio de calor seco o vapor.

#### **2.2.5.2.3. Procesamiento biológico**

Dentro de los desechos orgánicos, el mayor porcentaje está formado por restos alimenticios. Por el rápido proceso de descomposición que tienen, se producen gases como el metano; este contaminante es uno de los principales causantes del cambio climático. Además, la descomposición de restos

alimenticios en las condiciones no adecuadas trae consigo una serie de efectos secundarios que dañan la salud, atrae plagas y origina la formación de lixiviados, los cuales son líquidos resultantes de la degradación de la materia.

La falta de concientización en el tema de separación de desechos genera también contaminación en los materiales que pueden reutilizarse, ya que la humedad del proceso de descomposición llega a penetrar en estos, dejándolos irrecuperables.

El procesamiento biológico está integrado por las buenas prácticas de separación de los desechos orgánicos, ya que la reutilización de estos brinda la posibilidad de crear fuentes de alimento animal e incluso convertirse en abonos para el mejoramiento del suelo.

- Compostaje: es el proceso en el cual el contenido orgánico de los desechos sólidos se reduce por medio de la acción bacteriológica de microorganismos contenidos en los mismos residuos orgánicos o bien con la ayuda de lombrices como la coqueta roja, que se encargan de degradar la materia. Dando como resultado un producto denominado compost, de características similares al humus de la tierra, que tiene la propiedad de mejorar la calidad de los suelos y que no tiene que confundirse con un fertilizante.

El compost es el resultado de la acción microbial y debe realizarse bajo condiciones óptimas de espacio, oxígeno, humedad, temperatura y tiempo para lograr un material maduro y enriquecido con elementos químicos como el fósforo, potasio, hierro, zinc, entre otros. En este caso, se utilizará la técnica a base de lombrices para acelerar el proceso de degradación.



## **2.2.6. Caracterización de los desechos sólidos**

La caracterización de los desechos sólidos de una población, es la base para determinar el tipo de procesamiento que deberá utilizarse para la disposición final.

### **2.2.6.1. Definición**

Es el manejo discriminado de desechos de acuerdo con su clasificación. Incluye desde el sitio donde se generan, el método de recolección, transporte y su disposición final.

La caracterización de los desechos sólidos es utilizada como un método de investigación para obtener datos certeros de la producción de desechos en una comunidad, con el fin de mantener una propuesta activa y eficiente de la disposición final de los materiales. Se vincula a la buena práctica de su manejo, ya que contribuye a un mejor proceso de disposición final.

### **2.2.6.2. Toma de la muestra**

Para que los datos de los desechos sólidos que genera el municipio sean representativos y confiables, es necesario realizar un análisis del número y ubicación de los hogares por estudiar. Además, son necesarias acciones previas como visitas a los hogares, entrega de bolsas plásticas para depositar los residuos y charlas para indicar el día de recolección y clasificación de acuerdo al tipo de desechos sólidos que generen en la vivienda.

Con base en la guía de caracterización de residuos sólidos, OPS/CEPIS, se puede determinar el tamaño de la muestra mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 \times N \times \sigma^2}{(N - 1) \times E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \times \sigma^2}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

$Z_{1-\alpha/2}$  = coeficiente de confianza (1,96 con grado de confianza del 95 %)

N = número total de viviendas (1 150)

E = error permisible (5 % equivalente a 0,05 kg/hab/día)

$\sigma$  = desviación estándar (0,2 kg/hab/día)

Sustituyendo:

$$n = \frac{1,96^2 \times 1\,150 \times 0,2^2}{(1\,150 - 1) \times 0,05^2 + 1,96^2 \times 0,02^2} = 36,56 = 37 \text{ viviendas}$$

El dato que se utilizó para caracterizar el municipio de Santa Clara La Laguna, fue de 37 viviendas. La selección tomó en cuenta a los sectores y barrios que reciben el servicio del tren de aseo, por lo que la muestra es representativa del casco urbano.

### 2.2.6.3. Método del cuarteo

Para practicar este método, en un área plana se vacían las bolsas plásticas con los desechos sólidos recolectados en las viviendas de estudio. Se forma un montículo. Posteriormente se homogeniza el material y se divide en cuatro partes lo más parecidas posibles. Las partes opuestas se eliminan y se repite el procedimiento hasta dejar un mínimo de 50 kg de desechos sólidos, que serán

clasificados. De esta manera se aplicó el método para la clasificación y determinar la producción per cápita de los desechos sólidos.

#### 2.2.6.4. Producción per cápita de desechos sólidos

La producción per cápita es un cálculo que se realiza para determinar la producción de desechos sólidos que genera cada uno de los habitantes de la población.

Este cálculo se obtiene al dividir el ingreso total de los desechos sólidos en estudio entre la población total de la muestra, como se presenta a continuación:

$$PPC = 1/7 \times \frac{\text{Peso total de desechos}}{\text{Número de personas}}$$

Donde:

PPC = Producción per cápita

Factor “1/7” = debido a que la muestra analizada fue el total de desechos sólidos producidos durante una semana.

Peso total de desechos = Peso de los desechos recolectados.

Número de personas = Personas participantes en la muestra. Se estiman 6 habitantes/vivienda.

$$PPC = \frac{1}{7} \times \frac{727,50 \text{ kg}}{6 \frac{\text{hab}}{\text{viv}} \times 37 \text{ viv}} = 0,47 \text{ kg/hab/día}$$

La producción per cápita de desechos sólidos en el municipio de Santa Clara La Laguna es de 0,47 kg/hab/día. Según los rangos de la Organización

Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria, (OPS/CEPIS), en los municipios menores a 30 000 habitantes, el rango de producción per cápita debe estar entre 0,6 y 1,2 kg/hab/día. La razón de que el valor esté por debajo del rango, es por las diferentes actividades a las que se dedican los pobladores, ya que varios vecinos entregan sus productos reciclables (sobre todo los plásticos) a la organización de “Amigos del lago de Atitlán”, la cual se dedica a la conservación de la cuenca del lago de Atitlán. Por otra parte, muchos pobladores depositan sus desechos orgánicos en terrenos que tienen destinados para la agricultura, con el fin de mejorar la calidad del suelo.

La clasificación de desechos sólidos en base a la muestra analizada, resultó de la siguiente manera:

Figura 4. **Desechos sólidos en Santa Clara La Laguna**



Fuente: elaboración propia.

Los desechos a tratar dentro de la planta de tratamiento, serán los orgánicos mediante el método de compostaje y los inorgánicos reciclables a través de la separación de acuerdo al tipo de desecho.

### **2.2.7. Planta de tratamiento**

La planta de tratamiento de desechos sólidos tendrá como objetivo la recepción, clasificación, almacenamiento y transformación de los materiales de acuerdo a sus propiedades.

#### **2.2.7.1. Generalidades de la planta**

Como respuesta a la mejora de las necesidades de la población del municipio de Santa Clara La Laguna y con base a los estudios preliminares, se propone el diseño de una planta de tratamiento de desechos sólidos. Contará con áreas adecuadas para cada uno de los materiales orgánicos e inorgánicos reciclables, por lo que será clasificada como de tipo recuperación y tratamiento.

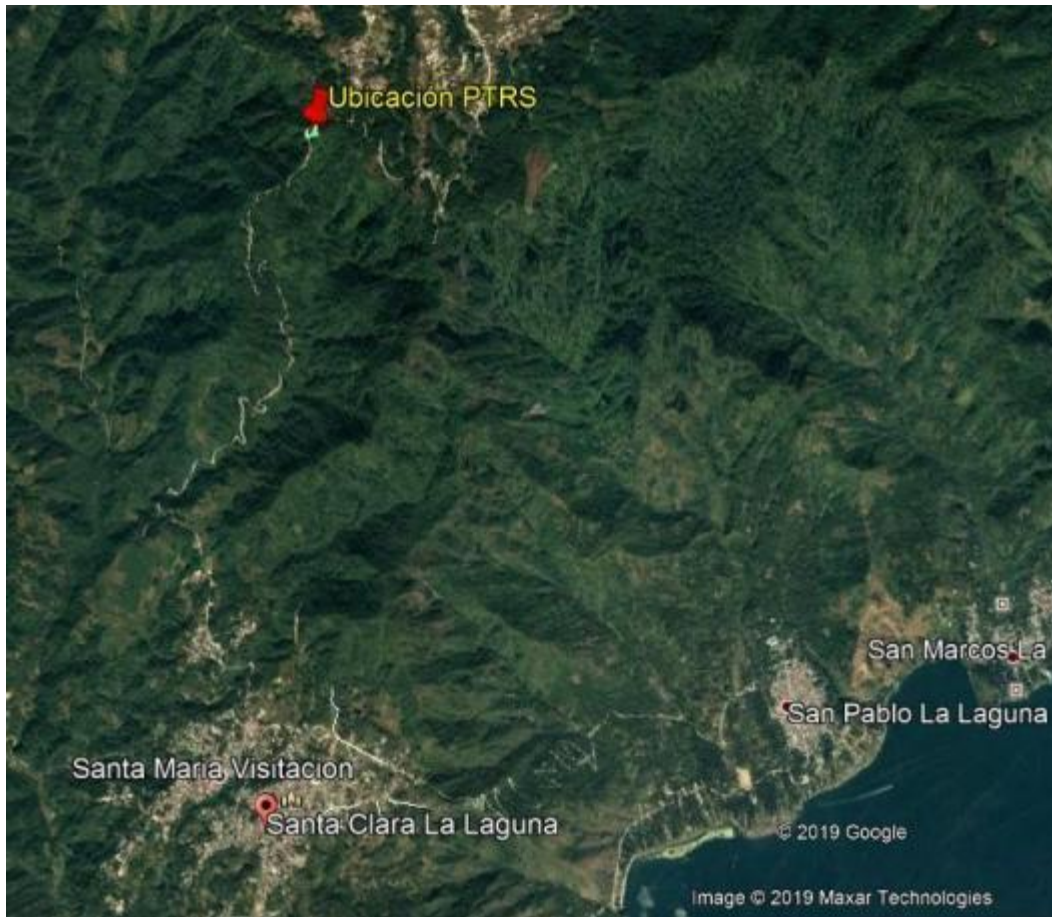
Los desechos orgánicos tendrán el área de producción de compostaje y los inorgánicos, áreas para la separación y empaquetado, según el material.

#### **2.2.7.2. Ubicación geográfica de la planta**

La selección del terreno para la construcción de la planta debe ser analizada tomando en cuenta el entorno y la distancia a la que se encuentre de la recolección de los desechos sólidos, para evitar incrementar costos en el trasiego.

Considerando esos aspectos, la planta de tratamiento se ubicará en las siguientes coordenadas: 14°45'16,0" N y 91°18'6,8" W, a una distancia aproximada de 3 km del centro urbano del municipio y 500 m del poblado más cercano. El terreno está en un área boscosa, lo cual evita la propogación de malos olores.

Figura 5. **Ubicación de planta de tratamiento de residuos sólidos**



Fuente: Google Earth 2019, Santa Clara La Laguna.

### 2.2.7.3. Distribución del área

Para la adecuada distribución de la planta, debe considerarse que los espacios sean optimizados según su capacidad. Además, que el proceso de separación y manipulación de los desechos tenga una secuencia lógica para mejorar la eficiencia de los recursos disponibles. Estos factores influirán tanto en el costo de construcción como en el de producción. Ambos deben cuidarse para generar una mayor utilidad para la municipalidad, que será el ente encargado de la administración de la planta.

La planta de tratamiento estará integrada por un área de oficinas administrativas, comedor, sanitarios, vestidores para los trabajadores, guardianía, bodega, áreas de separación y almacenamiento de los desechos reciclables, área verde, área de carga y descarga, pilas para realizar el proceso de compostaje y depósito para aguas lixiviadas.

Tabla V. **Distribución de áreas en la planta de tratamiento**

<b>Ambiente</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>
Administración	13,50
Comedor	10,00
Almacenamiento	89,30
Guardianía	5,00
Bodega	18,20
Baños y vestidores	28,80
Área de carga y descarga	34,90
Área verde	77,60
Pilas de compostaje	341,60

Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.7.4. Aguas lixiviadas**

En el proceso de transformación de los restos en compost, la materia orgánica se degrada formando un fertilizante líquido orgánico denominado lixiviado. La humedad de la materia orgánica es el principal factor que acelera la generación de lixiviados.

Para el manejo adecuado de los lixiviados, se colocarán tubos pvc de 3" de diámetro perforado, con el fin de reunir el líquido de las pilas y, posteriormente, conducirlo hacia un tanque de almacenamiento de capacidad de 2 m<sup>3</sup>, en donde se verificará la calidad del mismo.

Los lixiviados son útiles como fertilizantes orgánicos, ya que son efectivos en el control de plagas y enfermedades, por lo que puede comercializarse.

#### **2.2.7.5. Diseño de la planta de tratamiento**

Para el diseño de la planta es fundamental conocer la cantidad de desechos sólidos que serán generados durante el período de diseño, los cuales se esperan que sean clasificados y procesados de acuerdo a su naturaleza. Esto se obtendrá con base a lo que genera la población actual y la proyección en el tiempo estipulado.

Los elementos estructurales serán diseñados cumpliendo las normas y especificaciones técnicas, para garantizar la capacidad y el buen funcionamiento de la estructura.



### 2.2.7.5.1. Diseño de pilas

El diseño de las pilas para compostaje se basa en el volumen actual de desechos sólidos que se recolecta a través del tren de aseo, de acuerdo a la cantidad de personas que tienen acceso al servicio.

En la siguiente tabla se describen los viajes en promedio que realiza el camión, de acuerdo al día de la semana.

Tabla VI. **Cantidad de viajes semanal**

Día	Viajes
Lunes	5
Martes	4
Miércoles	-
Jueves	-
Viernes	5
Sábado	4
Domingo	-
<b>Total</b>	<b>18</b>

Fuente: elaboración propia.

Las medidas del camión utilizado para la recolección son:

Base = 2,50 m; Ancho = 1,80 m y Alto = 2,10 m

Volumen =  $2,50 \times 1,80 \times 2,10 = 9,45 \text{ m}^3$

Por la forma de la carrocería del camión (ver figura 2), no es posible llenarlo a un 100 % de su capacidad, por lo que se considera para el diseño solo un 80 % de su volumen.

$$Volumen_{real} = 0,80 \times 9,45 = 7,56 m^3$$

Para estimar el volumen recolectado semanal y anualmente, se procede a lo siguiente:

$$Volumen_{semanal} = 7,56 m^3 \times 18 = 136,08 m^3$$

$$Volumen_{anual} = 136,08 m^3 \times 52 \text{ semanas} = 7\,076,16 m^3$$

El volumen que generará la población total del municipio de Santa Clara La Laguna se determina con la proyección de las personas que reciben el servicio actualmente.

$$6\,500 \text{ habitantes} = 7\,076,16 m^3$$

$$13\,500 \text{ habitantes} = X m^3$$

$$X = \frac{13\,500 \text{ habitantes} \times 7\,076,16 m^3}{6\,500 \text{ habitantes}} = 14\,696,64 m^3$$

Para el cálculo de la población futura se aplicó el método geométrico. Con la proyección de lo que se producirá de desechos con base en los datos actuales, se obtuvo la siguiente tabla.

Tabla VII. **Recolección estimada de desechos sólidos en Santa Clara La Laguna**

<b>Año</b>	<b>Población</b>	<b>Recolección m3</b>
2018	13 500	14 696,64
2019	13 905	15 137,54
2020	14 323	15 592,59
2021	14 752	16 059,62
2022	15 195	16 541,88
2023	15 651	17 038,30
2024	16 120	17 548,88
2025	16 604	18 075,78
2026	17 102	18 617,92
2027	17 615	19 176,39
2028	18 143	19 751,20
2029	18 688	20 344,50
2030	19 248	20 954,14
2031	19 826	21 583,38
2032	20 420	22 230,03
2033	21 033	22 897,37
2034	21 664	23 584,30
2035	22 314	24 291,91
2036	22 983	25 020,21
2037	23 673	25 771,37
2038	24 383	26 544,31
2039	25 114	27 340,10
2040	25 868	28 160,94

Fuente: elaboración propia.

Según los datos obtenidos en la caracterización de residuos sólidos del municipio, se obtuvo la siguiente clasificación.

Desechos sólidos orgánicos = 48 %

Desechos inorgánicos reciclables = 22 %

Desechos inorgánicos no reciclables = 30 %

Para estimar la producción de desechos según la clasificación de los mismos, se multiplica el porcentaje por lo que se produce al año. El dato al final del período del diseño servirá para determinar la capacidad de las pilas para el compostaje.

Tabla VIII. **Producción de desechos sólidos según su composición física**

Año	Volumen	Orgánico 48,00%	Inorgánico 22,00%	Inerte 30,00%
2018	14 696,64	7 054,39	3 233,26	4 408,99
2019	15 137,54	7 266,02	3 330,26	4 541,26
2020	15 592,59	7 484,44	3 430,37	4 677,78
2021	16 059,62	7 708,62	3 533,12	4 817,89
2022	16 541,88	7 940,10	3 639,21	4 962,57
2023	17 038,30	8 178,39	3 748,43	5 111,49
2024	17 548,88	8 423,46	3 860,75	5 264,66
2025	18 075,78	8 676,37	3 976,67	5 422,73
2026	18 617,92	8 936,60	4 095,94	5 585,38
2027	19 176,39	9 204,67	4 218,81	5 752,92
2028	19 751,20	9 480,57	4 345,26	5 925,36
2029	20 344,50	9 765,36	4 475,79	6 103,35
2030	20 954,14	10 057,99	4 609,91	6 286,24
2031	21 583,38	10 360,02	4 748,34	6 475,01
2032	22 230,03	10 670,41	4 890,61	6 669,01
2033	22 897,37	10 990,74	5 037,42	6 869,21
2034	23 584,30	11 320,46	5 188,55	7 075,29
2035	24 291,91	11 660,12	5 344,22	7 287,57
2036	25 020,21	12 009,70	5 504,45	7 506,06
2037	25 771,37	12 370,26	5 669,70	7 731,41
2038	26 544,31	12 741,27	5 839,75	7 963,29
2039	27 340,10	13 123,25	6 014,82	8 202,03
2040	28 160,94	13 517,25	6 195,41	8 448,28

Fuente: elaboración propia.

- Tratamiento de desechos sólidos orgánicos

Para acelerar y tener un eficaz proceso de compostaje se utilizará la técnica de lombricultura (lombriz coqueta roja, que son organismos que degradan con mayor facilidad la materia orgánica). Para esta técnica se diseñan pilas que posean la capacidad de contener la cantidad de desechos orgánicos que se recolecten en la planta y asegurar que el material permanezca tres meses, tiempo aproximado del proceso. El resultado es un material estabilizador, que tiene la propiedad de mejorar los suelos para las actividades agrícolas.

- Dimensiones de la pila

Profundidad = 1,20 m para evitar condiciones anaeróbicas.

Ancho = 3,20 m por el alto volumen de desechos

Largo (L) = para contener el volumen de desechos recolectados diariamente.

- Largo de la pila

Para calcular el largo de la pila se plantea la siguiente igualdad de volúmenes. Considerando que se usará el 100 % de la capacidad de la pila, se dejará como rango de seguridad lo que pueda apilarse por encima del lecho, que puede llegar hasta un 50 % del volumen.

Volumen de desechos orgánicos recolectados 2 040 = 13 517,25 m<sup>3</sup>

Volumen de pila = Volumen diario de desechos orgánicos recolectados.

Volumen de pila = b x h x L

Volumen diario de desechos sólidos orgánicos recolectados (Vd):

$$V_d = \frac{\text{Volumen anual de desechos orgánicos}}{365 \text{ días}} = \frac{13\,517,25 \text{ m}^3}{365 \text{ días}} = 37,03 \text{ m}^3/\text{día}$$

Se plantea la igualdad con datos:

$$1,20 \text{ m} \times 3,20 \text{ m} \times L = 37,03 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$L = \frac{37,03}{1,20 \times 3,20} = 9,64 \text{ m}$$

L = 9,64 m. Por modulación se aproxima el largo a 10,00 m

- Número de pilas

Para la cantidad de pilas se asume una pérdida del 50 % del volumen del material que se presenta durante el proceso de biodegradación.

Ecuación:

N = 0,50 factor

Número de descargas en la pila por semana = 5

Número de días que tarda el proceso = 90 días (3 meses)

$$N = \frac{0,50 \times 90}{5} = 9$$

Nota: para un mayor rango de confiabilidad de la planta, se diseñará 10 pilas con las siguientes medidas:

Alto = 1,20 m

Base = 3,20 m

Largo = 10,00 m

A medida que el proceso de degradación se realice, el material perderá volumen, por lo que podrá apilarse descargas de al menos 2 semanas en una sola pila, y liberar espacio para más descargas. Se debe controlar siempre que el material permanezca al menos 3 meses en las pilas, que tenga una buena homogenización y la apariencia de humus (abono orgánico).

- Cálculo de lombrices para iniciar lombricultura

$$\text{Volumen de pila} = 1,20 \text{ m} \times 3,20 \text{ m} \times 10,00 \text{ m} = 38,40 \text{ m}^3$$

La lombricultura se inicia con el 50 % del volumen total del mismo.

Volumen total de lombricultura " $V_L$ " = 0,50 x Cantidad de pilas x volumen total de pilas.

$$V_L = 0,50 \times 10 \times 38,40 = 192 \text{ m}^3$$

Cantidad de lombrices  $C_L$ :

$$1 \text{ m}^3 = 600 - 700 \text{ lombrices (se utilizará 650)}$$

$$C_L = V_L \times \text{lombrices/m}^3$$

$$C_L = 192 \times 650 = 124\,800 \text{ lombrices}$$

1 lombriz pesa aproximadamente 1 gramo.

$$124,800 \text{ lombrices} = 124\,800 \text{ gramos} \approx 124,80 \text{ kg}$$

El cálculo de pilas y lombrices para el compostaje del abono orgánico, se basó en el manual del compostaje para municipios.

Tabla IX. **Estimación de producción de abono orgánico en la planta**

n	Año	Recolección (m3)	Producción (m3 - mes)	Producción (m3 - año)
1	2018	7 054,39	146,97	1 763,64
2	2019	7 266,02	151,38	1 816,56
3	2020	7 484,44	155,93	1 871,16
4	2021	7 708,62	160,60	1 927,20
5	2022	7 940,10	165,42	1 985,04
6	2023	8 178,39	170,38	2 044,56
7	2024	8 423,46	175,49	2 105,88
8	2025	8 676,37	180,76	2 169,12
9	2026	8 936,60	186,18	2 234,16
10	2027	9 204,67	191,76	2 301,12
11	2028	9 480,57	197,51	2 370,12
12	2029	9 765,36	203,45	2 441,40
13	2030	10 057,99	209,54	2 514,48
14	2031	10 360,02	215,83	2 589,96
15	2032	10 670,41	222,30	2 667,60
16	2033	10 990,74	228,97	2 747,64
17	2034	11 320,46	235,84	2 830,08
18	2035	11 660,12	242,92	2 915,04
19	2036	12 009,70	250,20	3 002,40
20	2037	12 370,26	257,71	3 092,52
21	2038	12 741,27	265,44	3 185,28
22	2039	13 123,25	273,40	3 280,80
23	2040	13 517,25	281,61	3 379,32

Fuente: elaboración propia.

- Tratamiento de desechos inorgánicos reciclables

El cálculo de la cantidad de desechos inorgánicos reciclables se hará mediante los datos de porcentaje de recuperación obtenidos en la caracterización. Se multiplicará por el volumen y peso específico típico de cada



material a considerar, con el fin de conocer el peso total de los desechos que se tratarán en la planta.

**Tabla X. Datos típicos sobre peso específico y humedad de los desechos sólidos**

Tipo de desecho	Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )		Contenido de humedad (% en peso)	
	Rango	Típico	Rango	Típico
Residuos	131 - 481	291	50 - 80	70
Papel	42 - 131	90	4 - 10	6
Cartón	42 - 80	50	4 - 5	5
Plásticos	42 - 131	65	1 - 4	2
Aluminio	131 - 1 151	320	2 - 4	2
Vidrio	160 - 481	195	1 - 4	2
Telas y textiles	42 - 101	65	6 - 15	10
Otros metales	320 - 1 000	480	6 - 12	8

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XI. Estimación en porcentaje de materiales recuperados para reciclaje**

Material	Porcentaje*
Papel	9,00 %
Cartón	7,00 %
Plásticos	33,00 %
Aluminio	18,00 %
Vidrio	14,00 %
Telas y textiles	4,00 %
Otros metales	15,00 %

Fuente: elaboración propia.

\*Del total de los desechos inorgánicos reciclables generados.

Tabla XII. **Desechos sólidos que se tratarán dentro de la planta en 2040**

Material	Volumen de desechos (m3)	Porcentaje de recuperación	Recuperación (m3)	Peso específico (kg/m3)	Peso (kg)
Papel	6 195,41	9,00 %	557,59	90	50 183,10
Cartón	6 195,41	7,00 %	433,68	50	21 684,00
Plásticos	6 195,41	33,00 %	2 044,49	65	132 891,85
Aluminio	6 195,41	18,00 %	1 115,17	320	356 854,40
Vidrio	6 195,41	14,00 %	867,36	195	169 135,20
Telas y textiles	6 195,41	4,00 %	247,82	65	16 108,30
Otros metales	6 195,41	15,00 %	929,31	480	446 068,80

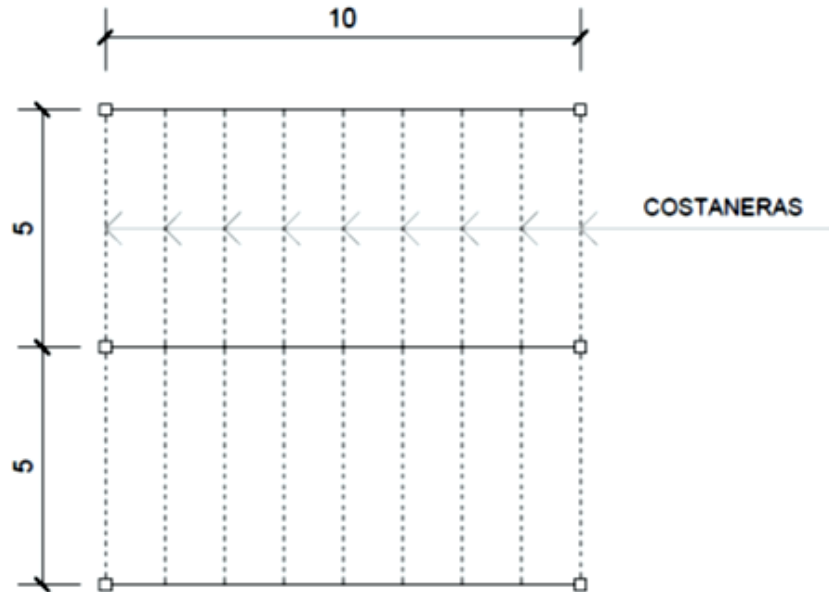
Fuente: elaboración propia.

#### **2.2.7.5.2. Diseño de la estructura para el techo**

El techo se construirá con estructura metálica, ya que es el sistema que mejor se adapta en funcionamiento y costo para la planta de tratamiento. Estará formado por vigas joist, costaneras y láminas metálicas apoyadas sobre las costaneras y estas, a su vez, sobre los joist, los cuales serán los encargados de recibir la carga de la estructura y transmitirla hacia las columnas, sujetadas por pernos.

- Diseño de costanera

Figura 6. **Croquis de planta – costanera**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Integración de cargas

- Carga muerta

Lámina = 3 lb/pie<sup>2</sup> (dato proporcionado por el proveedor)

Instalaciones = 0,75 lb/pie<sup>2</sup> [rango de (0,5 – 1) lb/pie<sup>2</sup>]

Carga muerta (CM) = 3,75 lb/pie<sup>2</sup>

- Carga viva

Carga viva (CV) = 12 lb/pie<sup>2</sup> [rango de (8 – 12) lb/pie<sup>2</sup>, para un techo con poco acceso]

- Carga de viento

Carga de viento ( $C_{viento}$ ) = 10 lb/pie<sup>2</sup> [rango de (8 – 16) lb/pie<sup>2</sup>, dato proporcionado por AISC 05]

- Combinaciones de carga

- ✓ CM + CV
- ✓ CM +  $C_{viento}$
- ✓ CM + 0,75 CV + 0,75 $C_{viento}$  [secciones muy grandes y poco probable que suceda]

Al sustituir:

$$CM + CV = 3,75 \text{ lb/pie}^2 + 12 \text{ lb/pie}^2 = 15,75 \text{ lb/pie}^2$$

$$CM + C_{viento} = 3,75 \text{ lb/pie}^2 + 10 \text{ lb/pie}^2 = 13,75 \text{ lb/pie}^2$$

De lo anterior, se elige la carga crítica ( $C_u$ ) para el diseño.

- Carga distribuida

$$W = A_T \times C_u + P_{PC}$$

Donde:

W = carga distribuida

$A_T$  = área tributaria [rango de (0,50 – 1,50) m – Se usará 1,20 m]

$C_u$  = carga última (crítica)

$P_{PC}$  = peso propio de costanera [rango de (3 – 7) lb/pie – Se usará 3 lb/pie]

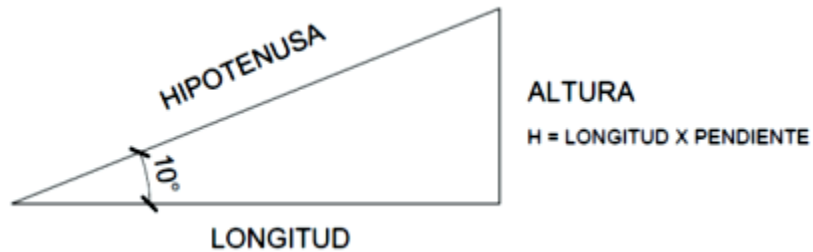
Número de costaneras

$$\text{No. Costaneras} = \frac{\text{Hipotenusa}}{A_T}$$

Longitud = 30,15 m

Pendiente del techo = 10 % [rango de (5 a 50) %]

Figura 7. **Relación longitud - pendiente**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$\text{Hipotenusa} = \sqrt{(10,00 \text{ m} \times 0,10)^2 + (10,00 \text{ m})^2} = 10,05 \text{ m}$$

Al sustituir para conocer el número de costaneras:

$$\text{No. Costaneras} = \frac{10,05}{1,20} = 8,37$$

Del dato anterior, se deduce que se puede trabajar con 8 o 9 unidades.

Con 9 unidades:

$$\frac{10,05 \text{ m}}{9} = 1,12 \text{ m}$$

Se sustituye en la ecuación de carga distribuida:

$$W = 1,12 \text{ m} \times \left( \frac{3,28 \text{ pie}}{1 \text{ m}} \right) \times 15,75 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^2} + 3 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} = 60,80 \frac{\text{lb}}{\text{pie}}$$

- Momento máximo ( $M_{max}$ )

$$M_{max} = \frac{W \times L^2}{8}$$

Donde:

W = carga distribuida

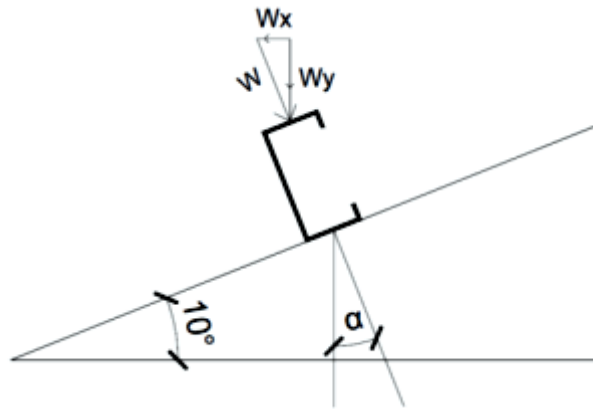
L = longitud de costanera [Se tendrá una separación de 5 m]

$$M_{max} = \frac{60,80 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} \times \left( 5 \text{ m} \times \frac{3,28 \text{ pie}}{1 \text{ m}} \right)^2}{8} = 2\,044,10 \text{ lb} - \text{pie} \rightarrow 2,04 \text{ klb} - \text{pie}$$

De acuerdo a lo calculado, se compara el momento máximo en la tabla de costaneras del anexo 3. Por tanto, se propone la costanera con H = 6"; t = 1/16" y b = 2".

- Chequeo de costanera
  - Forma de trabajar las cargas en cada eje

Figura 8. Cargas en cada eje



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Se halla el ángulo “ $\alpha$ ” para descomponer las cargas:

$$\alpha = \tan^{-1} \left( \frac{0,10 \times 10,00 \text{ m}}{10,00 \text{ m}} \right) = 5,71^\circ$$

$$W_x = W_1 = W \times \sin \alpha$$

$$W_y = W_2 = W \times \cos \alpha$$

Se sustituye:

$$W_x = 60,80 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} \times \sin(5,71^\circ) = 6,05 \frac{\text{lb}}{\text{pie}}$$

$$W_y = 60,80 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} \times \cos(5,71^\circ) = 60,50 \frac{\text{lb}}{\text{pie}}$$

Chequeo con respecto al eje

Se halla momento crítico en eje “y”:

$$M_{DY} = \frac{60,80 \frac{lb}{pie} \times (5 m \times \frac{3,28 pie}{1 m})}{8} = 2\,033,95 lb - pie \rightarrow 2,03 klb - pie$$

De lo anterior se comprueba que:  $M_{teórico (Tabla)} > M_{DY} calculado$

Momento en eje "x":

$$M_{DX} = \frac{W_X \times L_2^2}{8}$$

$$M_{DX} = \frac{6,05 \frac{lb}{pie} \times (2 m \times \frac{3,28 pie}{1 m})}{8} = 32,54 lb - pie \rightarrow 0,03 klb - pie$$

De tabla: Ver anexo 3

$$I_x = 0,34 \text{ pulg}^4$$

$$C = 1,00 \text{ pulg}$$

$$f_b = \frac{M_x \times C}{I_x}$$

$$f_b = 0,60 \times f_y = 0,60 \times 36 \text{ ksi} = 21,60 \text{ ksi}$$

$$M_x = \frac{f_b \times I_x}{C} = \frac{21,60 \times 0,34}{1} = 7,34 \text{ klb} - pie$$

De lo anterior se comprueba que:  $M_x (teórico) > M_{DX} calculado$



- Deflexiones

Deflexión permisible

$$\Delta_p = \frac{L}{260} = \frac{5 \times 3,28 \times 12}{260} = 0,76 \text{ pulg}$$

Deflexión admisible

$$\Delta_{ad} = \frac{5 \times W^* \times L^4}{384 \times E \times I} = \frac{5 \times (5,04 \text{ lb/pulg}) \times (5 \times 3,28 \times 12 \text{ pulg})^4}{384 \times 29\,000\,000 \text{ lb/pulg}^2 \times 3,66 \text{ pulg}^4} = 0,93 \text{ pulg}$$

\*Donde "W" mayor entre "Wx" y "Wy" en lb/pulg

$$\Delta_{ad} > \Delta_p \quad ; \quad 0,93 \text{ pulg} > 0,76 \text{ pulg}$$

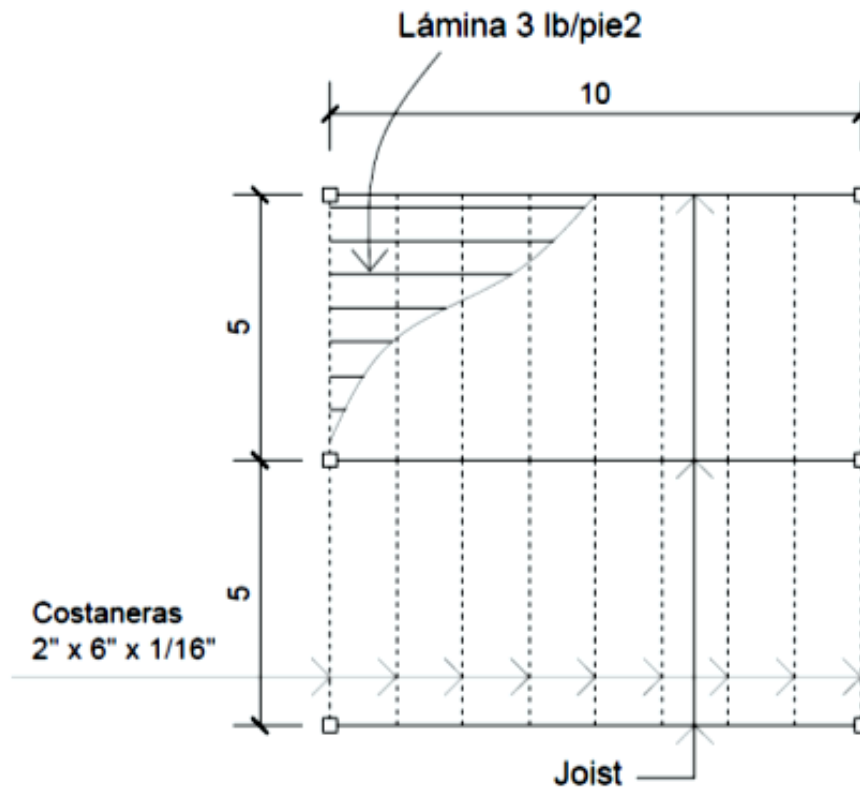
Los chequeos realizados a la costanera, son satisfactorios, por lo que puede utilizarse el siguiente elemento:

$$H = 6''; t = 1/16'' \text{ y } b = 2''$$

- Diseño de joist

Para el diseño del joist se contempló la carga que recibe de las costaneras y la cubierta, además de carga viva, según parámetro establecido por AGIES. Por el tipo de estructura, se eligió diseñar un joist bidimensional, ya que las cargas que debe soportar y la luz entre apoyos no requieren grandes secciones para resistir la propuesta de diseño.

Figura 9. Croquis de planta – joist

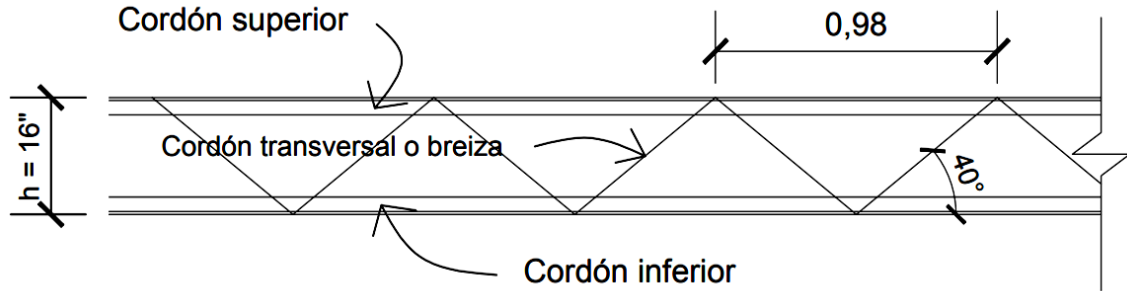


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Predimensionamiento

Altura de joist:  $h = L / 24$ ;  $10,05 \text{ m} / 24 = 0,42 \text{ m} \cong 16 \text{ pulg}$

Figura 10. Esquema de sección longitudinal de joist



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Integración de carga
  - Carga muerta

Costaneras a utilizar: 9 unidades 2" x 6" x 1/16"

Peso de costanera: 2,26 lb/pie (dato según proveedor)

Costanera:  $P_{PC} \times L \times No. Costaneras$

Costanera:  $2,26 \text{ lb/pie} \times (5 \text{ m} \times 3,28 \text{ pie/m}) \times 9 = 333,60 \text{ lb}$

Costanera:  $333,60 \text{ lb} / (10,05 \times 5 \text{ m}^2 \times 3,28^2 \text{ pie/m}^2) = 0,60 \text{ lb/pie}^2$

Lámina:  $3,00 \text{ lb/pie}^2$

Instalaciones:  $1,00 \text{ lb/pie}^2$

$CM = P_{costanera} + P_{lámina} + P_{instalaciones}$

$CM = (0,60 + 3,00 + 1,00) \text{ lb/pie}^2 = 4,60 \text{ lb/pie}^2$

- Carga viva =  $12 \text{ lb/pie}^2$  [según código AGIES/IBC]
- Carga de viento =  $10 \text{ lb/pie}^2$  [según código AGIES/IBC]

- Combinaciones de carga

$$CM + CV = 4,60 \text{ lb/pie}^2 + 12 \text{ lb/pie}^2 = 16,60 \text{ lb/pie}^2$$

$$CM + C_{\text{viento}} = 4,60 \text{ lb/pie}^2 + 10 \text{ lb/pie}^2 = 14,60 \text{ lb/pie}^2$$

CM + 0,75CV + 0,75C<sub>viento</sub> [secciones muy grandes y poco probable que suceda, por lo que se descarta]

- Carga distribuida

$$W = A_T \times C_u + P_p$$

$$A_T = 5 \text{ m} \times (3,28 \text{ pie/m}) = 16,40 \text{ pie}$$

$$C_u = 16,60 \text{ lb/pie}^2$$

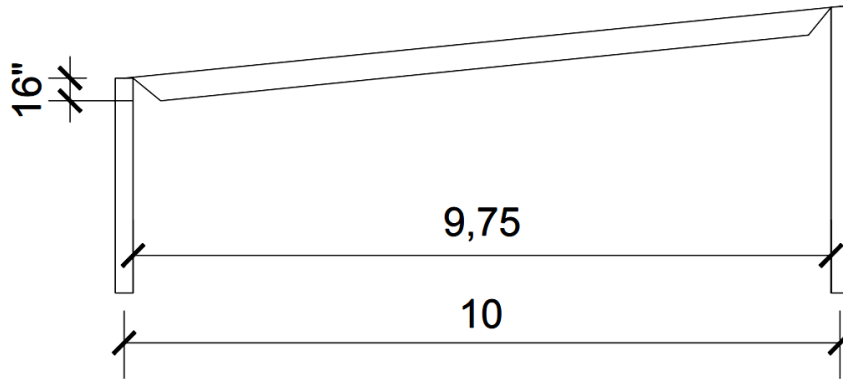
$$P_p = 25 \text{ lb/pie} \text{ [Rango de } 10 - 50 \text{ lb/pie]}$$

$$W = 16,40 \text{ pie} \times 16,60 \text{ lb/pie}^2 + 25 \text{ lb/pie} = 297,20 \text{ lb/pie}$$

- Momento de diseño

$$M_D = \frac{W \times L^2}{8}$$

Figura 11. Elevación – colocación de joist

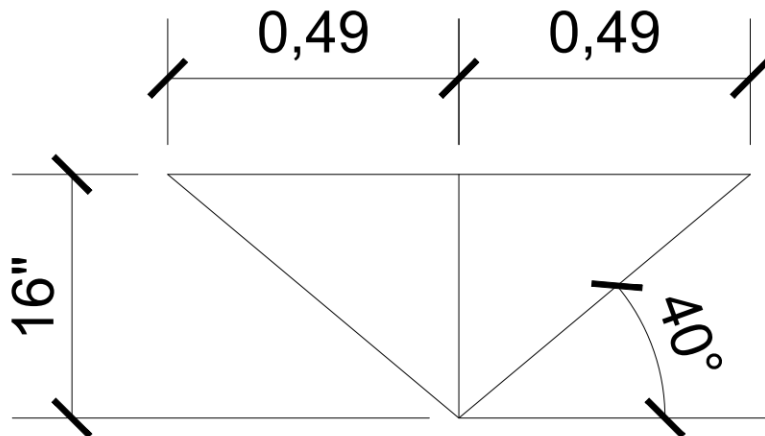


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$M_D = [297,20 \text{ lb/pie} \times (9,80 \text{ m} \times 3,28 \text{ pie/m})^2] / (8 \times 1000)$$

$$M_D = 38,38 \text{ klb-pie} = 460,56 \text{ klb-pulg}$$

Figura 12. Relación de triángulos para cantidad de espacios de joist



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Diseño cordón inferior

$M = P \times d$ ;  $P = T$ , (tensión) o  $C$  (compresión)

$T = M/d$ ;  $d =$  altura de joist definida

$T = 460,56 \text{ klb-pulg} / 16 \text{ pulg} = 28,80 \text{ klb}$

- Esfuerzo de tensión

$f_s = T/A_s \rightarrow A_s = T/f_s$

$A_s = 28,80 \text{ klb} / (0,60 \times 36 \text{ klb/pulg}^2) = 1,33 \text{ pulg}^2$

De acuerdo al "As" requerido, el elemento será L 1 ½ x 1 ½ x ¼

- Diseño cordón superior

Se asume el mismo elemento L 1 ½ x 1 ½ x ¼

$A = 1,38 \text{ pulg}^2$

$r_x = 0,45 \text{ pulg}$

$r_y = 0,85 \text{ pulg}$

Diámetro de ½"

$L_x = 0,98 \text{ m} \times 3,28 \text{ (pie/m)} \times 12 \text{ (pulg/pie)} = 38,60 \text{ pulg}$

$L_y = L_t / \text{espacio} = 9,80 / 4 = 2,45 \text{ m} = 96,43 \text{ pulg}$

k:1

$$\frac{kL_x}{r_x} = \frac{1 \times 38,60 \text{ pulg}}{0,45 \text{ pulg}} = 85,90 \quad \frac{kL_y}{r_y} = \frac{1 \times 96,43 \text{ pulg}}{0,85 \text{ pulg}} = 114,12$$

De tabla 1-36, AISC 05 especificación *Allowable stress (ksi)*, página 5-84.

Tabla XIII. Factores AISC 05 – primera iteración

$\frac{kL}{r}$	Fa (ksi)	$\frac{kL}{r}$	Fa (ksi)
85	14,79	114	11,13
85,90	14,58	114,12	11,11
86	14,67	115	10,99

Fuente: elaboración propia.

$$C = 28,80 \text{ klb}$$

$$\text{Área de acero requerida: } A_s = C / F_a$$

$$A_{s1} = 28,80 \text{ klb} / 14,58 = 1,97$$

$$A_{s2} = 28,80 \text{ klb} / 11,11 = 2,59$$

$$A_s \text{ requerida} > A_s \text{ propuesto} - 2,59 > 1,38 \text{ [no cumple]}$$

Segunda iteración

Se asume elemento: L 2 ½ x 2 ½ x ¼

$$A = 2,38 \text{ pulg}^2$$

$$r_x = 0,769 \text{ pulg}$$

$$r_y = 1,34 \text{ pulg}$$

Diámetro de ¾"

$$L_x = 0,98 \text{ m} \times 3,28 \text{ (pie/m)} \times 12 \text{ (pulg/pie)} = 38,60 \text{ pulg}$$

$$L_y = L_t / \text{espacio} = 9,80 / 4 = 2,45 \text{ m} = 96,43 \text{ pulg}$$

k:1

$$\frac{kL_x}{r_x} = \frac{1 \times 38,60 \text{ pulg}}{0,769 \text{ pulg}} = 50,16 \quad \frac{kL_y}{r_y} = \frac{1 \times 96,43 \text{ pulg}}{1,34 \text{ pulg}} = 71,96$$

De tabla 1-36, AISC 05 specification "Allowable stress (ksi)" página 5-84.

Tabla XIV. **Factores AISC 05 – segunda iteración**

$\frac{kL}{r}$	Fa (ksi)	$\frac{kL}{r}$	Fa (ksi)
50	18,35	71	16,33
50,16	18,33	71,96	16,23
51	18,26	72	16,22

Fuente: elaboración propia.

C = 28,80 klb

Área de acero requerida:  $A_s = C / F_a$

$A_{s1} = 28,80 \text{ klb} / 18,33 = 1,57$

$A_{s2} = 28,80 \text{ klb} / 16,23 = 1,77$

As requerida < As propuesto – 1,77 < 2,38 [sí cumple]

- Cordón transversal

Varilla propuesta: 1"

Área = 0,79 pulg<sup>2</sup>

$$dd = \sqrt{0,49^2 + 0,406^2} = 0,64 \text{ m} = 25,05 \text{ pulg}$$

d = 25,05 pulg – 2,5 – 1,75 = 20,80 pulg

$k_1 = 0,75$  y  $k_2 = 1$

$$\frac{kL_x}{r_x} = \frac{0,75 \times 20,80 \text{ pulg}}{0,25 \times 1 \text{ pulg}} = 62,40 \quad \frac{kL_y}{r_y} = \frac{1 \times 20,80 \text{ pulg}}{0,25 \times 1 \text{ pulg}} = 83,20$$

Factores < 120



De tabla 1-36, AISC 05 especificación *Allowable stress (ksi)*, página 5-84.

Tabla XV. **Factores AISC 05 – para cordón transversal**

$\frac{kL}{r}$	Fa (ksi)	$\frac{kL}{r}$	Fa (ksi)
62	17,24	83	15,02
62,40	17,20	83,20	15,00
63	17,14	84	14,90

Fuente: elaboración propia.

$$V = \frac{W \times L}{2} = \frac{297,20 \frac{lb}{pie} \times 32,14 pie}{2 \times 1000} = 4,78 klb$$

$$C = \frac{V \times L_x}{d}$$

$$L_x = 0,98 m \times 3,28 (pie/m) \times 12 (pulg/pie) = 38,60 pulg$$

$$d = 20,80 pulg$$

$$C = \frac{4,78 klb \times 38,60 pulg}{20,80 pulg} = 8,87 klb$$

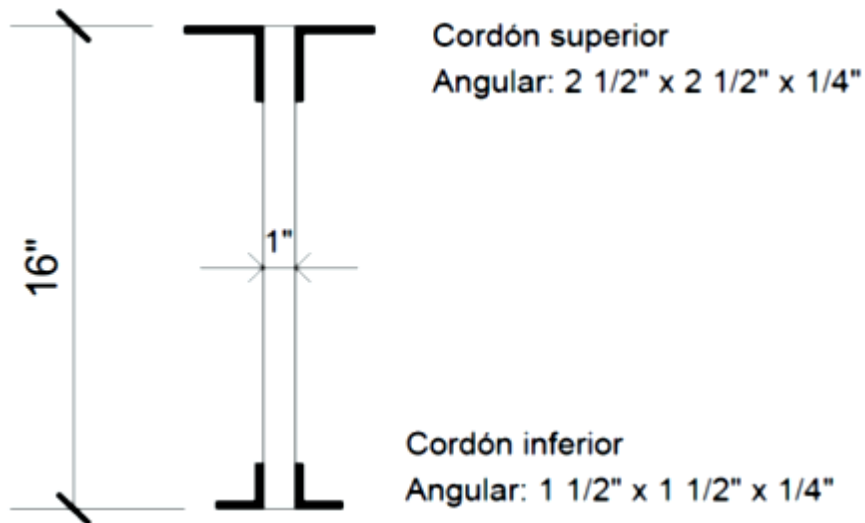
Área de acero requerida:  $A_s = C / F_a$

$$A_{s1} = 8,87 klb / 17,20 = 0,52 pulg^2$$

$$A_{s2} = 8,87 klb / 15,00 = 0,60 pulg^2$$

As requerida < As propuesto – 0,60 < 0,79 [sí cumple]

Figura 13. **Joist a utilizar**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 2.2.7.5.3. **Diseño de muros**

Los muros que serán construidos dentro de la planta serán de tipo divisorio. Esto significa que no estarán diseñados para soportar cargas axiales, más que solo su propio peso. Tanto para los muros divisorios de los ambientes de la planta (almacén, oficina, comedor, baños, guardianía, vestidores y bodegas), como los requeridos para la construcción de las pilas de compostaje, se construirán con las siguientes especificaciones:

- Block Tipo C de 0,14 x 0,19 x 0,39 (AGIES 6.2)
- El espesor de la junta será de 1 cm con mortero 1:3
- Las columnas y soleras tendrán como mínimo el espesor del block (AGIES 6.5.2.1).
- La resistencia mínima del concreto debe ser 140 kg/cm<sup>2</sup> (AGIES 6.5.1.1).
- La separación máxima entre columnas será de 3 m (AGIES 6.3).

- El diámetro mínimo de acero de refuerzo será No. 3 (AGIES 6.5.1.3. Y 6.5.2.3).

### 2.2.8. Planos

El juego de planos para la planta de tratamiento se presenta en el apéndice 2, conformados por la planta amueblada, acotada, elevaciones y secciones, acabados, detalles de puertas y ventanas, cimentación y columnas, detalles estructurales, cortes de muros, detalles de muros, agua potable, drenajes, detalles de cajas, iluminación, fuerza, techo y detalle de pilas para compostaje.

### 2.2.9. Presupuesto

El presupuesto se elaboró con base en los precios de materiales, herramientas, insumos y mano de obra cotizados en el área. Se aplicó un factor indirecto del 32 %. Se obtuvo como total del proyecto la cantidad de Q 1 173 785,85.

Tabla XVI. **Presupuesto de planta de tratamiento de residuos sólidos**

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Bodega y guardiana	1,00	Global	Q 44 533,52	Q 44 533,52
2	Trazado + punteado	328,85	ml	Q 4,69	Q 1 542,31
3	Zapata de 0,60 m x 0,60 m x 0,25 m	32,00	Unidad	Q 410,77	Q 13 144,64
4	Cimiento corrido de 0,50 m x 0,25 m	305,60	ml	Q 358,94	Q 109 692,06
5	Muro de cimentación (2 hiladas bajo solera de humedad)	122,20	m2	Q 195,92	Q 23 941,42
6	Columna C-1 (0,25 m x 0,25 m)	131,20	ml	Q 460,25	Q 60 384,80
7	Columna C-2 (0,15 m x 0,15 m)	212,20	ml	Q 201,86	Q 42 834,69
8	Columna C-3 (0,10 m x 0,15 m)	206,60	ml	Q 136,39	Q 28 178,17
9	Columna C-4 (0,10 m x 0,10 m)	53,20	ml	Q 110,32	Q 5 869,02
10	Solera de humedad (0,15 m x 0,20 m)	305,60	ml	Q 207,17	Q 63 311,15

Continúa tabla XVI.

11	Solera intermedia de concreto (0,15 m x 0,20 m)	228,00	ml	Q 218,57	Q 49 833,96
12	Solera de corona con Block U	103,00	ml	Q 160,51	Q 16 532,53
13	Solera con Block U para pilas	177,00	ml	Q 142,49	Q 25 220,73
14	Dintel con Block U	19,60	ml	Q 186,71	Q 3 659,52
15	Relleno estructural y compactación	69,90	m3	Q 113,85	Q 7 958,12
16	Retiro de material sobrante	116,60	m3	Q 45,09	Q 5 257,49
<b>Estructura de pavimento</b>					
17	Conformación, relleno y compactación de base para fundición de piso (e = 0,05 m)	260,80	m2	Q 34,83	Q 9 083,66
18	Piso de concreto + alisado (e = 0,10 m)	160,80	m2	Q 198,19	Q 31 868,95
19	Piso cerámico	100,80	m2	Q 151,60	Q 15 281,28
20	Corte de cajuela (e = 0,25 m)	37,20	m3	Q 154,40	Q 5 743,68
21	Capa de base de selecto (e = 0,15 m)	148,80	m2	Q 49,92	Q 7 428,10
22	Colocación y suministro de adoquín	148,80	m2	Q 393,65	Q 58 575,12
23	Llaves de confinamiento (0,10 m x 0,10 m)	58,50	ml	Q 91,80	Q 5 370,30
<b>Levantado de muros</b>					
24	Muro de block tipo "C" de 0,14 m x 0,19 m x 0,39 m para pilas de compostaje (sisado en vista exterior)	177,00	m2	Q 215,50	Q 38 143,50
25	Muro de block tipo "C" de 0,14 m x 0,19 m x 0,39 m (sisado en ambas caras)	358,00	m2	Q 237,01	Q 84 849,58
26	Muro de block de 0,09 m x 0,14 m x 0,39 m (sisado en ambas caras)	33,40	m2	Q 193,43	Q 6 460,56
<b>Instalaciones</b>					
27	Instalaciones hidráulicas y artefactos sanitarios	1,00	Global	Q 20 379,09	Q 20 379,09
28	Instalaciones sanitarias	1,00	Global	Q 22 224,45	Q 22 224,45
29	Instalaciones eléctricas	1,00	Global	Q 34 918,30	Q 34 918,30
30	Instalaciones de drenaje pluvial	1,00	Global	Q 39 202,68	Q 39 202,68
31	Caja de concreto 2 m3 para aguas lixiviadas	1,00	Global	Q 7 912,48	Q 7 912,48
32	Puerta de metal P-1 de 1,20 m de ancho	1,00	Unidad	Q 4 936,80	Q 4 936,80
33	Puerta de metal P-2 de 0,90 m de ancho	6,00	Unidad	Q 4 072,20	Q 24 433,20
34	Puerta de metal P-3 de 0,70 m de ancho	9,00	Unidad	Q 3 940,20	Q 35 461,80
35	Ventana V-1	5,00	Unidad	Q 3 663,00	Q 18 315,00
36	Ventana V-2	5,00	Unidad	Q 3 135,00	Q 15 675,00
<b>Techo</b>					
37	Estructura y cubierta	759,20	m2	Q 241,17	Q 183 096,26
38	Limpieza final	1,00	Global	Q 2 531,91	Q 2 531,91
<b>Total</b>					<b>Q1 173 785,85</b>

Fuente: elaboración propia.

**2.2.10. Cronograma de ejecución**

Se muestran los tiempos estimados para la construcción de la planta de tratamiento con base en los renglones de trabajo.

Tabla XVII. **Cronograma de ejecución físico – planta de tratamiento de residuos sólidos**

No.	Descripción	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
		Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Construcción de bodega																								
2	Trazado + puentado																								
3	Excavación estructural																								
4	Construcción de zapatas																								
5	Cimiento corrido																								
6	Muro de cimentación																								
7	Relleno estructural y compactación																								
8	Levantado de muros, columnas y soleras																								
9	Conformación, relleno y compactación de base para piso de concreto																								
10	Fundición de piso																								
11	Corte de cajuela y conformación para colocación de adoquín																								
12	Colocación de adoquín y fundición de llaves de confinamiento																								
13	Instalaciones hidráulicas y artefactos sanitarios																								
14	Instalaciones sanitarias																								
15	Instalaciones eléctricas																								
16	Bajada de aguas pluviales																								
17	Depósito de mampostería de 2 m3																								
18	Instalación de puertas y ventanas																								
19	Instalación de estructura y cubierta																								
20	Retiro de material sobrante y limpieza final																								

Fuente: elaboración propia.



## CONCLUSIONES

1. Con base en análisis y priorización de las necesidades encontradas en el municipio de Santa Clara La Laguna, se determinó que el proyecto de agua potable y la planta de tratamiento de residuos sólidos son lo de mayor relevancia en el municipio. El último mencionado es un gran problema y un reto por solucionar de parte de la Municipalidad, razón por la cual en este EPS se desarrollaron los diseños correspondientes.
2. La construcción de la red de distribución mejorará la calidad de vida de los habitantes del sector y con el apropiado tratamiento al agua, contribuirá en corto plazo a reducir las enfermedades del tipo gastrointestinal.
3. A través de la investigación de campo, las reuniones con personal del tren de aseo y las visitas a las áreas de trabajo, se determinaron los lugares críticos para la recolección de los desechos. Se propuso realizar el recorrido en ciertas áreas con un camión de baja capacidad, con las dimensiones correctas para ingresar a estos puntos de conflicto. Además, en los lugares donde no ingresa vehículo (pasos de servidumbre) se propuso que los vecinos entreguen los desechos al personal del tren de aseo en un punto específico, los cuales están indicados en los planos.
4. La construcción de la planta de tratamiento de residuos sólidos en Santa Clara La Laguna será el punto de partida para iniciar las acciones del manejo adecuado y la disposición final de los desechos sólidos. Además, reducirá considerablemente la carga de desechos que recibe el vertedero municipal. Quedan únicamente los inorgánicos inertes, los cuales serán el

siguiente proceso que contempla la municipalidad a mediano plazo, con la construcción de un relleno sanitario cercano a donde se ubicará la planta de tratamiento diseñada.



## RECOMENDACIONES

A la municipalidad de Santa Clara La Laguna:

1. Asegurar mediante programas de sensibilización dirigida a escuelas, mercados, iglesias, COCODES y población en general, la adecuada clasificación de los desechos sólidos. Para el correcto funcionamiento de la planta de tratamiento y la optimización de los recursos humanos y materiales, debe realizarse la separación desde los hogares y, de esa manera, ser entregada al personal del tren de aseo.
2. Concientizar a la población del sector Chichiyal acerca del uso y el cuidado del agua, así como de las fuentes para garantizar agua en cantidad y calidad durante el período de diseño del proyecto. También se debe supervisar periódicamente el sistema de desinfección, el mantenimiento de tuberías, obras de arte y tanque de distribución, para garantizar que el sistema preste el servicio para el cual fue diseñado.
3. Para ambos proyectos se debe asegurar la calidad técnica en la construcción. Esto incluye mano de obra calificada para los distintos trabajos a ejecutar, materiales que cumplan las especificaciones y normas y que la supervisión siga los lineamientos del diseño. En lo que corresponda debe de contratarse mano de obra local, para apoyar el desarrollo y la economía del lugar.
4. Desarrollar un plan integral de manejo de desechos sólidos, en el que se incluyan los distintos sectores de la población, las organizaciones

reconocidas a nivel municipal y a los diferentes departamentos de la municipalidad, para que en conjunto contribuyan en el cuidado del medio ambiente y, sobre todo, evitar la contaminación por los desechos sólidos. También deben impulsar, a mediano plazo, la construcción de un relleno sanitario para los desechos inorgánicos inertes.

## 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. 75 p.
2. BARRENO SOLÓRZANO, Eddy Rafael. *Diseño de una planta para el tratamiento de desechos sólidos en el municipio de Fraijanes, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. 176 p.
3. Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de Santa Clara La Laguna. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. Dirección de Planificación Territorial. *Plan de Desarrollo Municipal Santa Clara La Laguna, Sololá 2017-2032*. Guatemala: SEGEPLAN/DTP, 2016. 46 p.
4. ESTRADA SANTOS, Gustavo Adolfo. *Diseño de una red de distribución de agua potable y de un sistema de recolección y tratamiento de residuos sólidos para la cabecera municipal, Casillas, Santa Rosa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2018, 302 p.
5. GALINDO ESCOBAR, José Estuardo. *Guía teórica-práctica para el curso de diseño estructural 2, de la Escuela de Ingeniería Civil, FIUSAC*.

Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017, 151 p.

6. GARCÍA RAMÍREZ, Ángel Gabriel. *Diagnóstico socioeconómico, potenciales productivas y propuestas de inversión. Costos y rentabilidad de unidades agrícolas (producción de café)*. Tesis de grado Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008, 529 p.
7. GIRÓN PÉREZ, Selvin Josué. *Diseño de la edificación de dos niveles para mercado municipal en la cabecera municipal y edificio escolar de dos niveles para aldea Tawayni, municipio de la Unión, departamento de Zacapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012, 217 p.
8. HERRERA MONTERROSO, Raúl Eduardo. *Propuesta de mejoras al sistema de recolección y disposición final de desechos sólidos y edificación de dos niveles y salón de usos múltiples para la asociación de ganaderos, Chiquimula, Chiquimula*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2014. 260 p.
9. Instituto de Fomento Municipal. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. Guatemala: INFOM, 2011. 64 p.

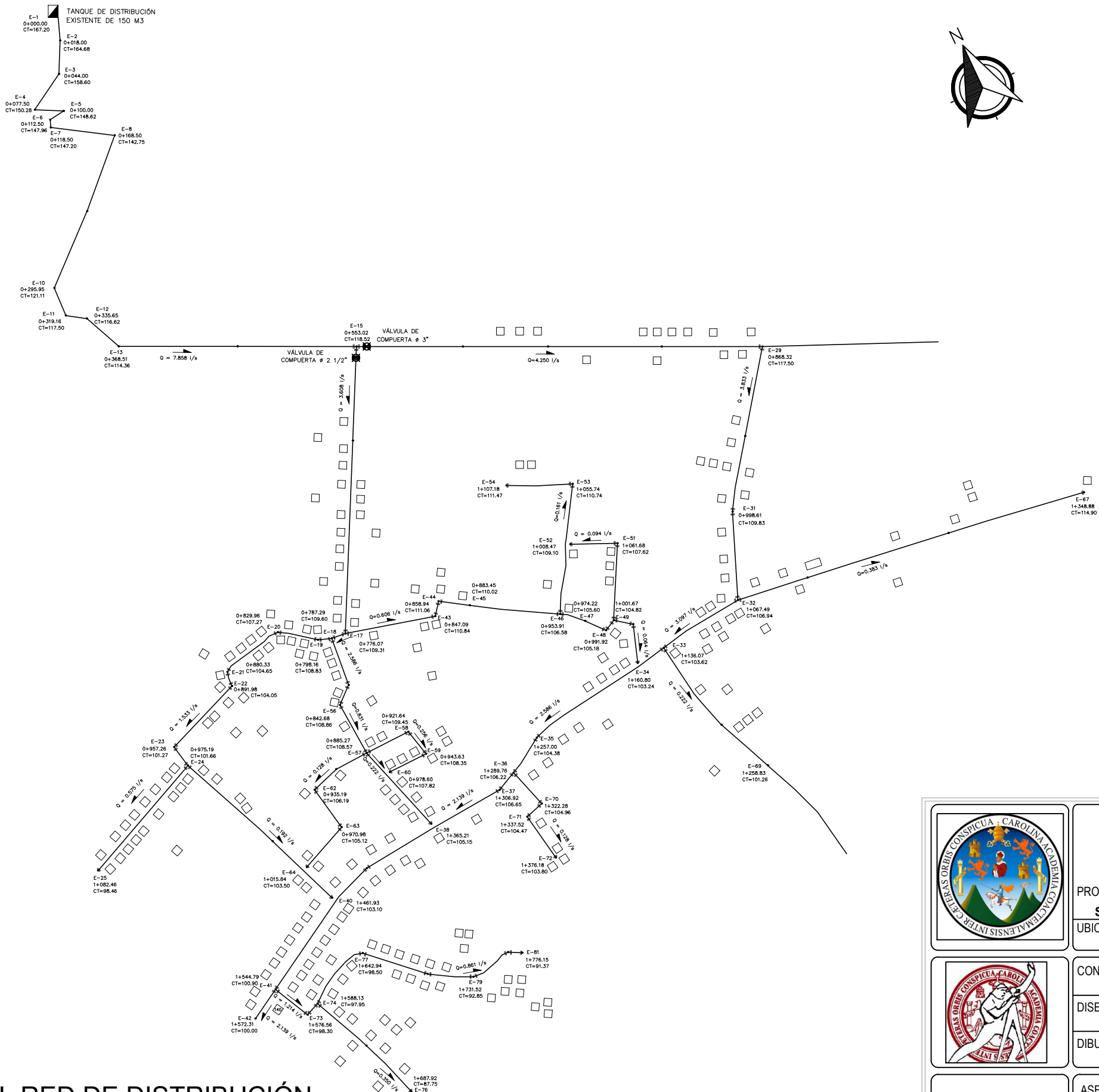
10. JARAMILLO, Jorge. *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. Washington, D.C: Organización Panamericana de la Salud, 1991, 195 p.
11. PELLECCER MENDOZA, Allan Javier. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Los Castro y edificación escolar de dos niveles para el instituto básico por cooperativa María Tecún (IBCOMAT), municipio de Sololá, departamento de Sololá*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013, 284 p.
12. RÖBEN, Eva. *Manual de compostaje para municipios*. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja. Loja Ecuador, 2002, 68 p.
13. SANTOS LÓPEZ, Jessica Fabiola. *Diseño del edificio escolar de dos niveles para la aldea San Luis Pueblo Nuevo y muro de contención en voladizo para la aldea Cerro Niño, Pastores, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013, 441 p.
14. UNDA OPAZO, Francisco. *Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública*. México: Unión Tipográfica Hispano Americana, 1969, 366 p.



## **APÉNDICES**

- Apéndice 1. **Planos constructivos de la red de distribución de agua potable para el sector Chichiyal, municipio de Santa Clara La Laguna, Sololá**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

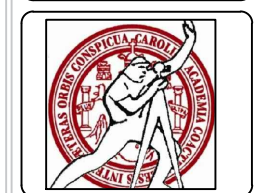


SIMBOLOGÍA AGUA POTABLE	
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	CODO A 90°
	CODO A 45°
	TEE
	CRUZ
	ESTACIÓN
	TAPÓN HEMBRA
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CASA
NOTA: 1.-PROFUNDIDAD MÍNIMA DE TUBERÍA: 1.20 m	



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 UNIDAD DE EPS  
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA

PROYECTO: **SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**  
 UBICACIÓN: **SECTOR CHICHYIAL** DEPARTAMENTO: **SOLOLÁ**



CONTENIDO: **CONJUNTO DE LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN**

DISEÑO Y CÁLCULO: **JOSÉ YAC** ESCALA: **INDICADA**  
 DIBUJO: **JOSÉ YAC** FECHA: **MARZO 2021**

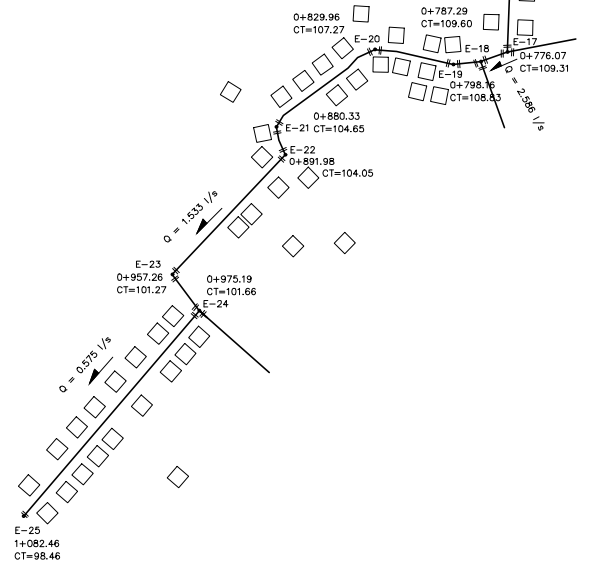
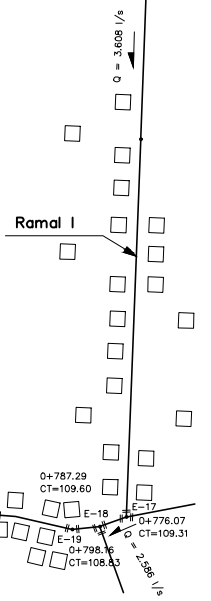
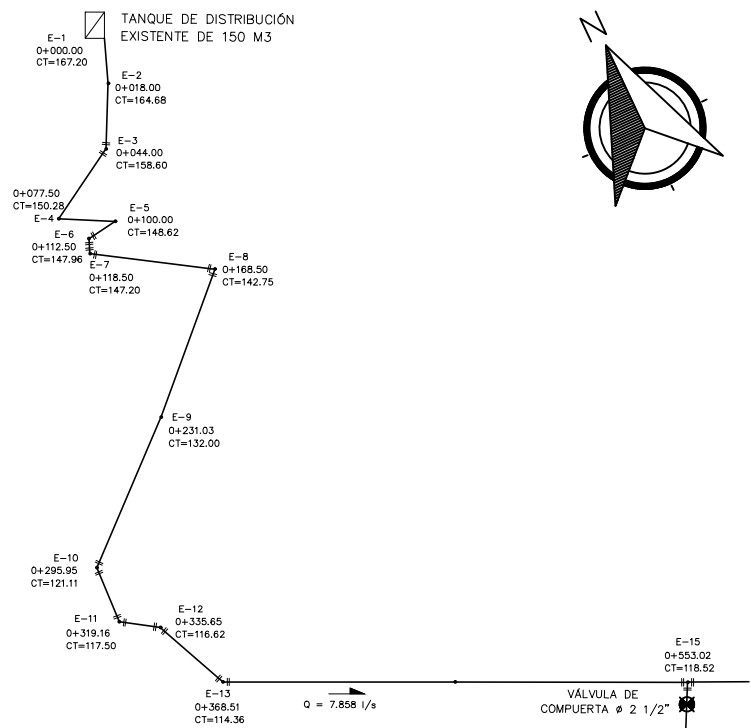
Vo.Bo.

ASESOR-SUPERVISOR:  
**ING. JUAN MERCK COS**

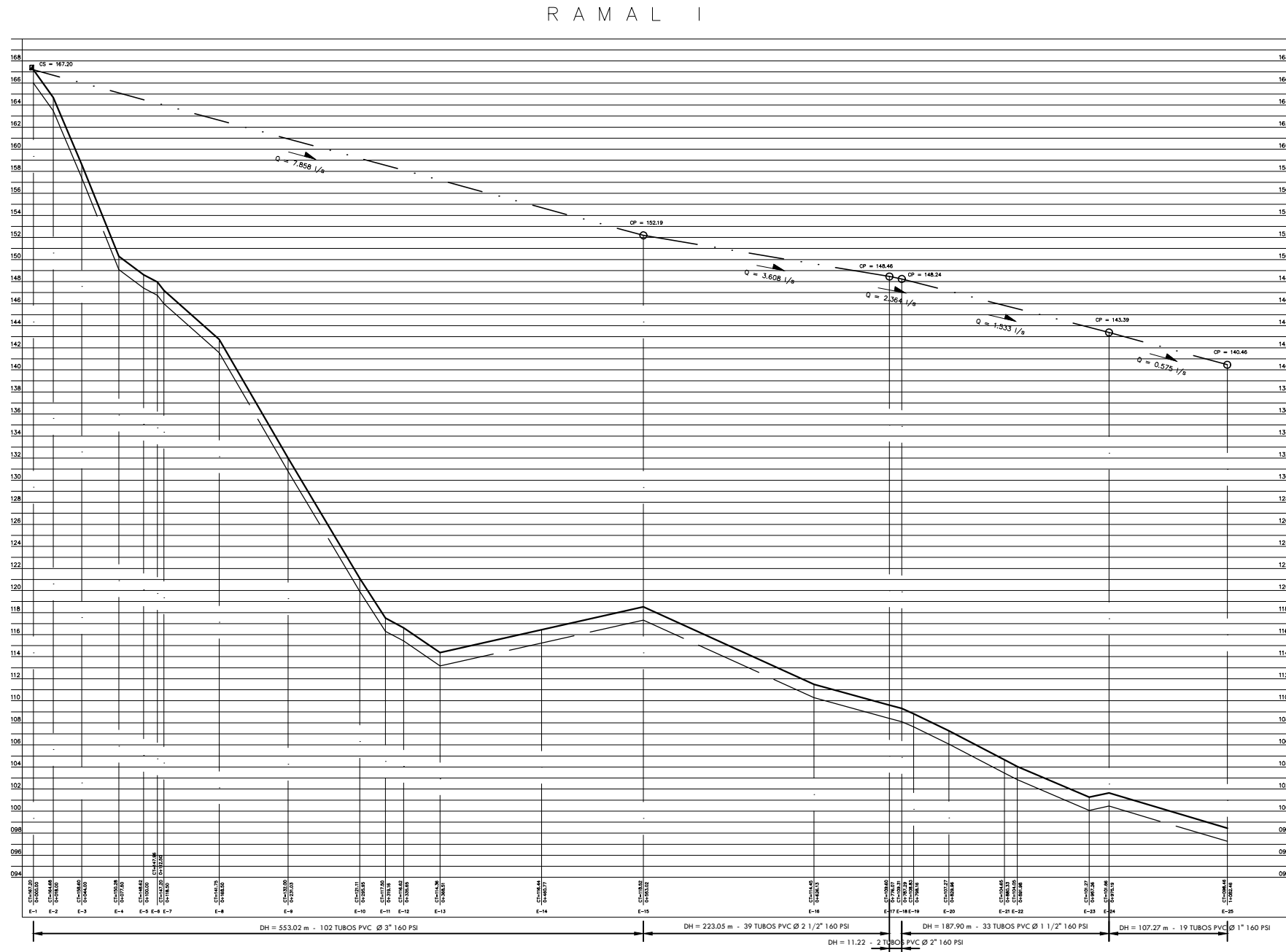
PLANO No.  
**01/06**

**PLANTA GENERAL RED DE DISTRIBUCIÓN**  
 Escala 1:3500





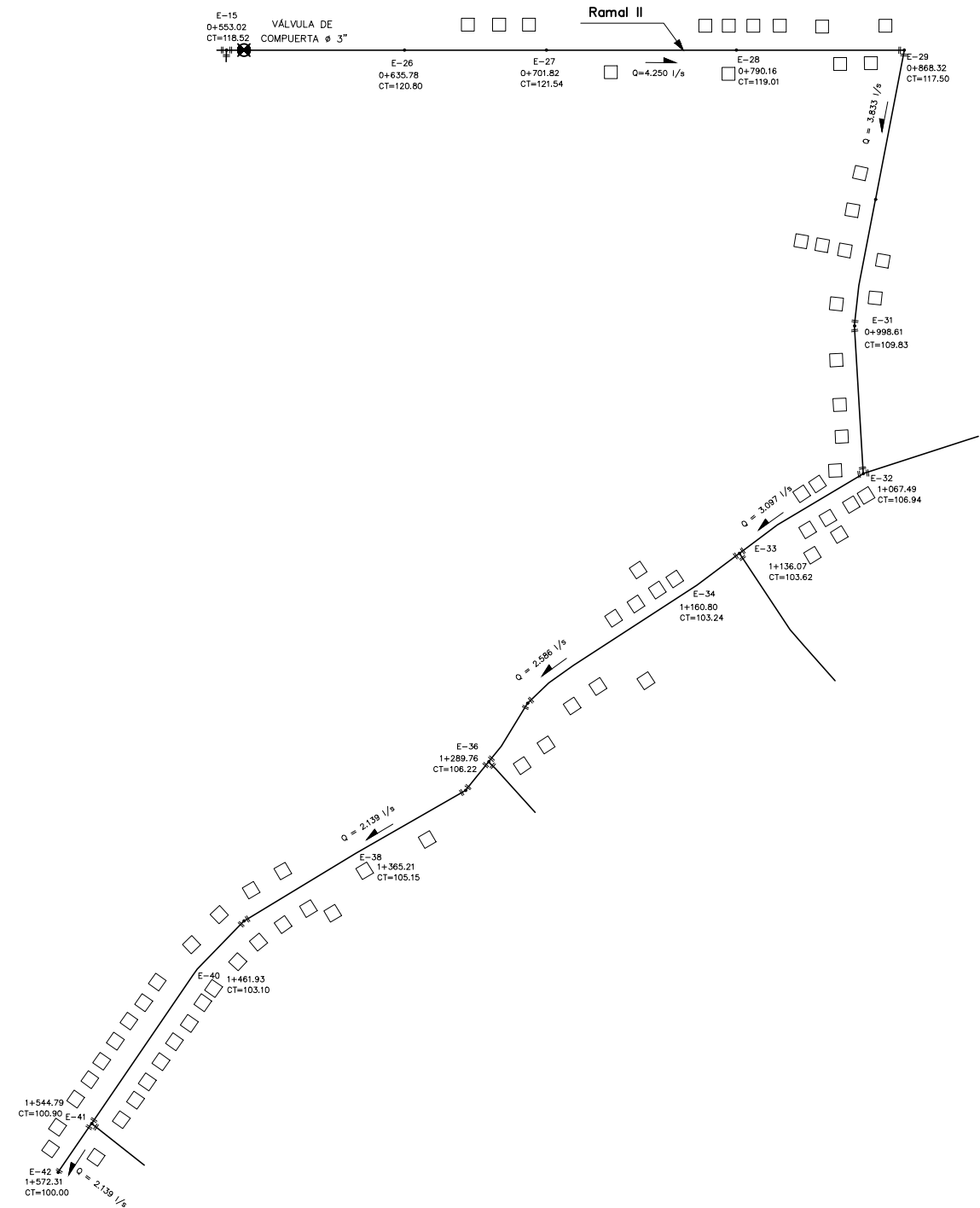
**PLANTA RAMAL I**  
Escala 1:3000



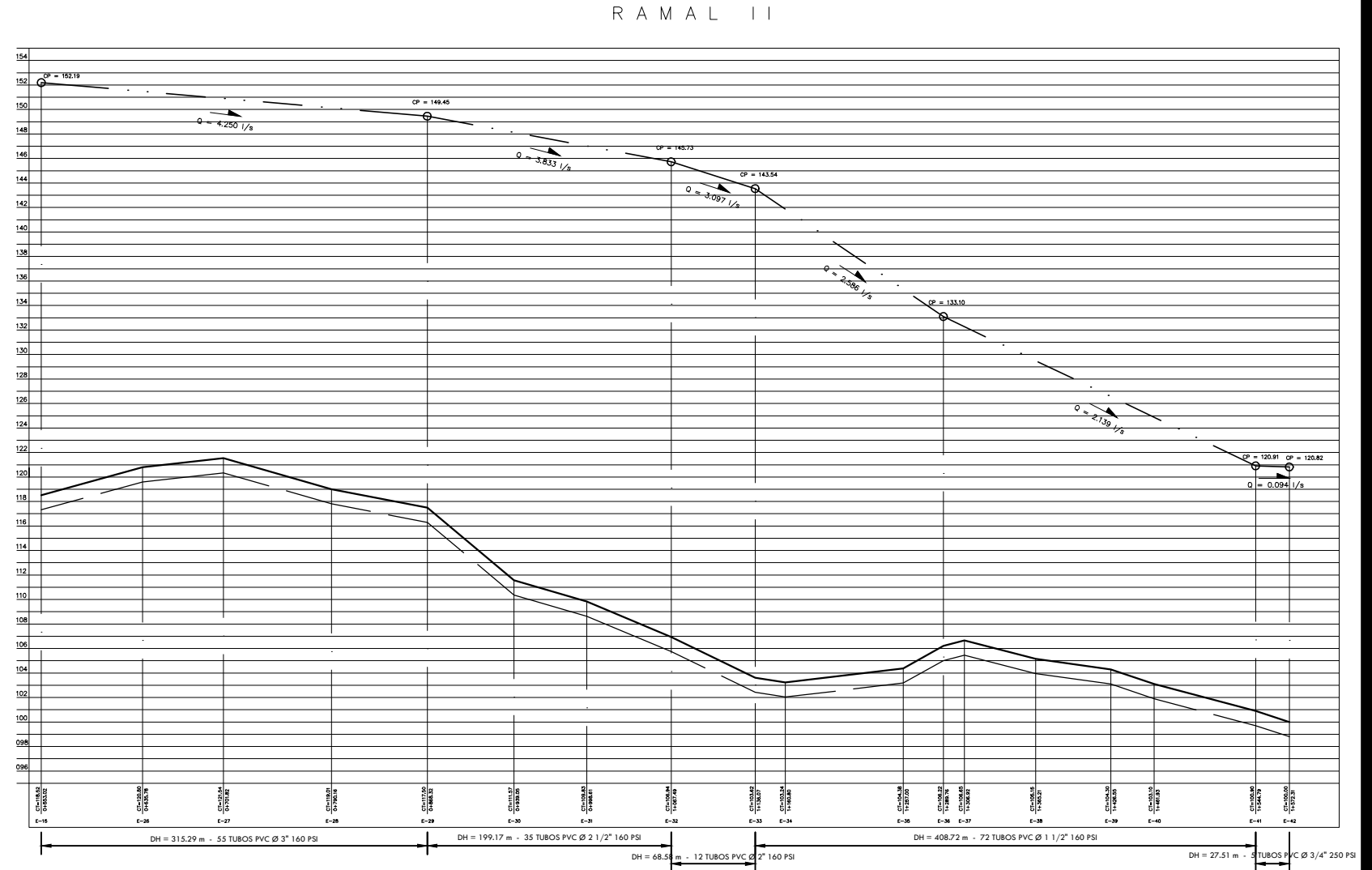
**PERFIL RAMAL I**  
Escala vertical 1:500  
Escala horizontal 1:5000

SIMBOLOGÍA AGUA POTABLE	
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE TERRENO
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	CODO A 90°
	CODO A 45°
	TEE
	CRUZ
	ESTACIÓN
	TAPÓN HEMBRA
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CASA
NOTA: 1.-PROFUNDIDAD MÍNIMA DE TUBERÍA: 1.20 m	

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EPS MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA		
	PROYECTO: <b>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE</b>	UBICACIÓN: <b>SECTOR CHICHYAL</b> DEPARTAMENTO: <b>SOLOLÁ</b>	
	CONTENIDO: <b>LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PLANTA Y PERFIL RAMAL I</b>	DISEÑO Y CÁLCULO: <b>JOSÉ YAC</b> ESCALA: <b>INDICADA</b>	
	DIBUJO: <b>JOSÉ YAC</b>	FECHA: <b>MARZO 2021</b>	
ASESOR-SUPERVISOR: <b>ING. JUAN MERCK COS</b>	PLANO No. <b>02/06</b>		



**PLANTA RAMAL II**  
Escala 1:3000



**PERFIL RAMAL II**  
Escala vertical 1:500  
Escala horizontal 1:5000

**SIMBOLOGÍA AGUA POTABLE**

	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE TERRENO
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	CODO A 90°
	CODO A 45°
	TEE
	CRUZ
	ESTACIÓN
	TAPÓN HEMBRA
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CASA

NOTA:  
1.- PROFUNDIDAD MÍNIMA DE TUBERÍA: 1.20 m

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS  
MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA

PROYECTO: **SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

UBICACIÓN: **SECTOR CHICHİYAL** DEPARTAMENTO: **SOLOLÁ**

CONTENIDO: **LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PLANTA Y PERFIL RAMAL II**

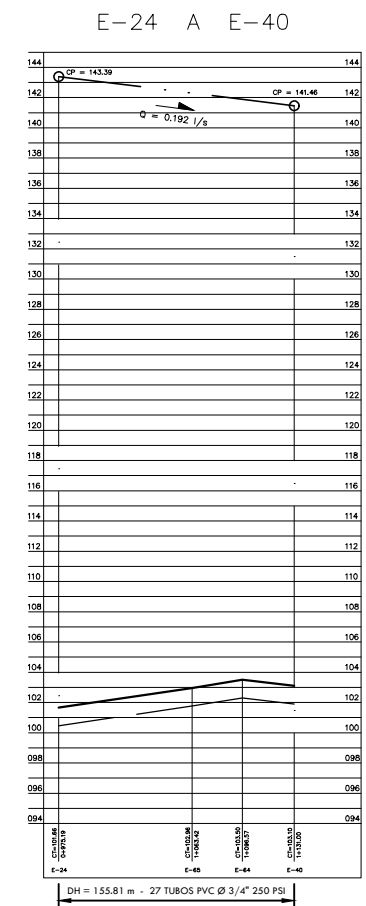
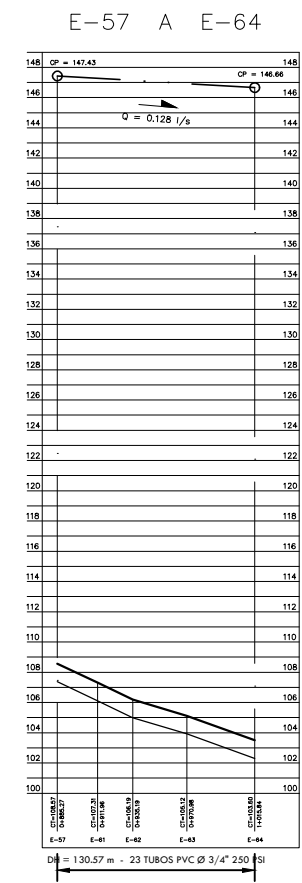
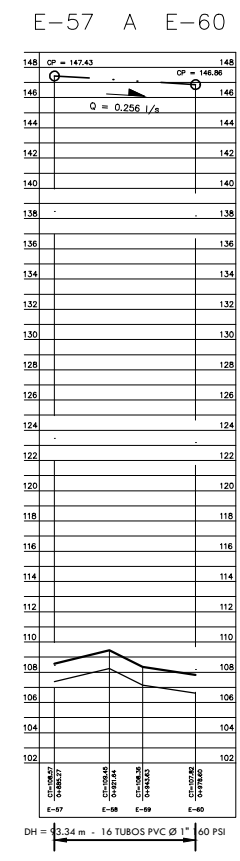
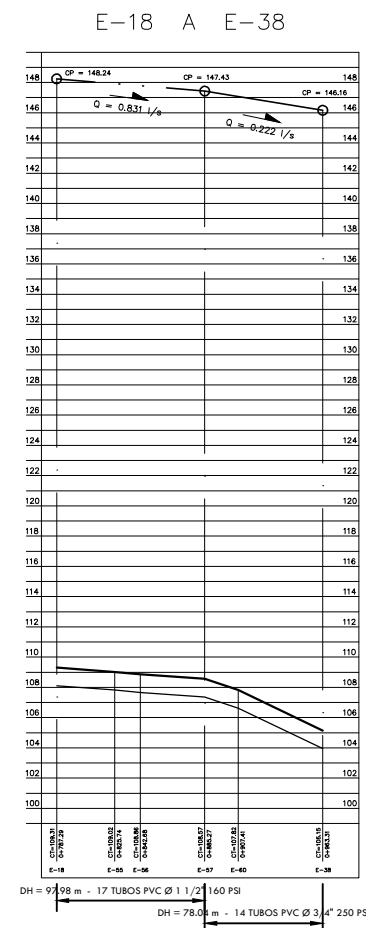
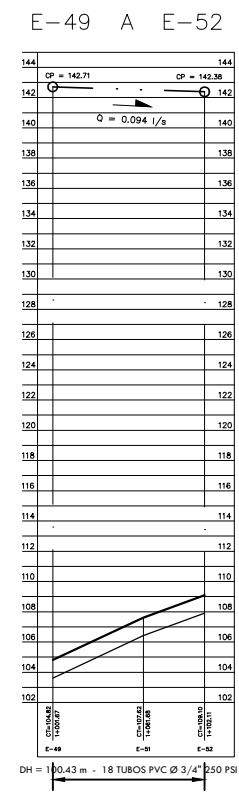
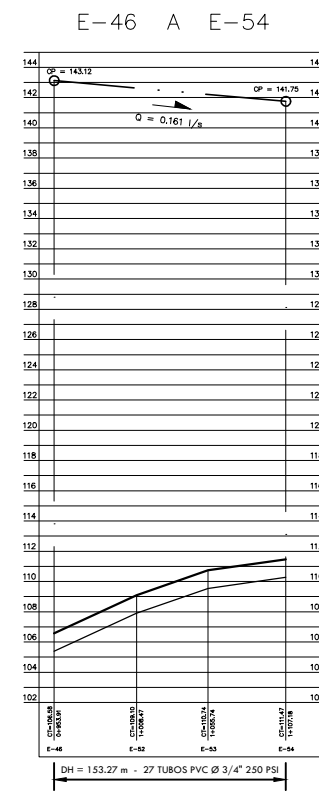
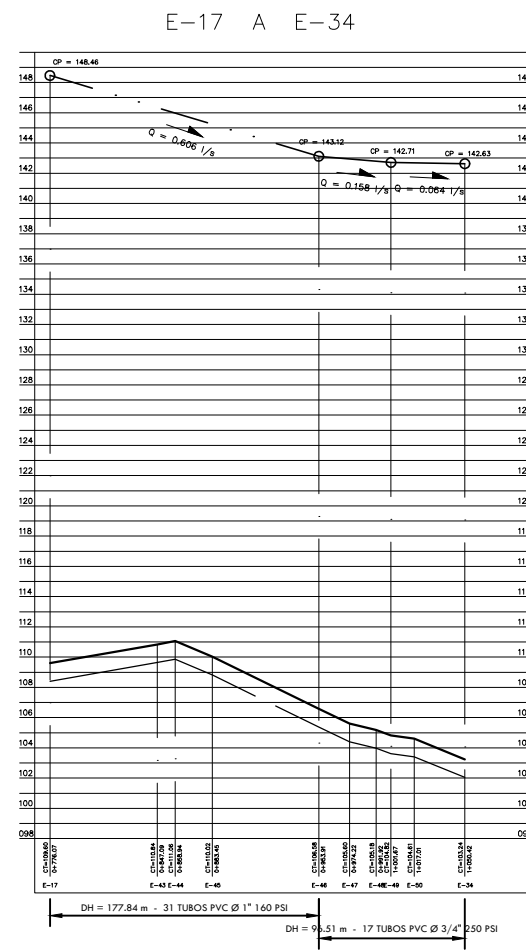
DISEÑO Y CÁLCULO: **JOSÉ YAC** ESCALA: **INDICADA**

DIBUJO: **JOSÉ YAC** FECHA: **MARZO 2021**

ASESOR-SUPERVISOR: **ING. JUAN MERCK COS**

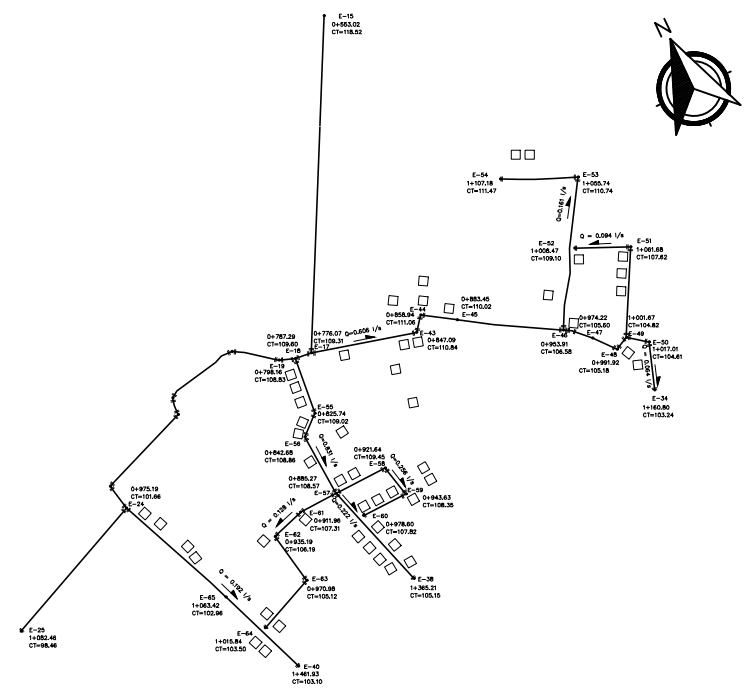
PLANO No.  
**03/06**

Vo.Bo.



## PERFILES SUBRAMALES I

Escala vertical 1:500  
Escala horizontal 1:5000



## PLANTA SUBRAMALES I

Escala 1:500

SIMBOLOGÍA AGUA POTABLE	
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE TERRENO
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	CODO A 90°
	CODO A 45°
	TEE
	CRUZ
	ESTACIÓN
	TAPÓN HEMBRA
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CASA

NOTA:  
1.-PROFUNDIDAD MÍNIMA DE TUBERÍA: 1.20 m

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS  
MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA

PROYECTO: **SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**

UBICACIÓN: **SECTOR CHICHYAL** DEPARTAMENTO: **SOLOLÁ**

CONTENIDO: **LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN PLANTA Y PERFIL SUBRAMALES I**

DISEÑO Y CÁLCULO: **JOSÉ YAC** ESCALA: **INDICADA**

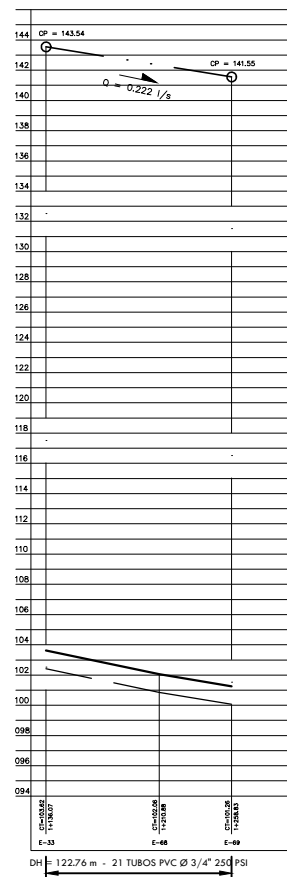
DIBUJO: **JOSÉ YAC** FECHA: **MARZO 2021**

ASESOR-SUPERVISOR: **ING. JUAN MERCK COS**

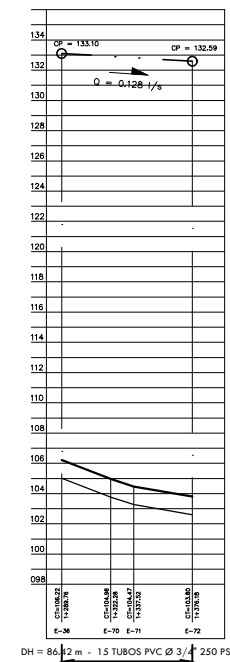
PLANO No. **04/06**

Vo.Bo.

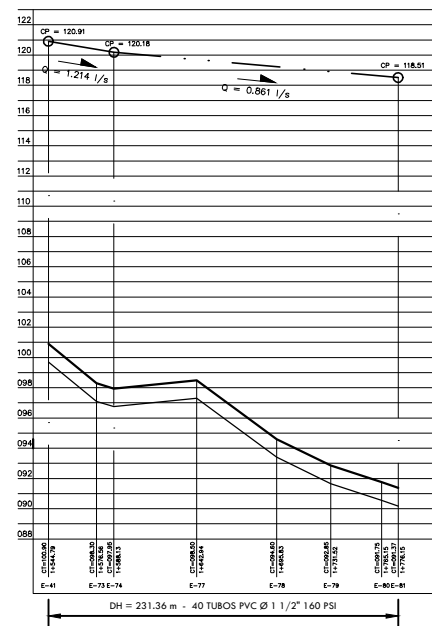
E-33 A E-69



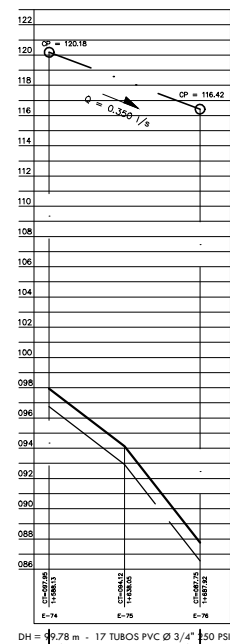
E-36 A E-72



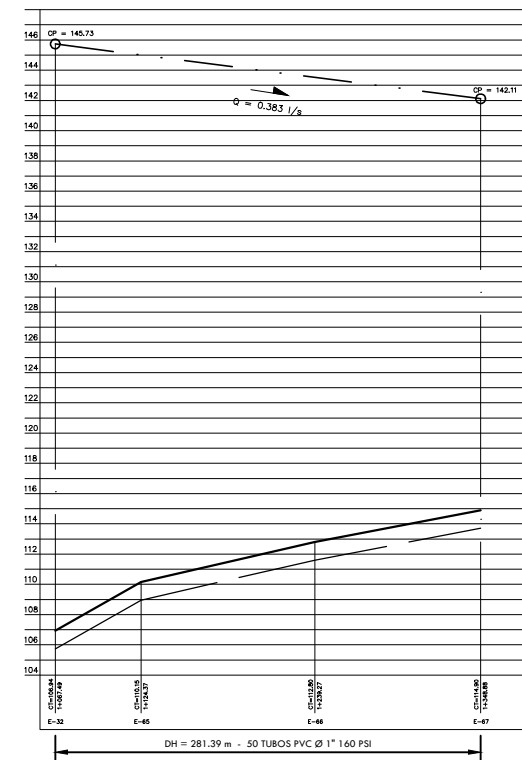
E-41 A E-81



E-74 A E-76



E-32 A E-67

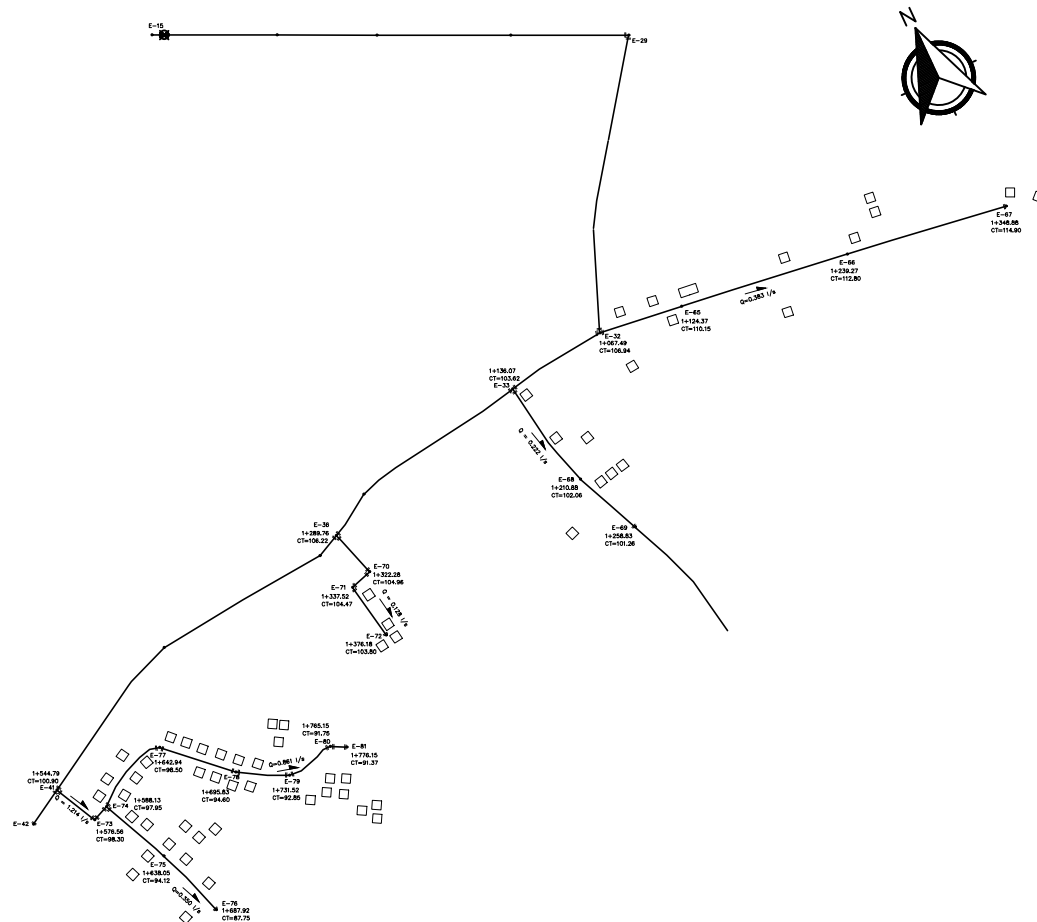


SIMBOLOGÍA AGUA POTABLE	
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	TUBERIA DE DISTRIBUCIÓN
	LÍNEA DE TERRENO
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	CODO A 90°
	CODO A 45°
	TEE
	CRUZ
	ESTACIÓN
	TAPÓN HEMBRA
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CASA

NOTA:  
1.-PROFUNDIDAD MÍNIMA DE TUBERÍA: 1.20 m

## PERFILES SUBRAMALES II

Escala vertical 1:500  
Escala horizontal 1:5000



## PLANTA SUBRAMALES II

Escala 1:500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS  
MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA

PROYECTO: **SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE**  
UBICACIÓN: **SECTOR CHICHİYAL** DEPARTAMENTO: **SOLOLÁ**



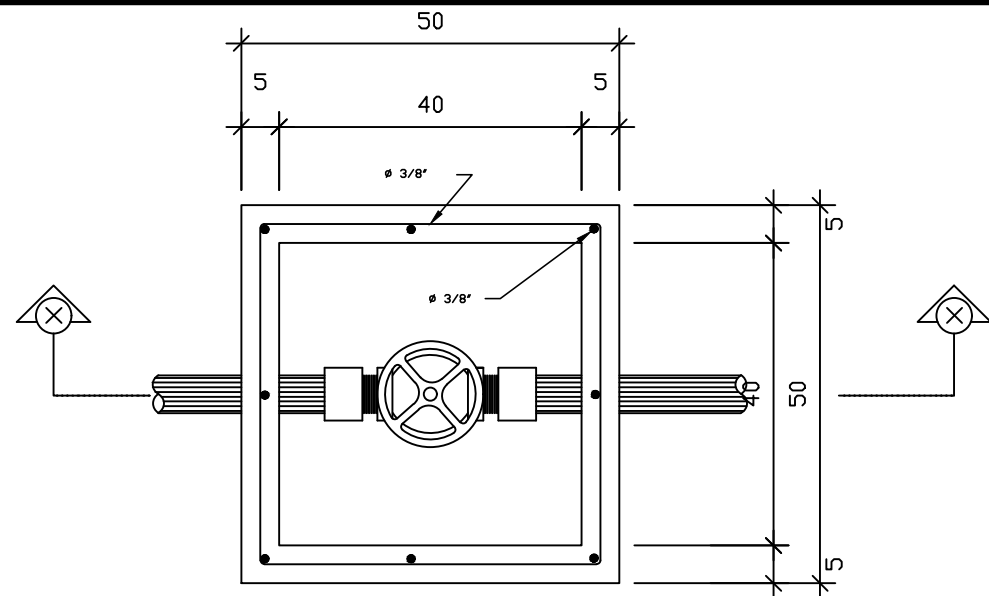
CONTENIDO: **LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN  
PLANTA Y PERFIL SUBRAMALES II**

DISEÑO Y CÁLCULO: **JOSÉ YAC** ESCALA: **INDICADA**

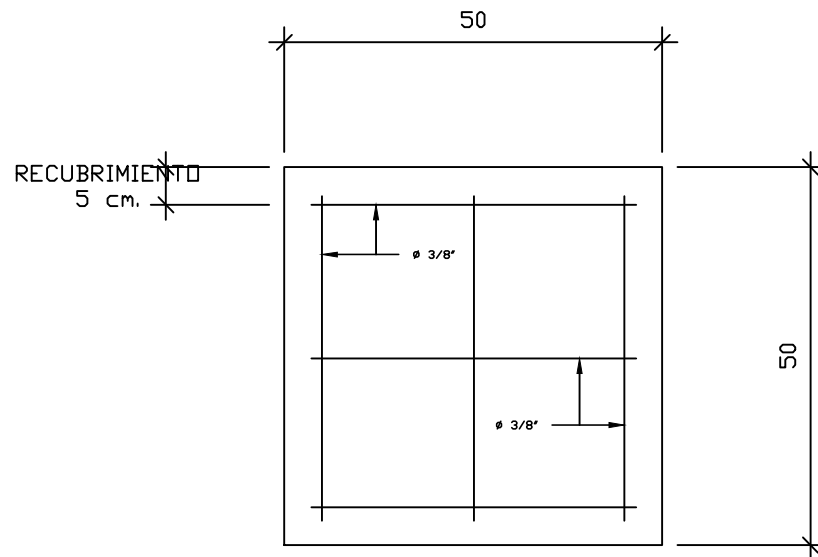
DIBUJO: **JOSÉ YAC** FECHA: **MARZO 2021**

ASESOR-SUPERVISOR: **ING. JUAN MERCK COS** PLANO No. **05/06**

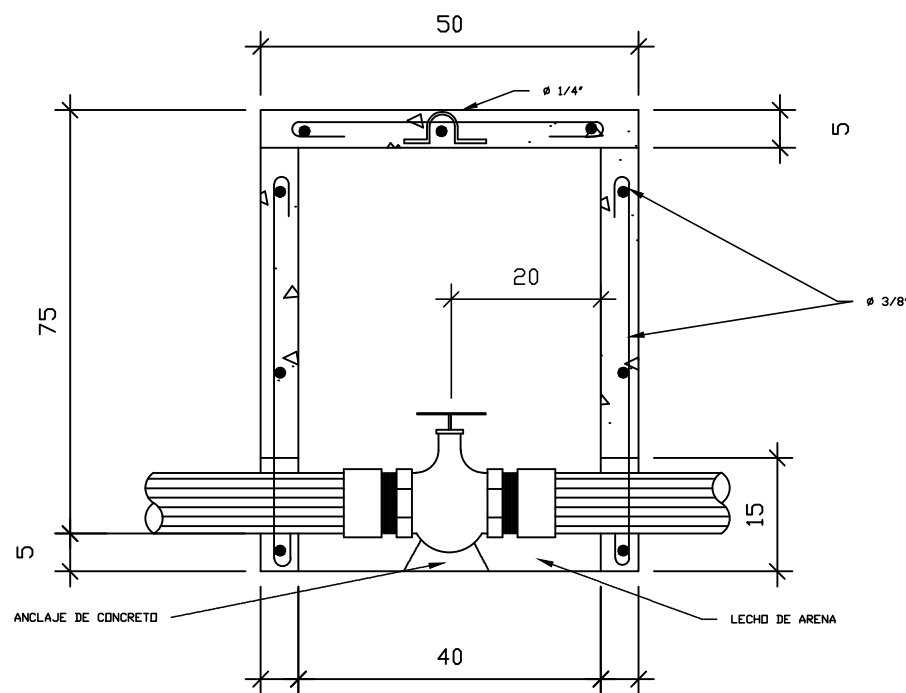
Vo.Bo.



PLANTA  
CAJA PARA VALVULAS  
ESCALA 1:10



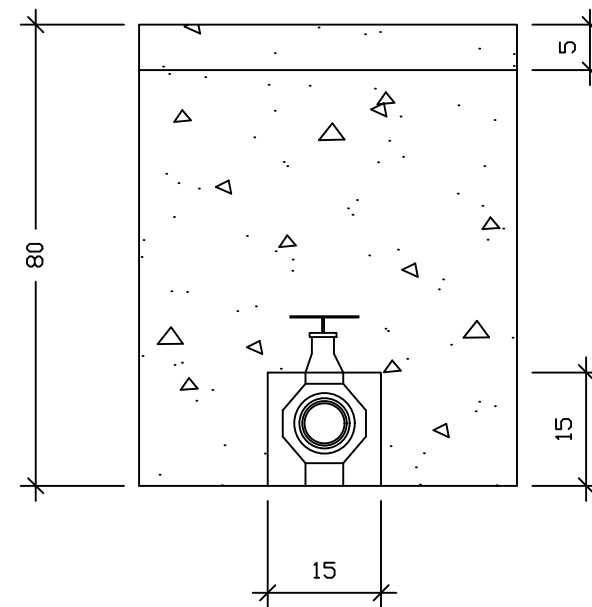
PLANTA  
CAJA PARA VALVULAS  
ESCALA 1:10



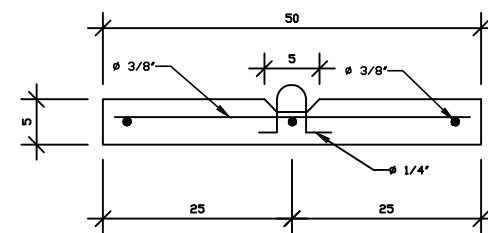
CORTE X-X  
CAJA PARA VALVULAS  
ESCALA 1:10

NOTAS:

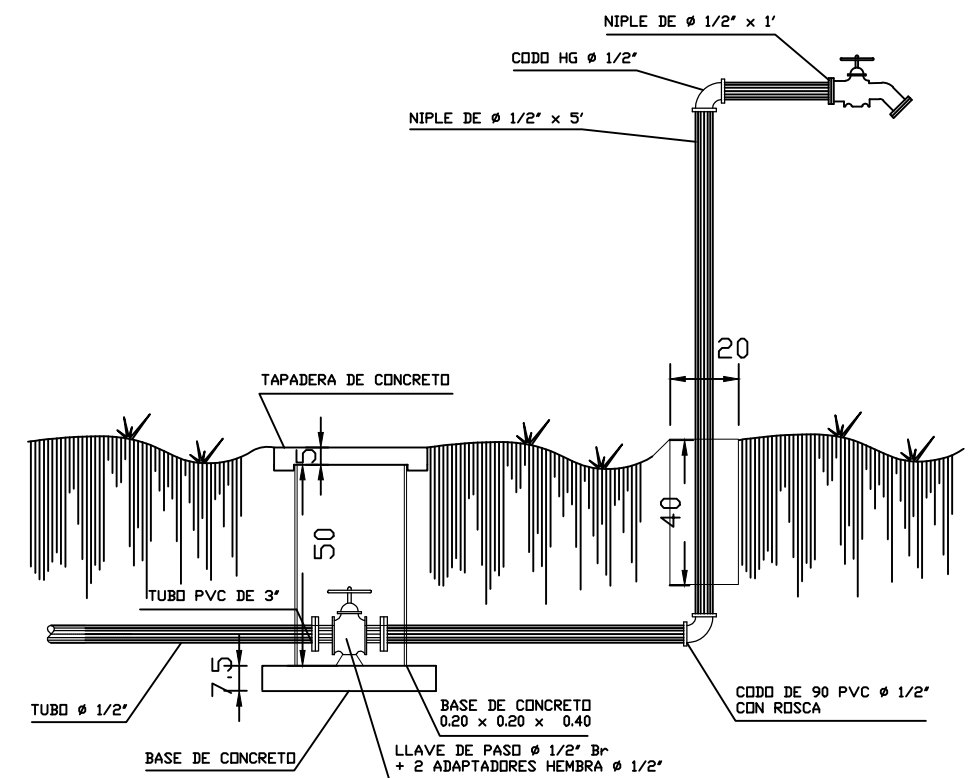
- 1- LAS VALVULAS SE ASENTARAN SOBRE UN LECHO DE ARENA PARA FACILITAR EL DRENAJE
- 2- LAS CAJAS Y TAPADERAS SE CONSTRUIRAN DE CONCRETO  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- 3- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN CENTIMETROS
- 4- EL HIERRO DE REFUERZO SERA DE  $\phi 3/8"$
- 5- TODAS LAS PAREDES DEBEN IR ALIZADAS CON SABIETA PROPORCIÓN 1 CEMENTO, 2 ARENA DE RIO



ELEVACION  
CAJA PARA VALVULAS  
ESCALA 1:10



DETALLE  
TAPADERA DE CAJA PARA VALVULAS  
ESCALA 1:10

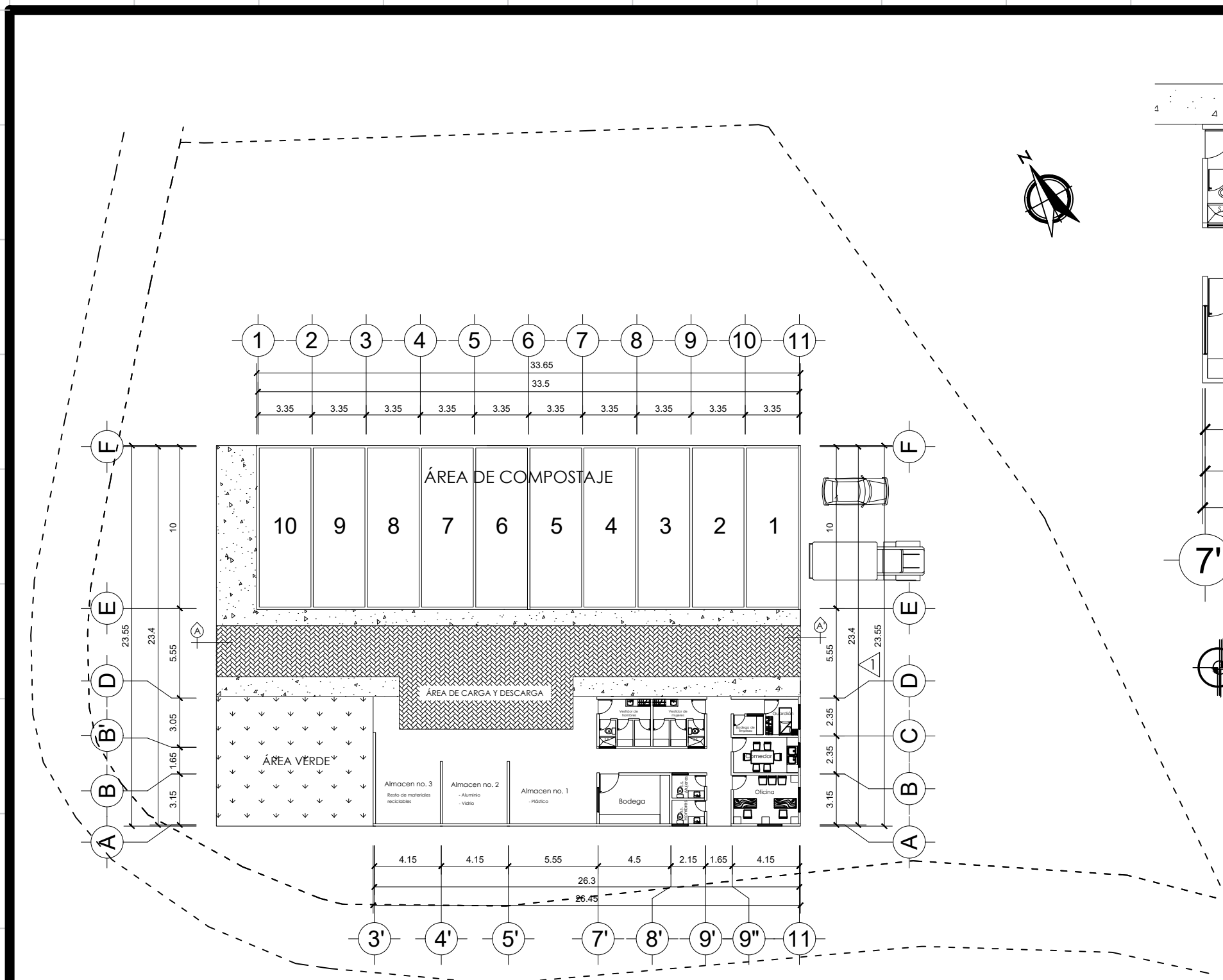


DETALLE  
CONEXIÓN PREDIAL  
SIN ESCALA

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EPS MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA	
	PROYECTO: <b>SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE</b>	DEPARTAMENTO: <b>SOLOLÁ</b>
UBICACIÓN: <b>SECTOR CHICHYIAL</b>	CONTENIDO: <b>DETALLE DE CAJA PARA VÁLVULAS Y CONEXIÓN PREDIAL</b>	
DISEÑO Y CÁLCULO: <b>JOSÉ YAC</b>	ESCALA: <b>INDICADA</b>	
DIBUJO: <b>JOSÉ YAC</b>	FECHA: <b>MARZO 2021</b>	
ASESOR-SUPERVISOR: <b>ING. JUAN MERCK COS</b>	PLANO No. <b>06/06</b>	

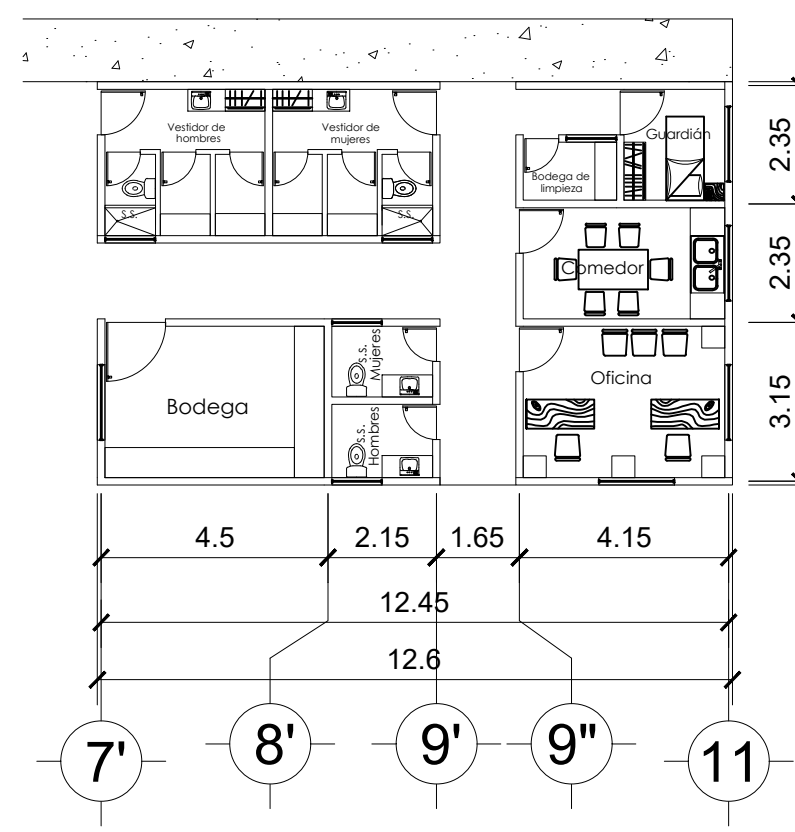
Apéndice 2. **Planos constructivos de la planta de tratamiento de residuos sólidos para el municipio de Santa Clara La Laguna, Sololá**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



**PLANTA CONJUNTO**

Escala 1:300



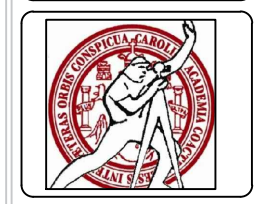
**PLANTA AMUEBLADA**

Escala 1:150



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 UNIDAD DE EPS  
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA

PROYECTO: **PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS**  
 UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA DEPARTAMENTO: SOLOLÁ

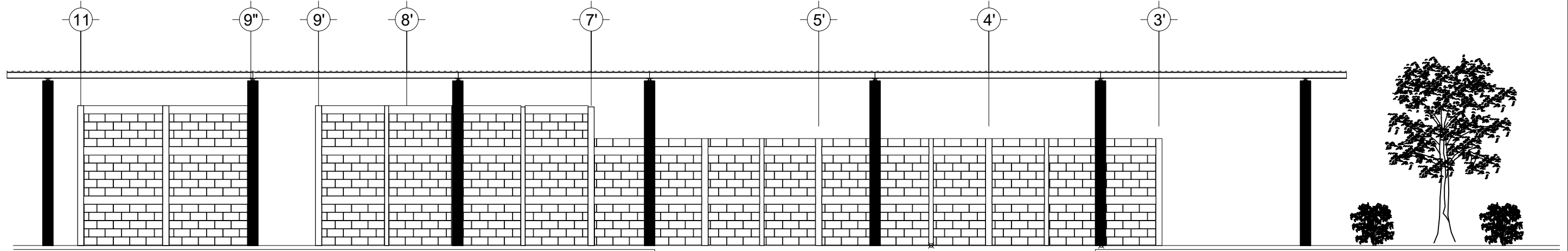


CONTENIDO: **PLANTA AMUEBLADA**

DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC ESCALA: INDICADA  
 DIBUJO: JOSÉ YAC FECHA: MARZO 2021

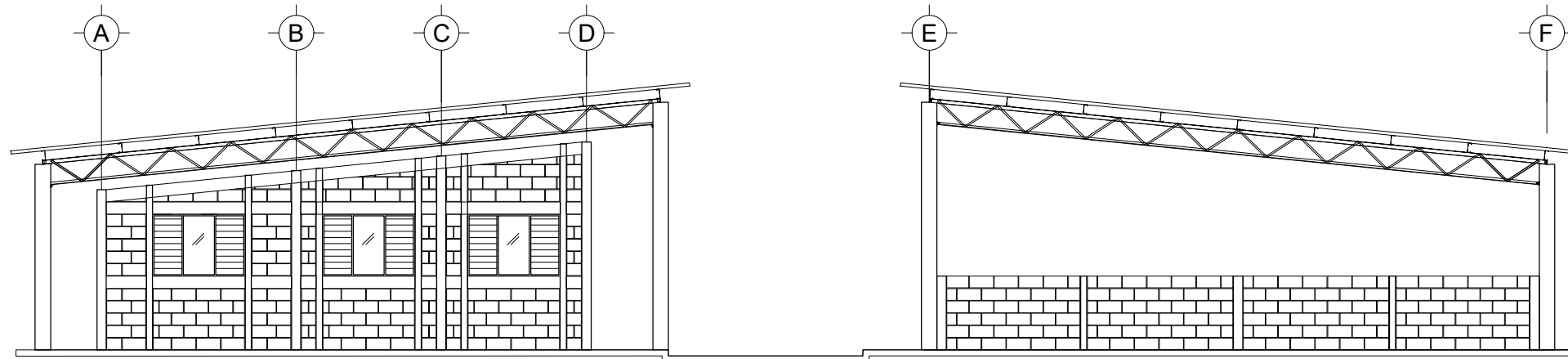
ASESOR-SUPERVISOR: **ING. JUAN MERCK COS** PLANO No. **01/16**

Vo.Bo.




SECCIÓN LONGITUDINAL A-A'

Escala 1:100

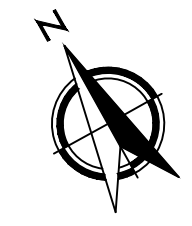
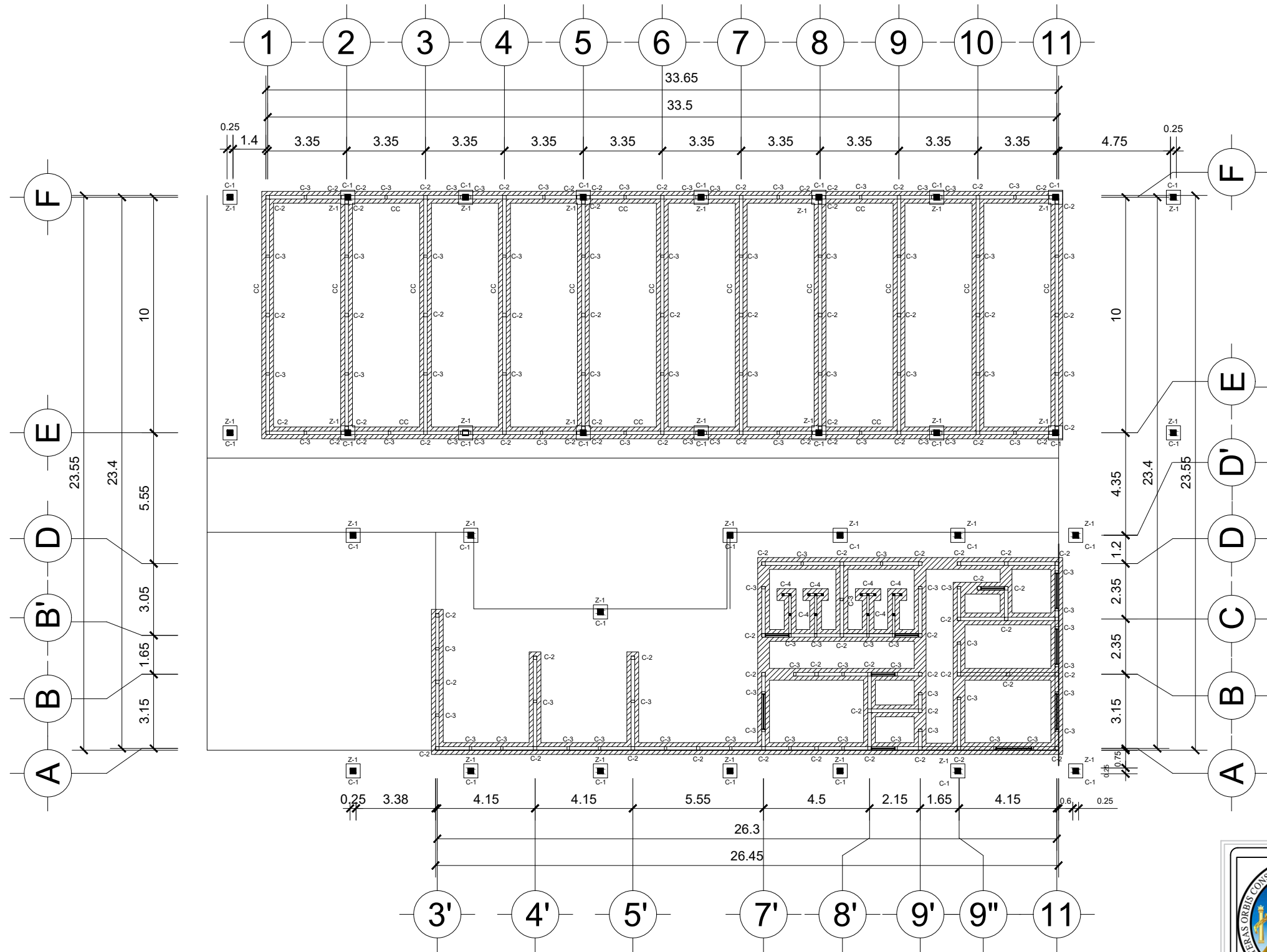


ELEVACIÓN FRONTAL (1)

Escala 1:75

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EPS MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA	
	PROYECTO: <b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>	DEPARTAMENTO: SOLOLÁ
	CONTENIDO: <b>ELEVACIÓN Y SECCIÓN</b>	
	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC	ESCALA: INDICADA
	DIBUJO: JOSÉ YAC	FECHA: MARZO 2021
Vo.Bo.	ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS	PLANO No. <b>02/16</b>






### ESPECIFICACIONES

- $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2; 3,000 \text{ psi}$
- $f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2; 40,000 \text{ psi}$
- Block Tipo C ( $f'_m = 35 \text{ kg/cm}^2$ )
- Agregado grueso =  $1/2''$
- El doblaje para cualquier gancho normal será de 4 veces el diámetro de la varilla, no menor a 6.5 cm ni mayor a 10 cm.
- El recubrimiento lateral para columnas será de 3.0 cm
- El recubrimiento inferior para cimentaciones será de 7.5 cm
- Gancho estandar a  $135^\circ$
- Traslapes mínimos:
  - No. 3 - 30 cm
  - No. 4 - 40 cm

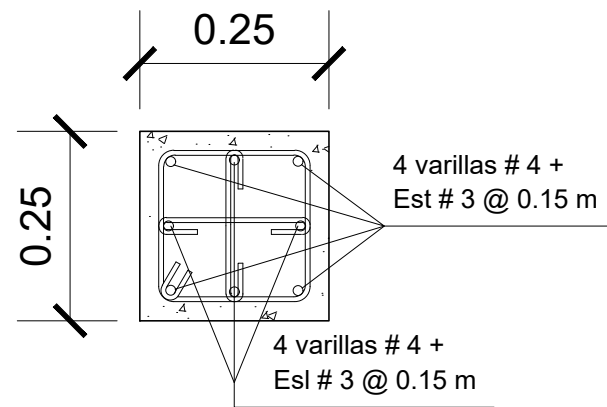
## PLANTA DE CIMENTACIÓN Y COLUMNAS

Escala 1:200

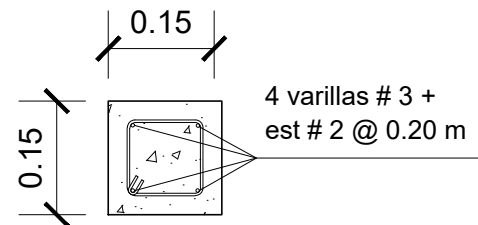


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EPS MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA	
	PROYECTO: <b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>	
UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA		DEPARTAMENTO: SOLOLÁ
CONTENIDO: <b>PLANO DE CIMENTACIÓN Y COLUMNAS</b>		
DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC	ESCALA: INDICADA	
DIBUJO: JOSÉ YAC	FECHA: MARZO 2021	
ASESOR-SUPERVISOR:  ING. JUAN MERCK COS		PLANO No.  <b>03/16</b>

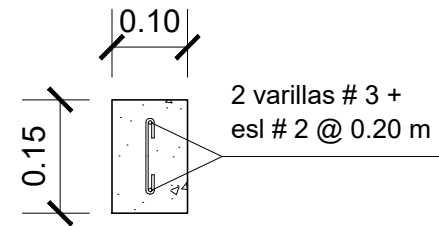
Vo.Bo.



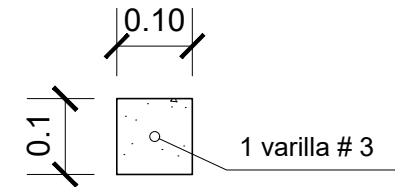
COLUMNA C-1



COLUMNA C-2



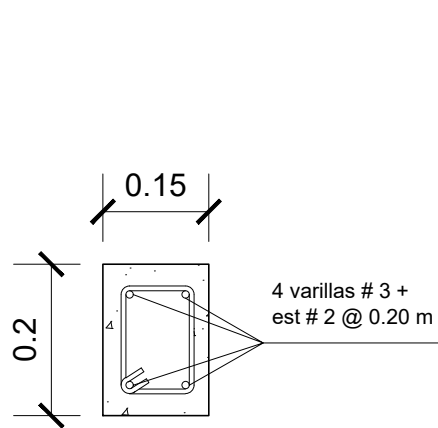
COLUMNA C-3



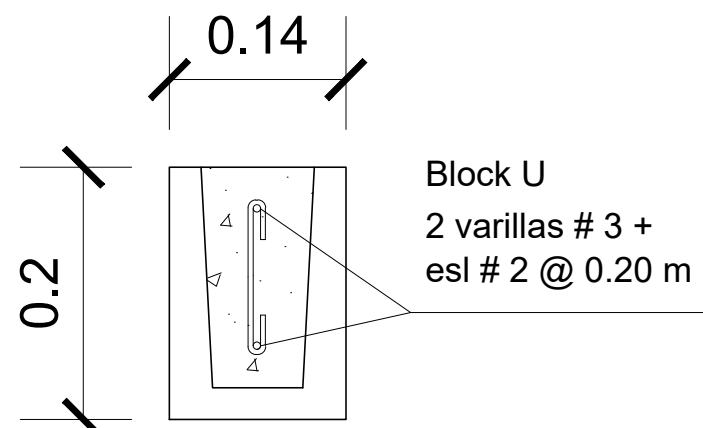
COLUMNA C-4

## DETALLES DE COLUMNAS

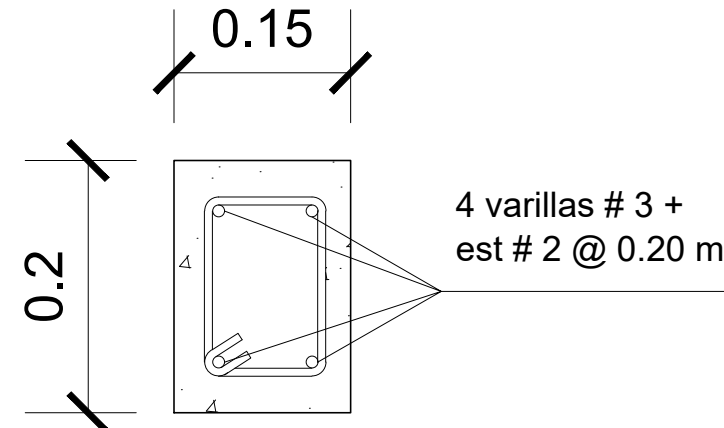
Escala 1:10



SOLERA DE HUMEDAD



SOLERA TIPO U  
PARA PILAS, CORONA O DINTEL



SOLERA INTERMEDIA

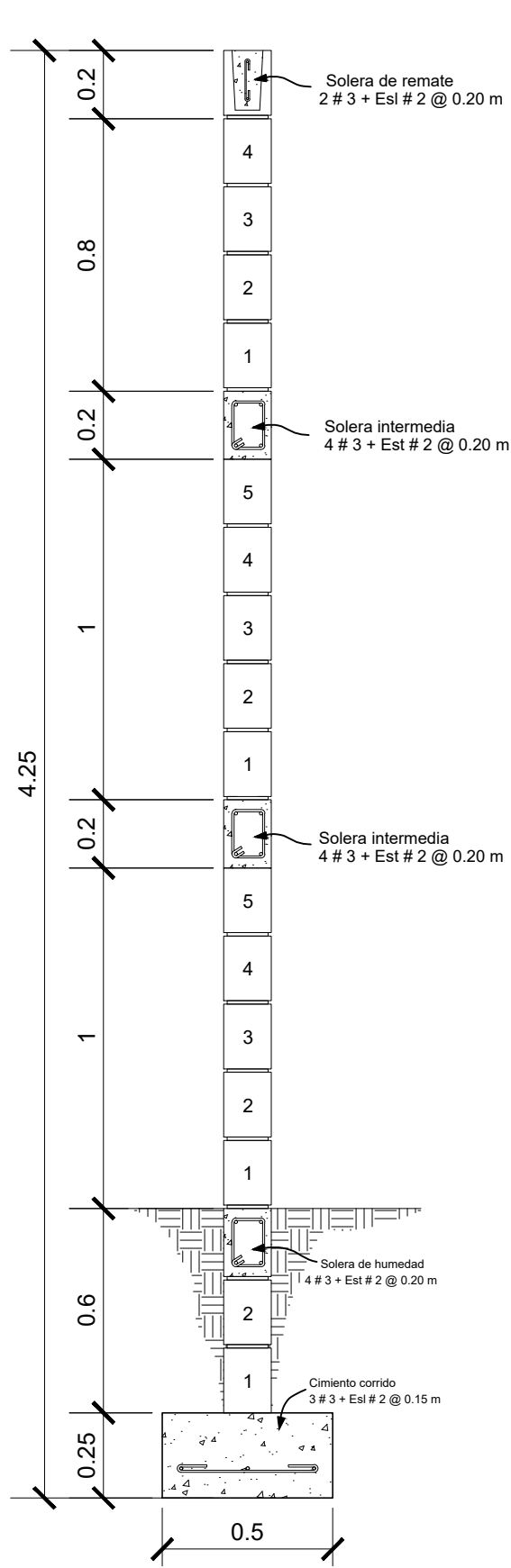
## DETALLES DE SOLERAS

Escala 1:10

## ESPECIFICACIONES

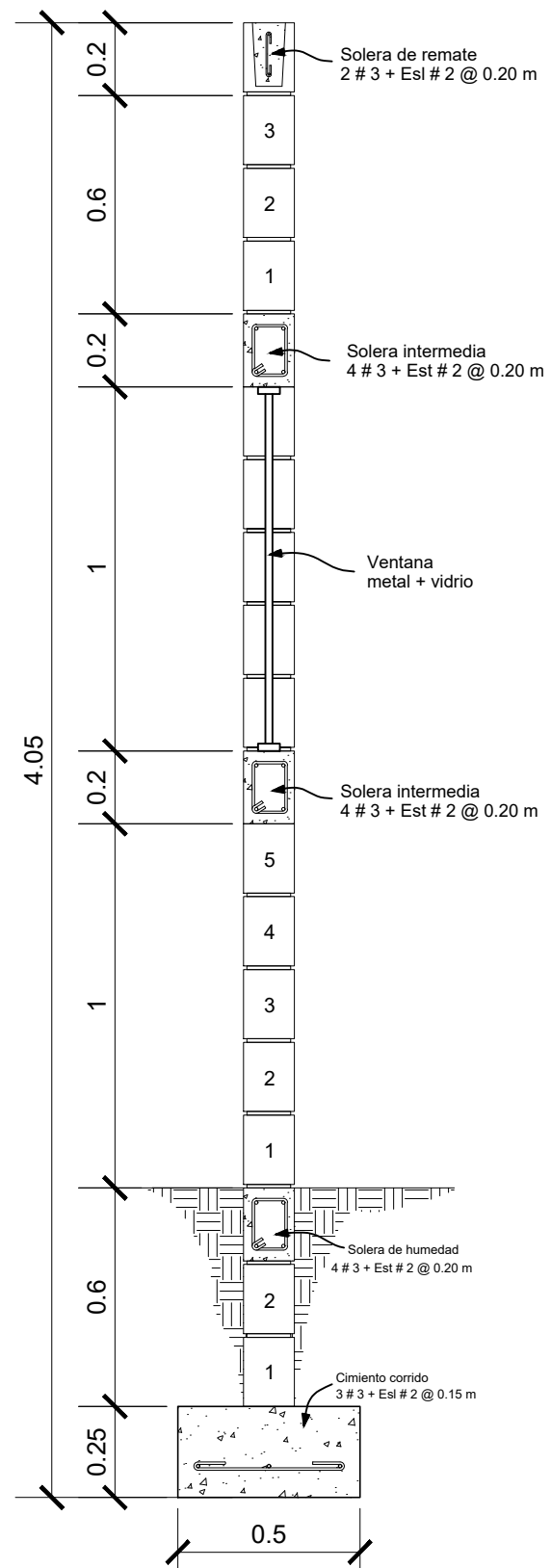
- $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2; 3,000 \text{ psi}$
- $f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2; 40,000 \text{ psi}$
- Block Tipo C ( $f'm = 35 \text{ kg/cm}^2$ )
- Agregado grueso = 1/2"
- El doblaje para cualquier gancho normal será de 4 veces el diámetro de la varilla, no menor a 6.5 cm ni mayor a 10 cm.
- El recubrimiento lateral para columnas será de 3.0 cm
- El recubrimiento inferior para cimentaciones será de 7.5 cm
- Gancho estándar a  $135^\circ$
- Traslapes mínimos:
  - No. 3 - 30 cm
  - No. 4 - 40 cm

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EPS MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA		
	PROYECTO: <b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>	UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA DEPARTAMENTO: SOLOLÁ	
	CONTENIDO: <b>DETALLES DE CIMENTACIÓN Y COLUMNAS</b>		
	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC	ESCALA: INDICADA	
DIBUJO: JOSÉ YAC	FECHA: MARZO 2021		ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS
Vo.Bo.	PLANO No. <b>04/16</b>		



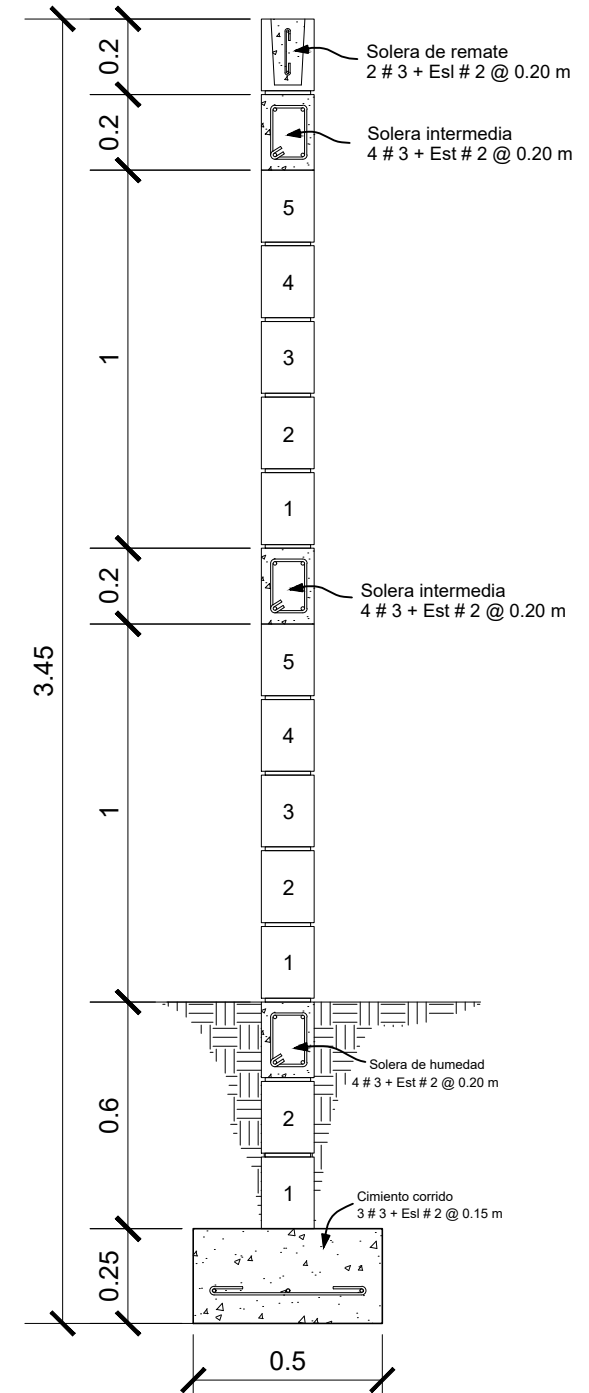
**CORTE DE MURO D-D'**

Escala 1:20



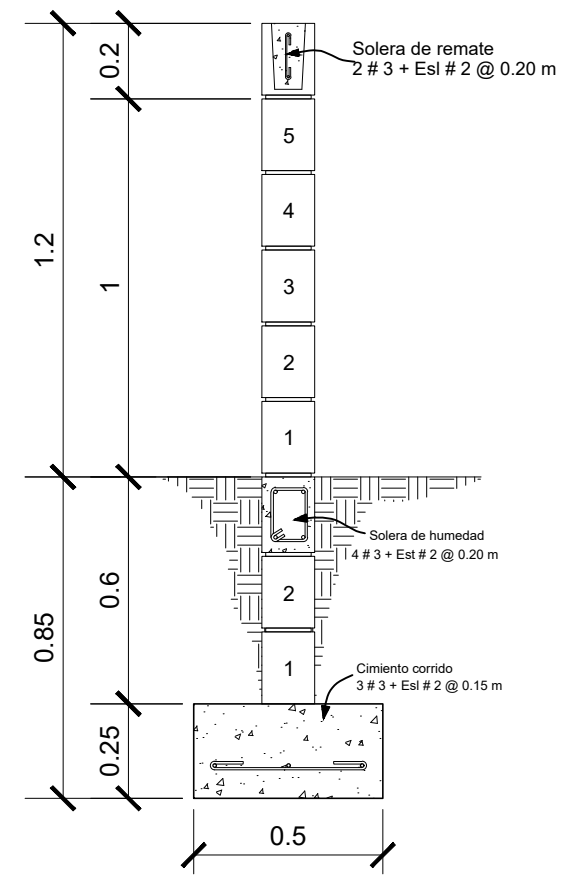
**CORTE DE MURO C-C'**

Escala 1:20



**CORTE DE MURO A-A'**

Escala 1:20



**CORTE TÍPICO**

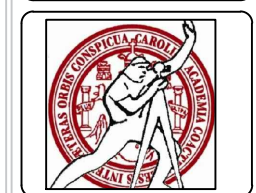
PILA DE COMPOSTAJE

Escala 1:20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS  
MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA

PROYECTO: **PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS**  
UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA DEPARTAMENTO: SOLOLÁ

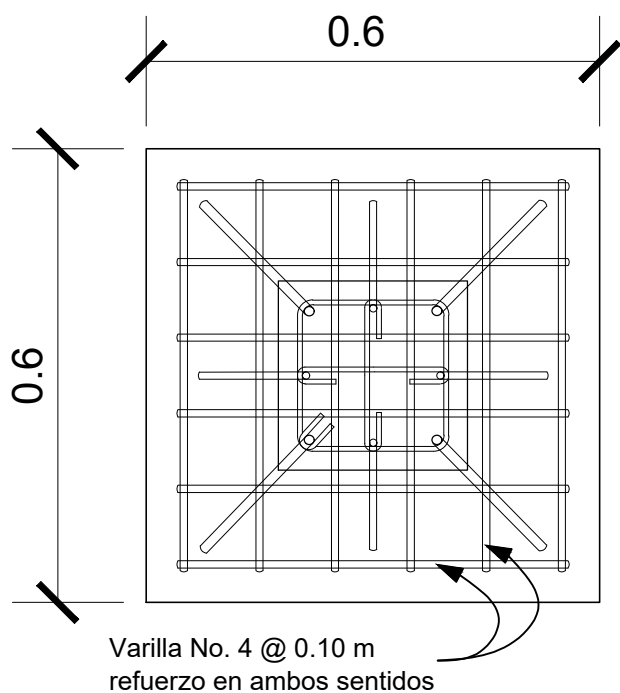


CONTENIDO: **CORTES DE MUROS**  
DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC ESCALA: INDICADA  
DIBUJO: JOSÉ YAC FECHA: MARZO 2021

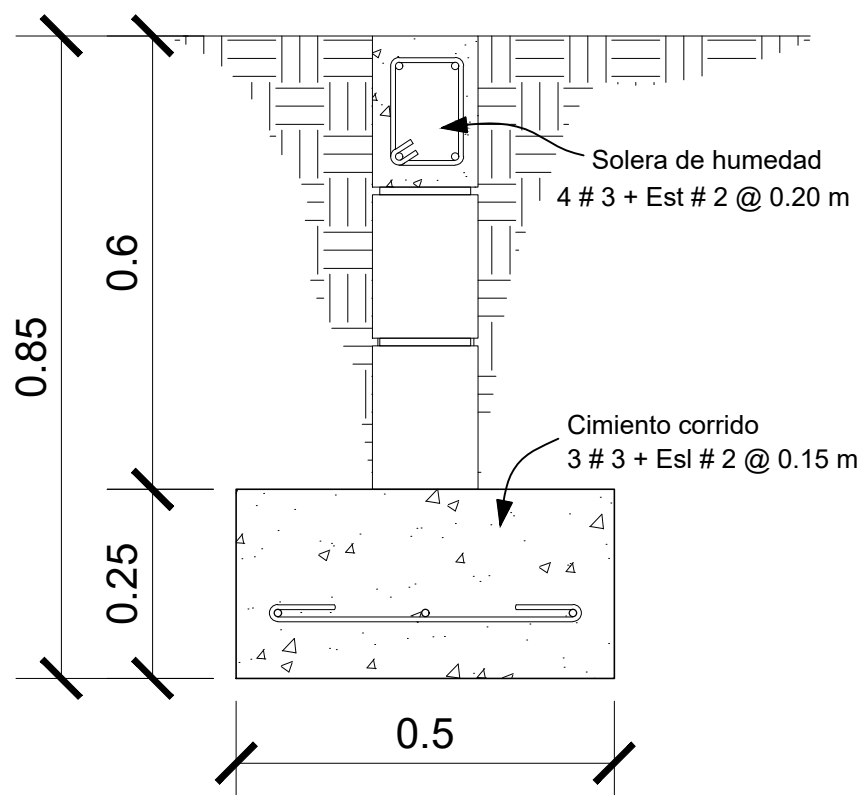
ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. JUAN MERCK COS

PLANO No.  
**05/16**

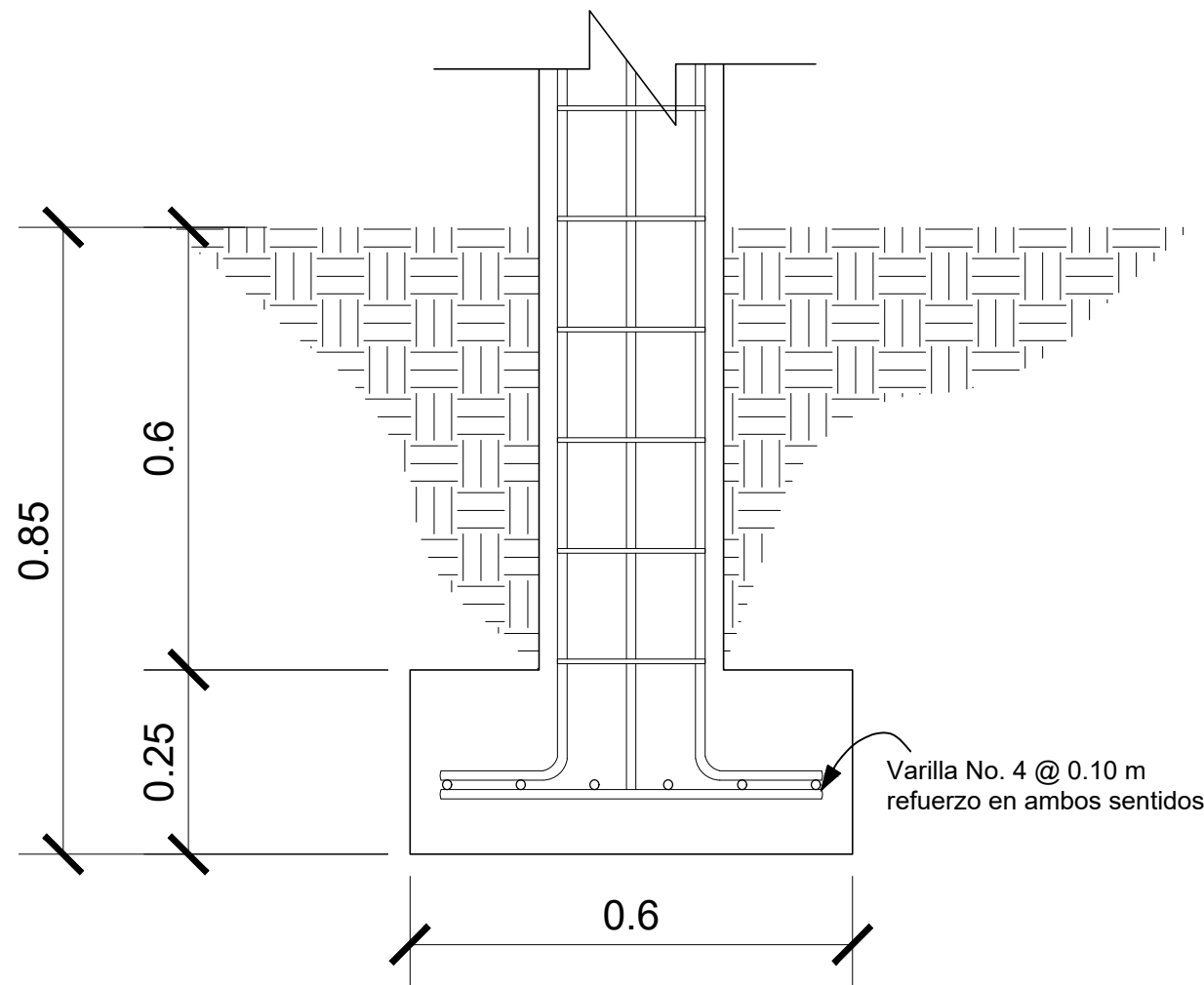
Vo.Bo.




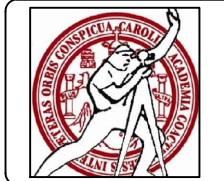
**PLANTA ZAPATA Z-1**  
Escala 1:10

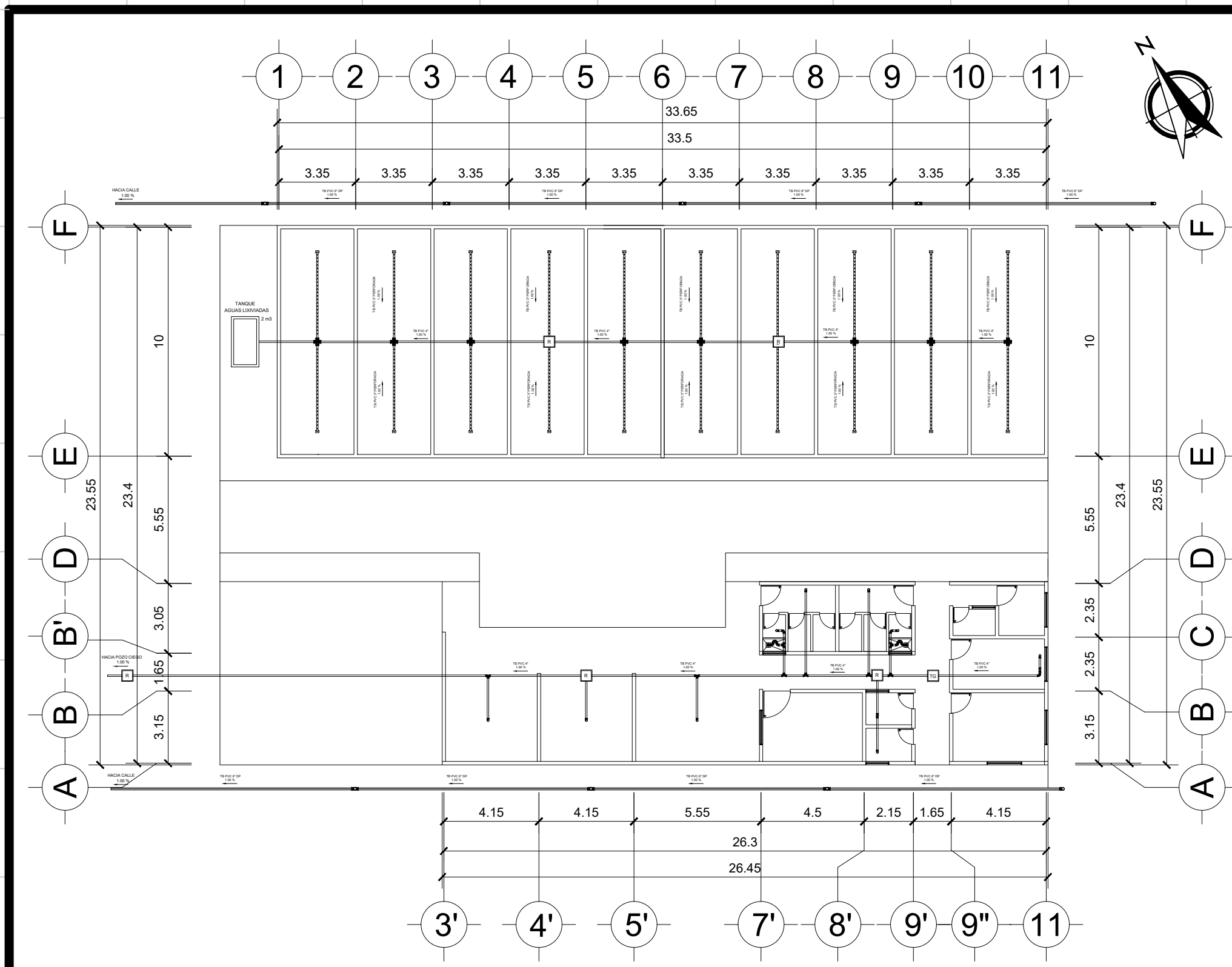


**SECCIÓN CIMIENTO CORRIDO**  
Escala 1:10



**SECCIÓN ZAPATA Z-1**  
Escala 1:10

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EPS MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA		
	PROYECTO: <b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS</b> UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA DEPARTAMENTO: SOLOLÁ		
	CONTENIDO: <b>DETALLES DE MUROS</b>		
	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC	ESCALA: INDICADA	
	DIBUJO: JOSÉ YAC	FECHA: MARZO 2021	
Vo.Bo.	ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS		PLANO No. <b>06/16</b>



SIMBOLOGÍA – DRENAJE

	TUBERÍA PVC DE 4" PARA DRENAJE
	TUBERÍA PVC DE 3" PERFORADA
	CODO A 90° VERTICAL
	CODO A 90° HORIZONTAL
	TEE HORIZONTAL
	TEE VERTICAL
	SIFÓN
	CRUZ
	REPOSADERA
	CAJA DE REGISTRO
	CAJA TRAMPA DE GRASA
	DIRECCIÓN DE FLUJO
	TANQUE PARA AGUAS LIXIVIADAS
	TAPÓN HEMBRA

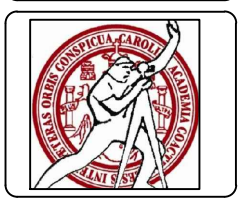
PLANTA DE DRENAJES

Escala 1:200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 UNIDAD DE EPS  
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA

PROYECTO: **PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS**  
 UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA DEPARTAMENTO: SOLOLÁ



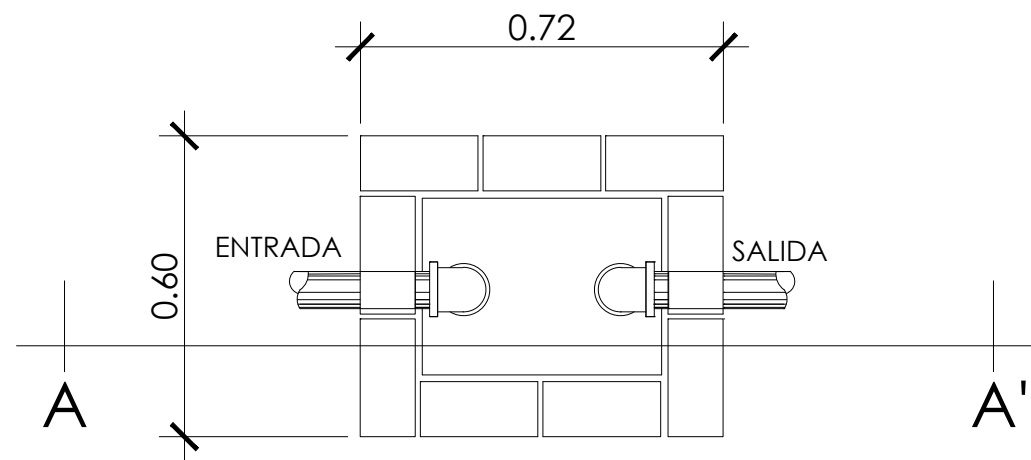
CONTENIDO: **PLANTA DE DRENAJES**

DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC ESCALA: INDICADA  
 DIBUJO: JOSÉ YAC FECHA: MARZO 2021

Vo.Bo.

ASESOR-SUPERVISOR:  
 ING. JUAN MERCK COS

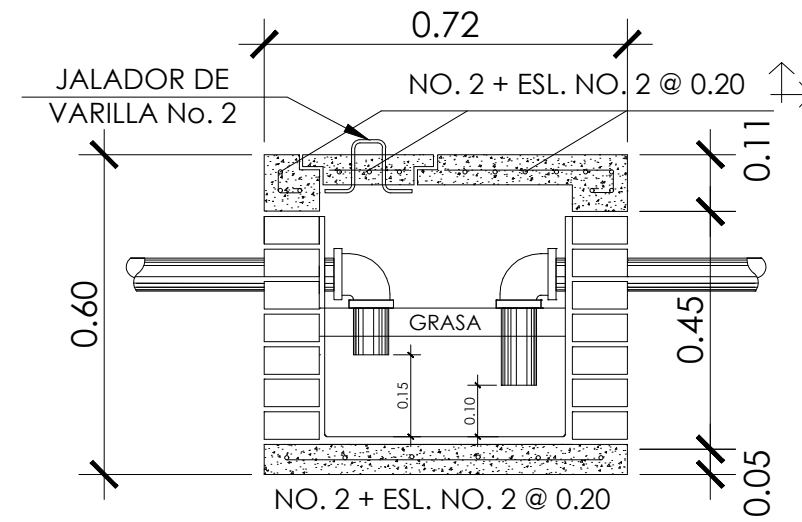
PLANO No.  
**07/16**



**PLANTA**  
CAJA TRAMPA DE GRASA



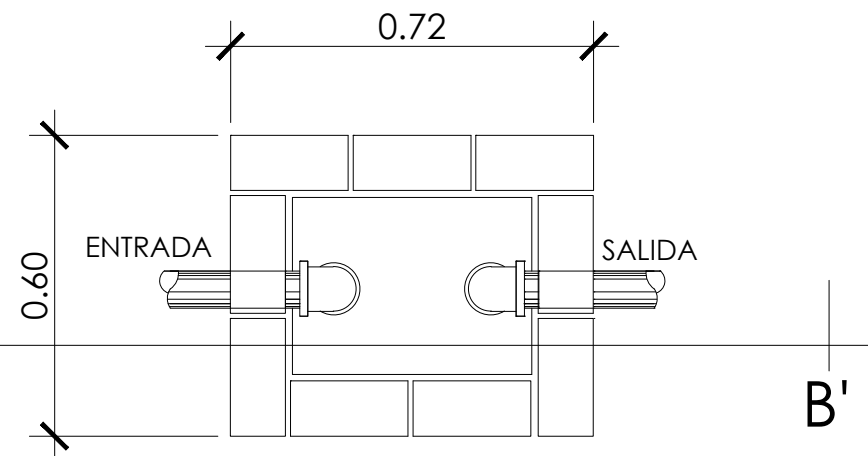
Escala 1:15



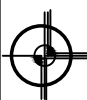
**SECCIÓN A-A'**  
CAJA TRAMPA DE GRASA



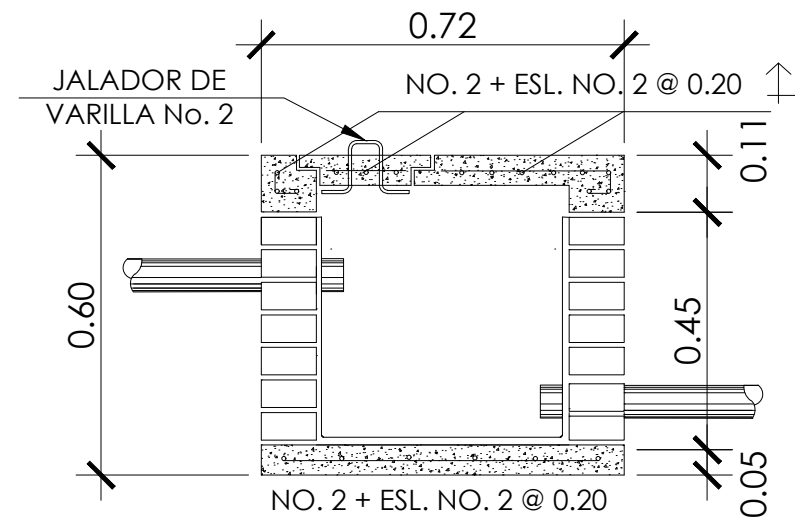
Escala 1:15



**PLANTA**  
CAJA DE REGISTRO




Escala 1:15

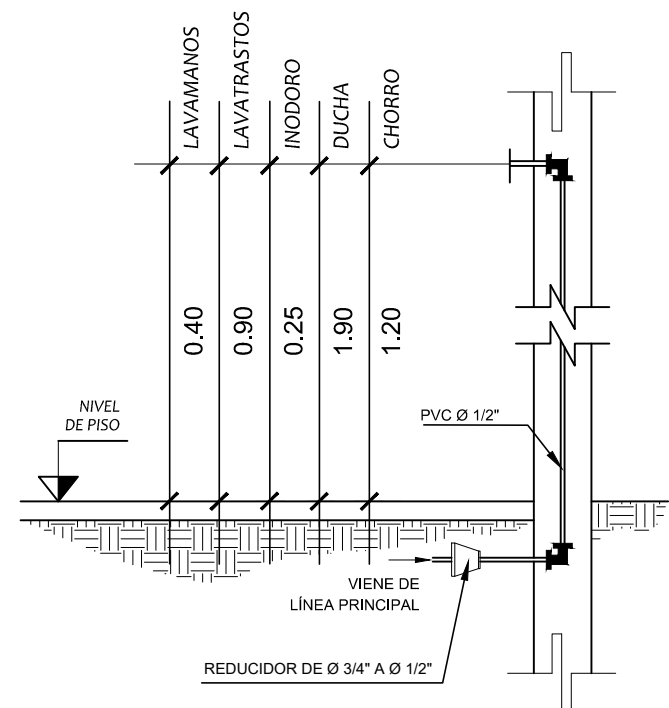
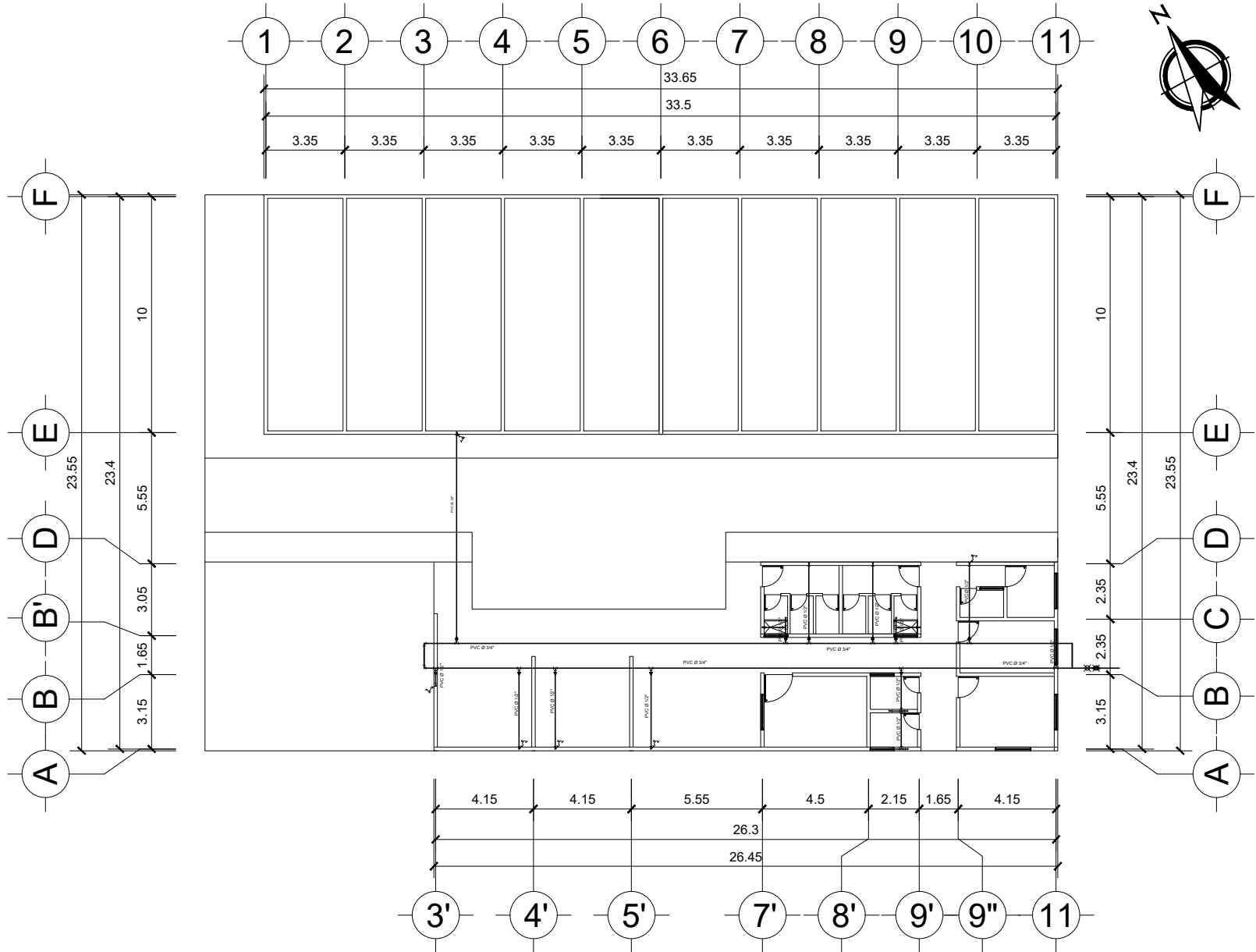


**SECCIÓN B-B'**  
CAJA DE REGISTRO



Escala 1:15

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EPS MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA	
	PROYECTO: <b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>	UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA DEPARTAMENTO: SOLOLÁ
	CONTENIDO: <b>DETALLES DE DRENAJES</b>	
	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC	ESCALA: INDICADA
DIBUJO: JOSÉ YAC	FECHA: MARZO 2021	
ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS	PLANO No. <b>08/16</b>	



**COLOCACIÓN DE ARTEFACTOS**  
Sin Escala

**PLANTA DE INSTALACIÓN DE AGUA POTABLE**

Escala 1:250

**SIMBOLOGÍA AGUA POTABLE**

	TUBERÍA DE AGUA POTABLE
	LLAVE DE COMPUERTA Ø 3/4"
	LLAVE DE PASO
	CODO PVC A 90° VERTICAL
	CODO PVC A 90° HORIZONTAL
	TEE PVC HORIZONTAL
	CRUZ PVC HORIZONTAL
	REDUCIDOR PVC DE Ø 3/4" A Ø 1/2"
	CHORRO DE BRONCE Ø 1/2"
	TAPÓN PVC HEMBRA Ø 3/4"

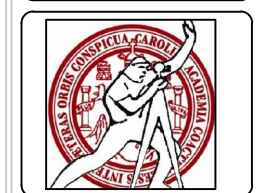
NOTA:  
1.-PROFUNDIDAD MÍNIMA DE TUBERÍA:  
CALLES - 1.20 m  
INTERIORES - 0.80 m



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS  
MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA

PROYECTO:  
**PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA DEPARTAMENTO: SOLOLÁ



CONTENIDO: **PLANO DE AGUA POTABLE Y DETALLES**

DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC ESCALA: INDICADA

DIBUJO: JOSÉ YAC FECHA: MARZO 2021

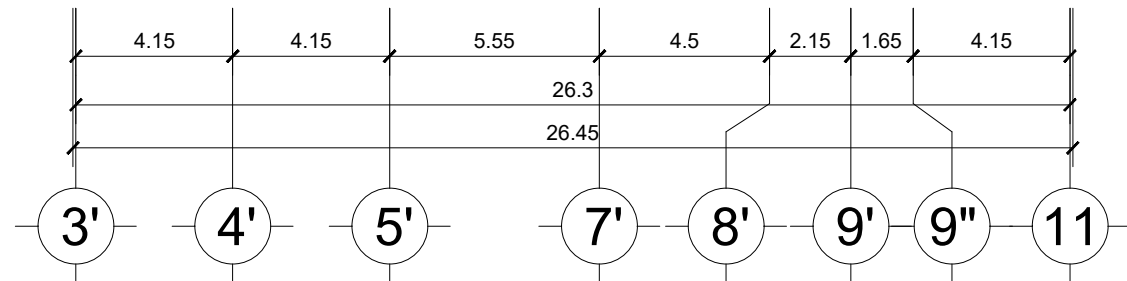
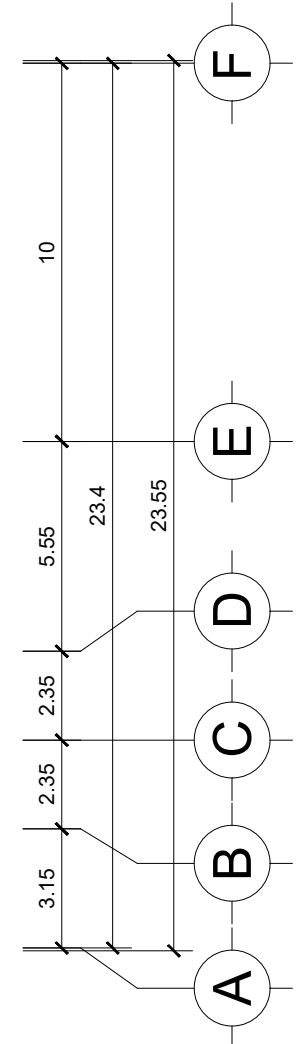
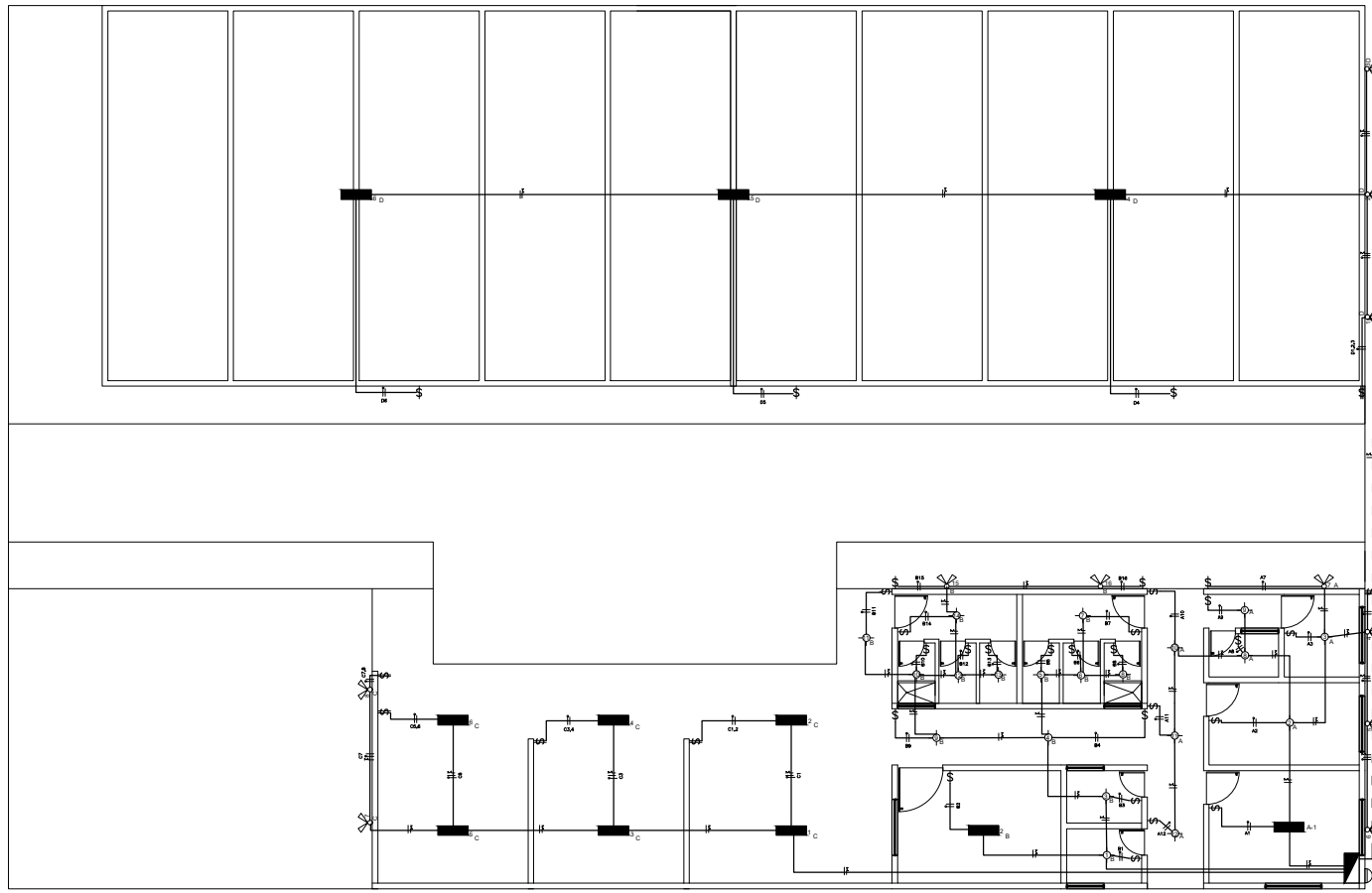
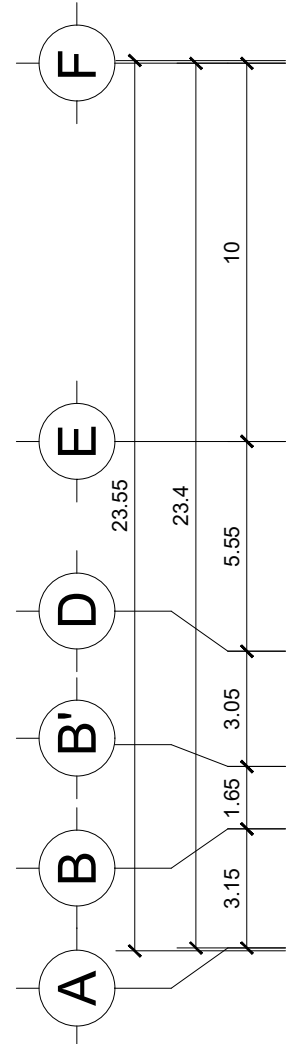
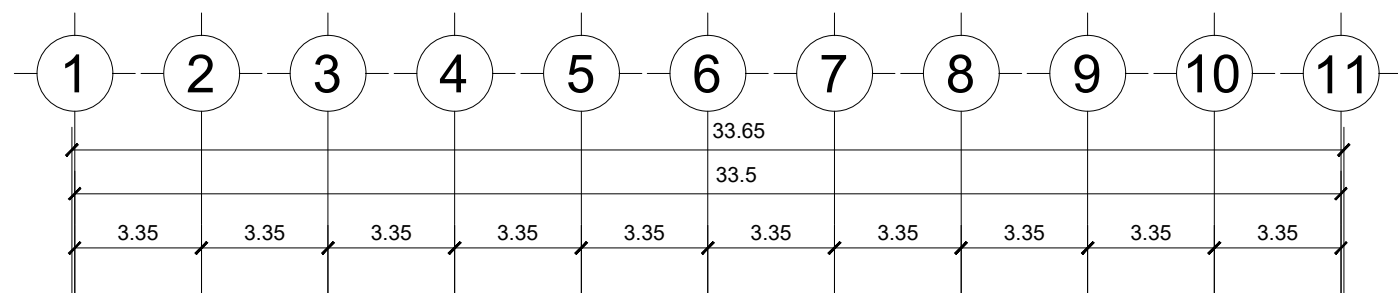
Vo.Bo.

ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. JUAN MERCK COS

PLANO No.  
**09/16**

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

K  
J  
I  
H  
G  
F  
E  
D  
C  
B  
A



SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN

	TUBERÍA EN TECHO
	CONTADOR ELÉCTRICO
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
	LÁMPARA LED FLUORESCENTE DOBLE
	TUBERÍA EN PISO
	LÍNEA DE RETORNO #14
	CONDUCTOR POSITIVO #12
	CONDUCTOR NEUTRO #12
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR TRIPLE
	PLAFONERA
	REFLECTORES DOBLES

NOTA:  
1.- EL CABLE ELÉCTRICO SERÁ NO. 12 THHN  
2.- FOCOS LED DE 6W

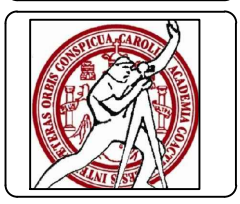
PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA (ILUMINACIÓN)

Escala 1:200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS  
MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA

PROYECTO: **PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS**  
UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA DEPARTAMENTO: SOLOLÁ



CONTENIDO: **PLANO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA (ILUMINACIÓN)**  
DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC ESCALA: INDICADA  
DIBUJO: JOSÉ YAC FECHA: MARZO 2021

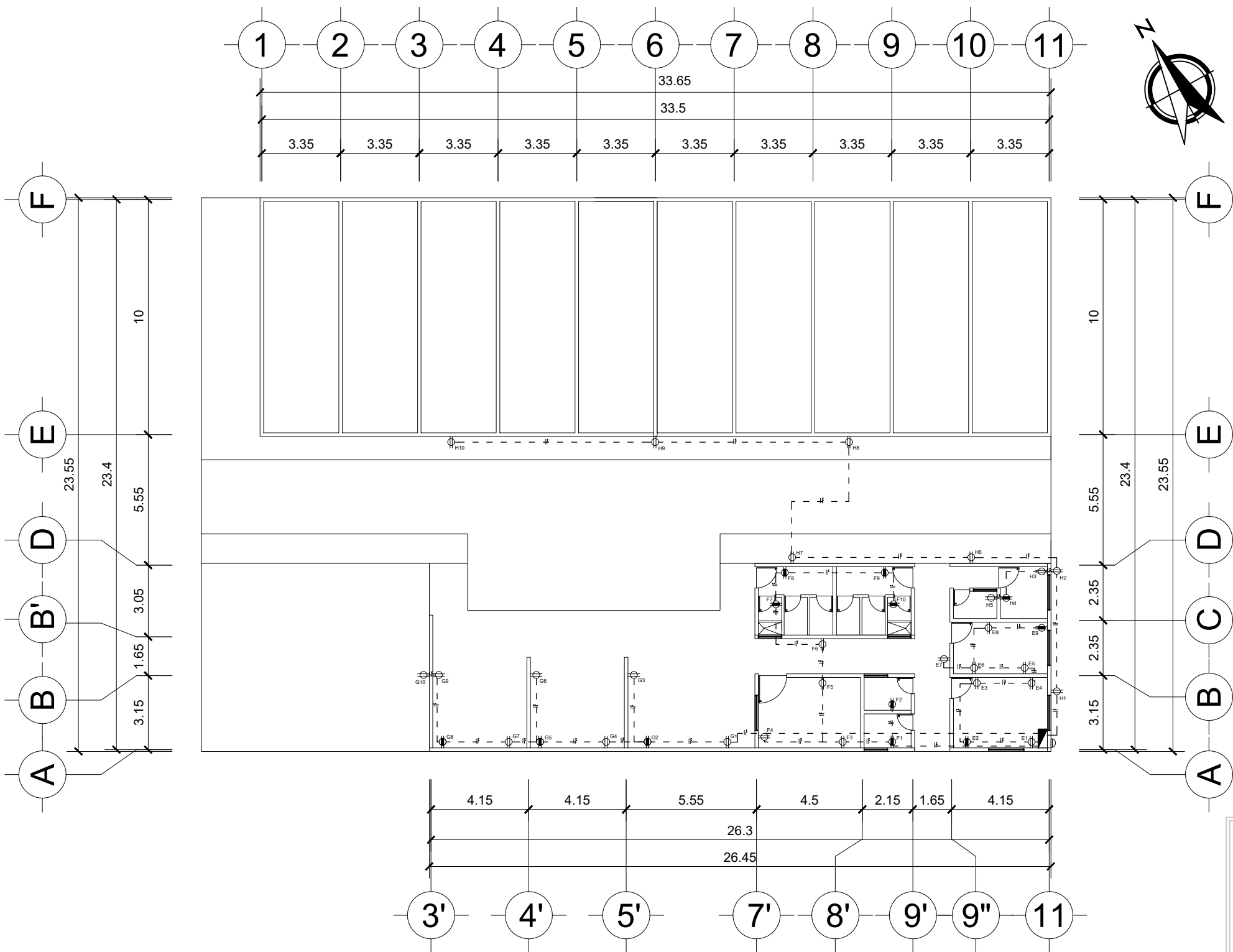
Vo.Bo.

ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. JUAN MERCK COS

PLANO No.  
**10/16**

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15





SIMBOLOGÍA DE FUERZA

---	TUBERÍA EN PISO
	CONTADOR ELÉCTRICO
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
- + -	CONDUCTOR POSITIVO
- - -	CONDUCTOR NEUTRO
	TOMACORRIENTE DOBLE H = 0.40 m
	TOMACORRIENTE DOBLE H = 1.30 m

NOTA:  
 1.- EL CABLE ELÉCTRICO SERÁ NO. 12 THHN  
 2.- FLIP ON DE 30 AMP

PLANTA DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA (FUERZA)

Escala 1:200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 UNIDAD DE EPS  
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA

PROYECTO: **PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS**  
 UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA DEPARTAMENTO: SOLOLÁ

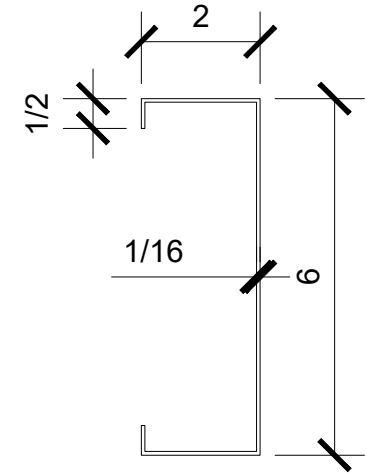
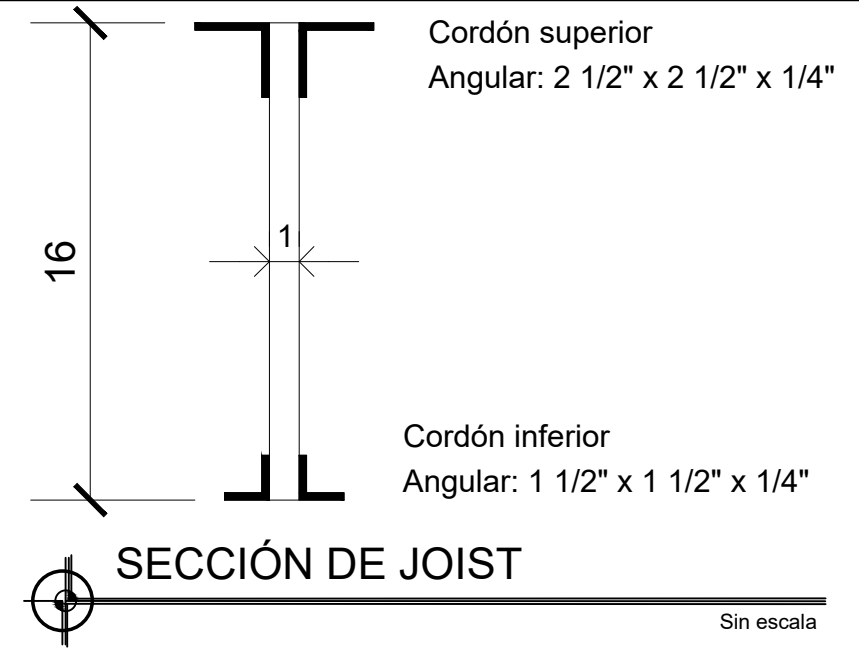
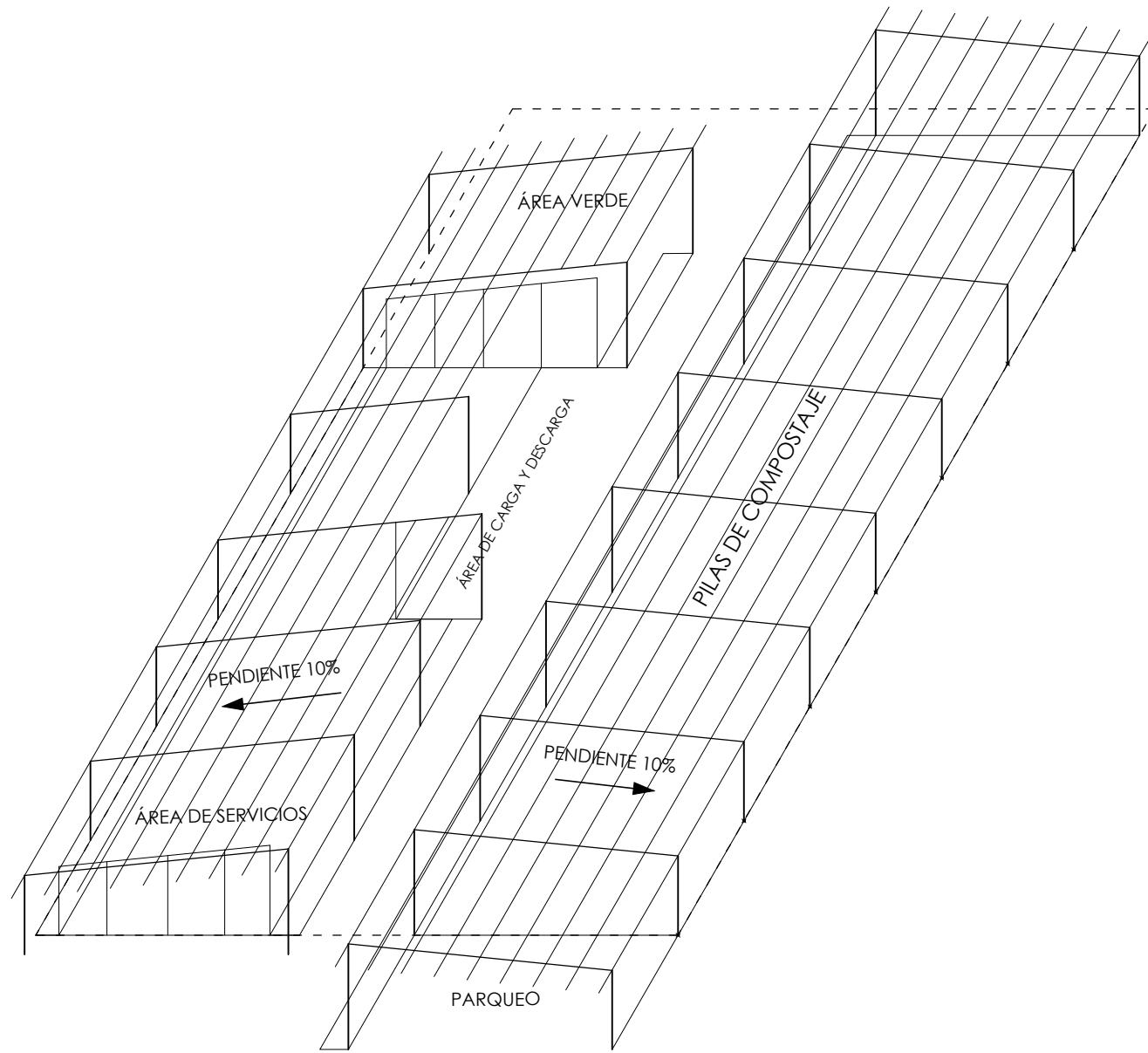


CONTENIDO: **PLANO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA (FUERZA)**  
 DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC ESCALA: INDICADA  
 DIBUJO: JOSÉ YAC FECHA: MARZO 2021

Vo.Bo.

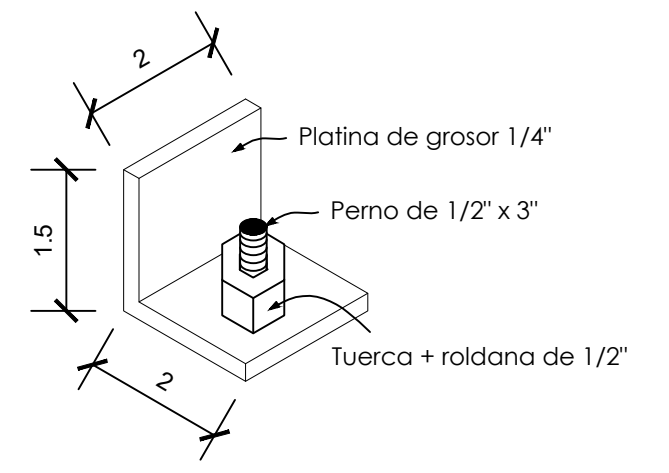
ASESOR-SUPERVISOR:  
 ING. JUAN MERCK COS

PLANO No.  
**11/16**



DETALLE COSTANERA

Sin escala

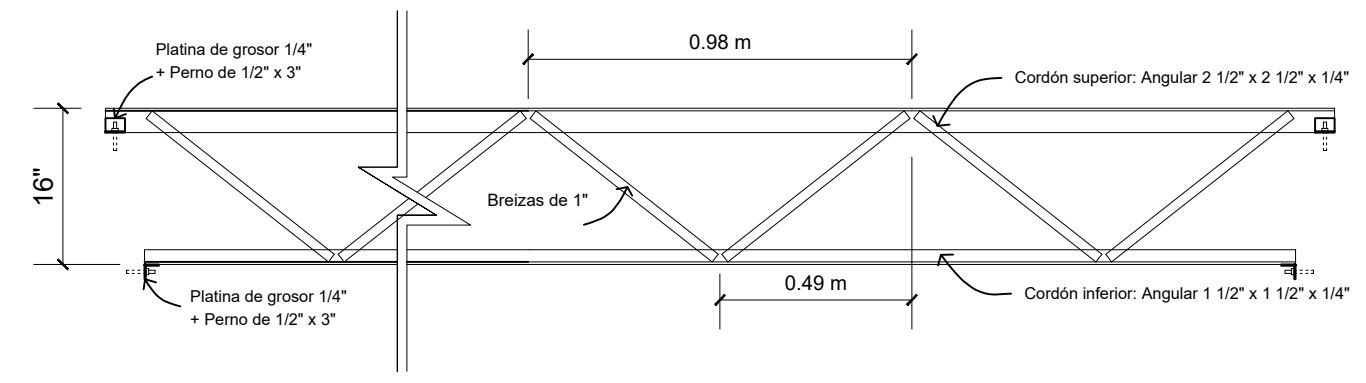


DETALLE DE PLATINA

Sin escala

ÁREA DE TECHO

Escala 1:250



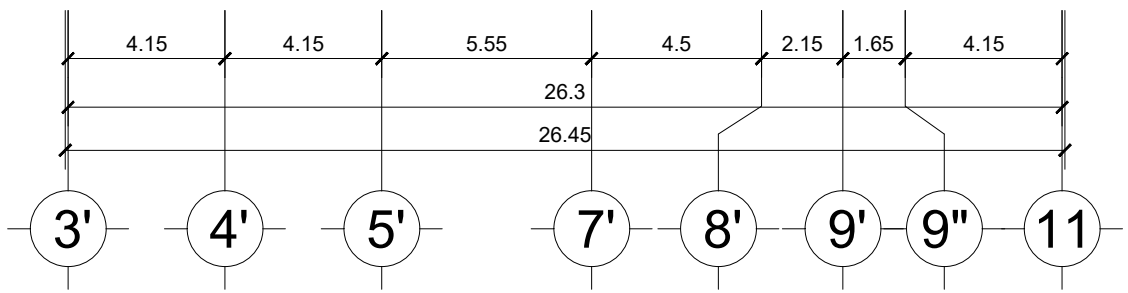
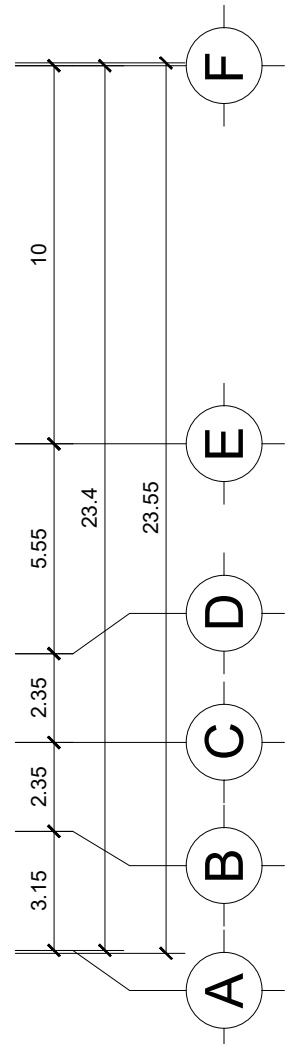
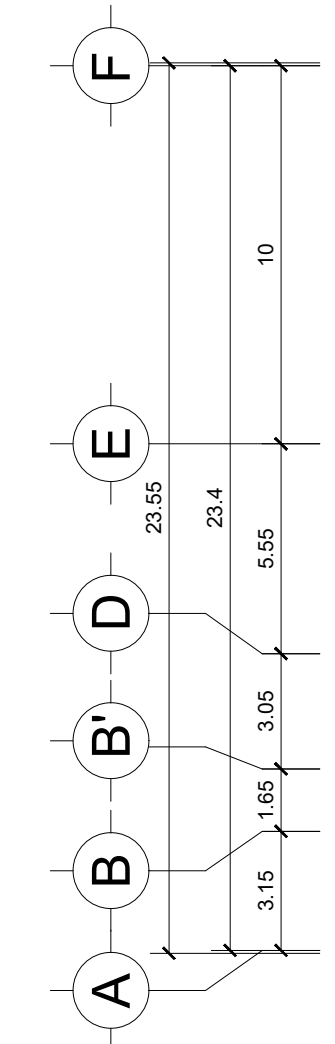
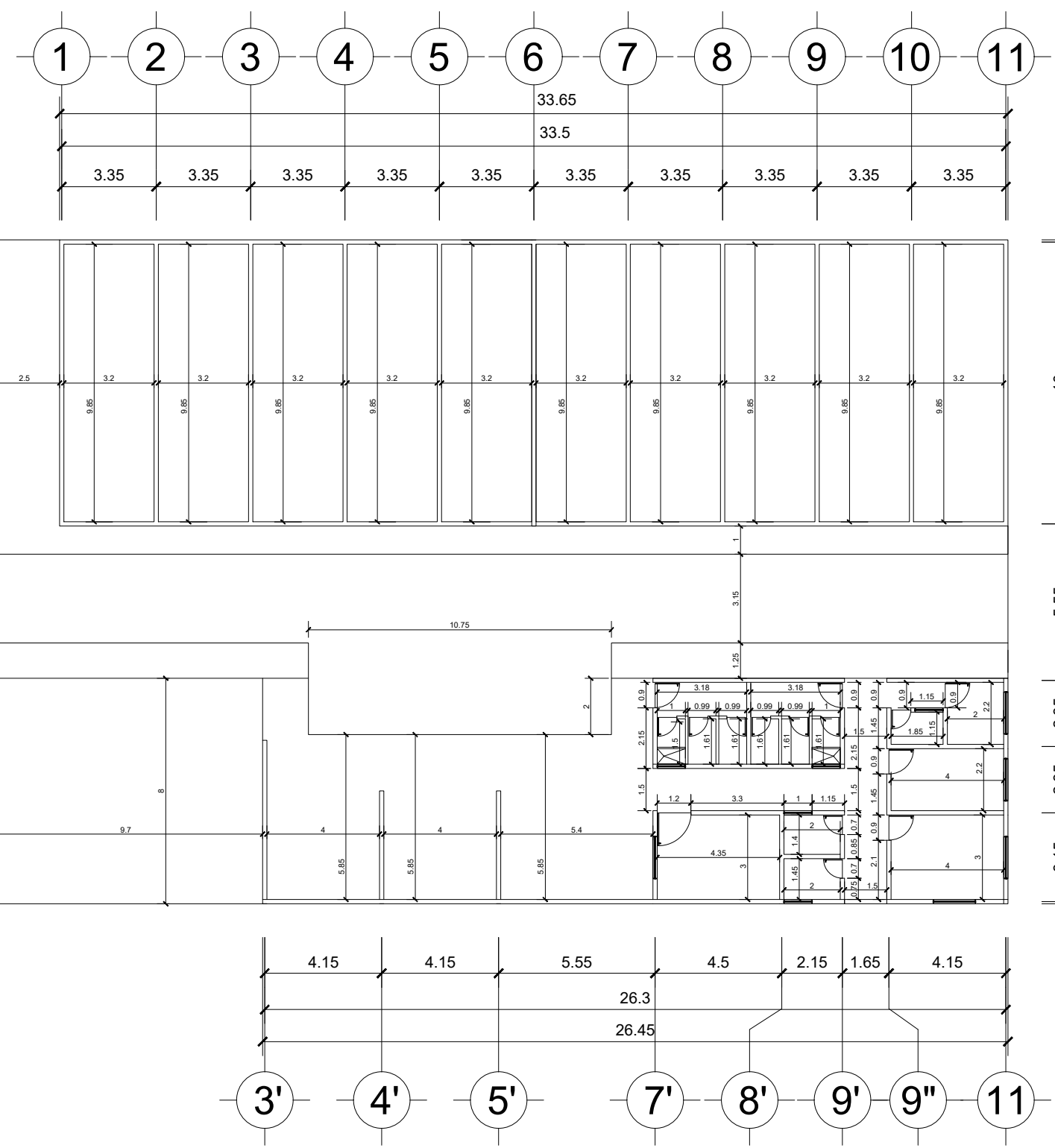
DETALLE TRANSVERSAL DE JOIST

Sin escala

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EPS MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA		
	PROYECTO: <b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>	UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA	DEPARTAMENTO: SOLOLÁ
	CONTENIDO: <b>DETALLES DE TECHO</b>		
	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC	ESCALA: INDICADA	
	DIBUJO: JOSÉ YAC	FECHA: MARZO 2021	
Vo.Bo.	ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS		PLANO No. <b>12/16</b>

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

K  
J  
I  
H  
G  
F  
E  
D  
C  
B  
A



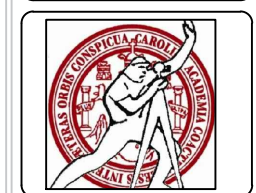
PLANTA ACOTADA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 UNIDAD DE EPS  
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA

PROYECTO:  
**PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA DEPARTAMENTO: SOLOLÁ



CONTENIDO: **PLANO ACOTADO**

DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC ESCALA: INDICADA

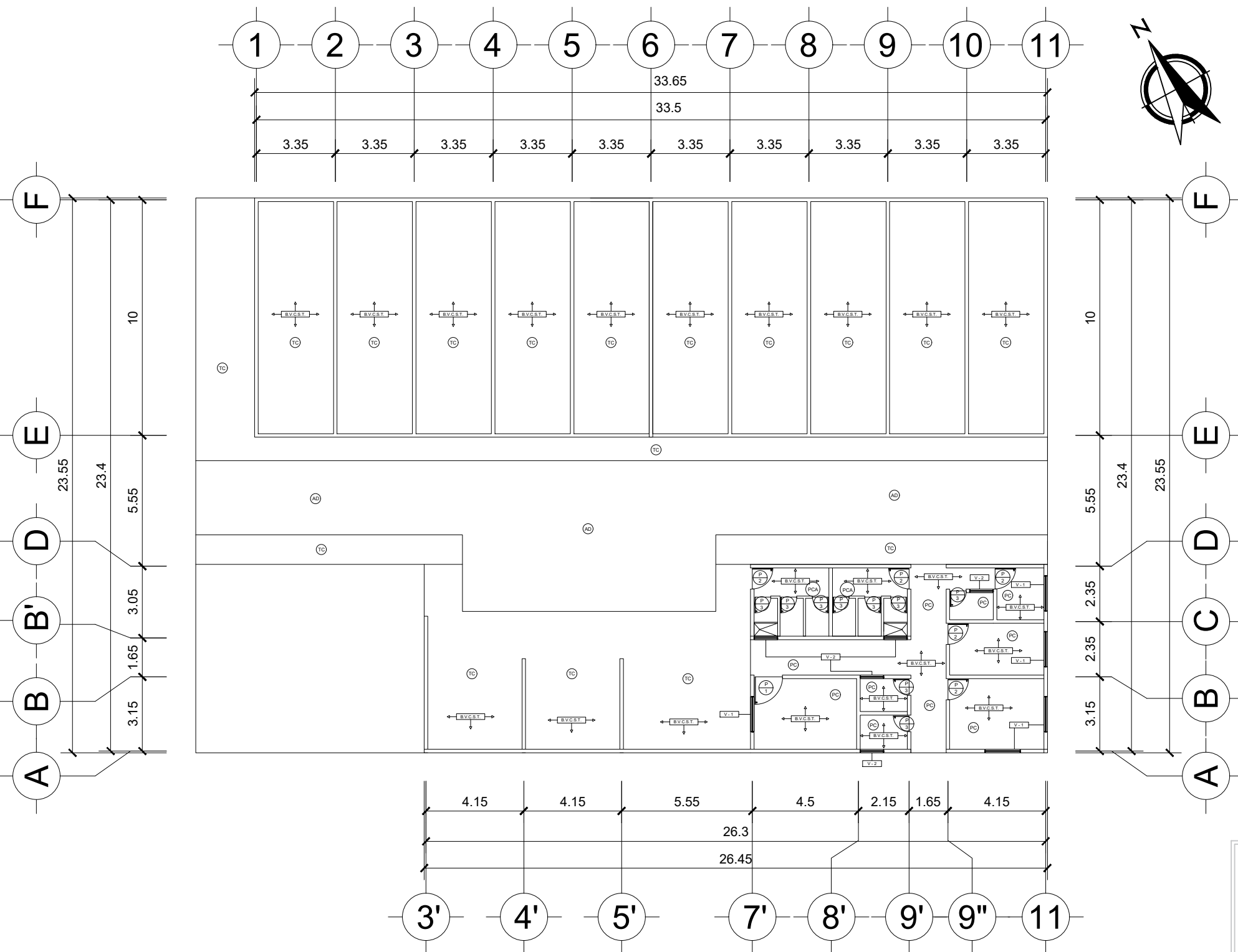
DIBUJO: JOSÉ YAC FECHA: MARZO 2021

Vo.Bo.

ASESOR-SUPERVISOR:  
 ING. JUAN MERCK COS

PLANO No.  
**13/16**

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15



SIMBOLOGÍA

(TC)	TORTA DE CONCRETO
(PC)	PISO CERAMICO
(PCA)	PISO CERAMICO ANTIDESLIZANTE
(AD)	ADOQUÍN TIPO CRUZ
(B.V.C.S.T.)	BLOCK VISTO COLUMNAS Y SOLERAS TALLADAS

(P 1) INDICA TIPO DE PUERTA  
 (V - 1) INDICA TIPO DE VENTANA

PLANILLA DE PUERTAS

TIPO	DINTEL	ANCHO	MATERIAL
P - 1	2.10 m SOBRE N.P.	1.20 m	METAL
P - 2	2.10 m SOBRE N.P.	0.90 m	METAL
P - 3	1.80 m SOBRE N.P.	0.70 m	METAL

PLANILLA DE VENTANAS

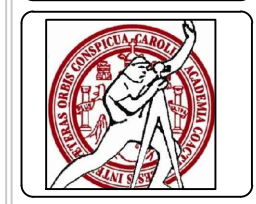
TIPO	ALTURA SILLAR	ALTURA DINTEL	ANCHO	ALTURA	MATERIAL
V - 1	1.20 m SOBRE N.P.	2.20 m	1.50 m	1.00 m	MARCO DE METAL CON VIDRIO DE 4 MM
V - 2	1.80 m SOBRE N.P.	2.20 m	1.00 m	0.40 m	MARCO DE METAL CON VIDRIO DE 4 MM

PLANTA DE ACABADOS



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 UNIDAD DE EPS  
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA

PROYECTO: **PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS**  
 UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA DEPARTAMENTO: SOLOLÁ



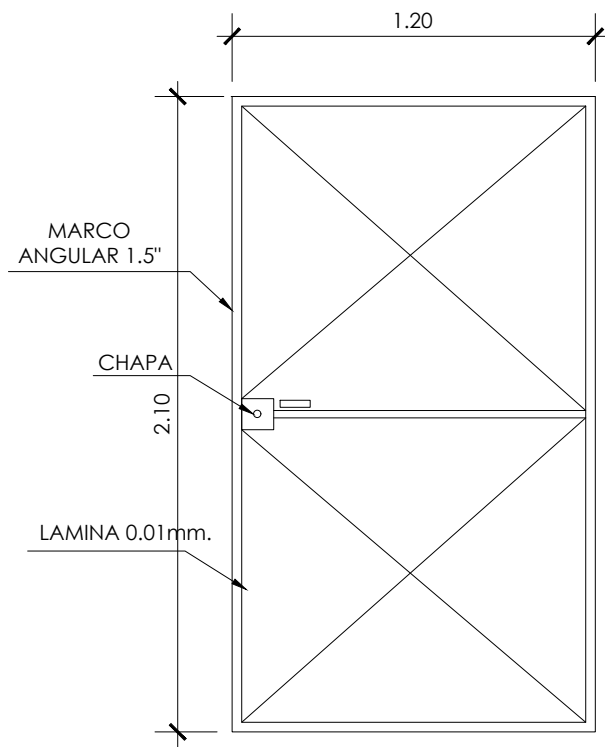
CONTENIDO: **PLANO DE ACABADOS**

DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC ESCALA: INDICADA  
 DIBUJO: JOSÉ YAC FECHA: MARZO 2021

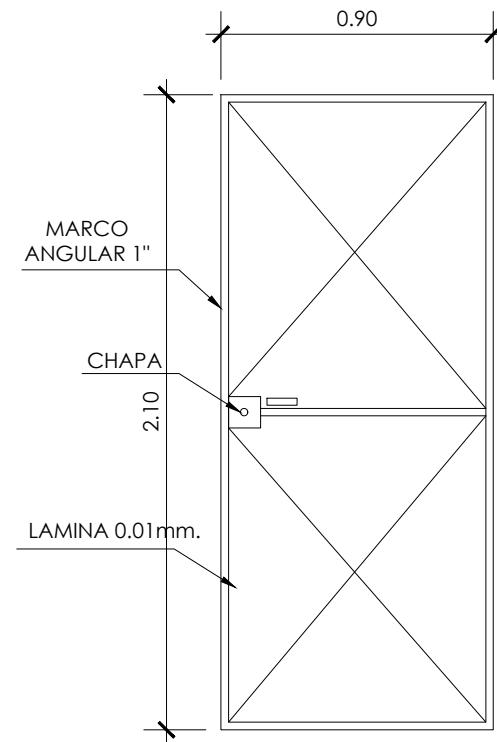
Vo.Bo.

ASESOR-SUPERVISOR:  
 ING. JUAN MERCK COS

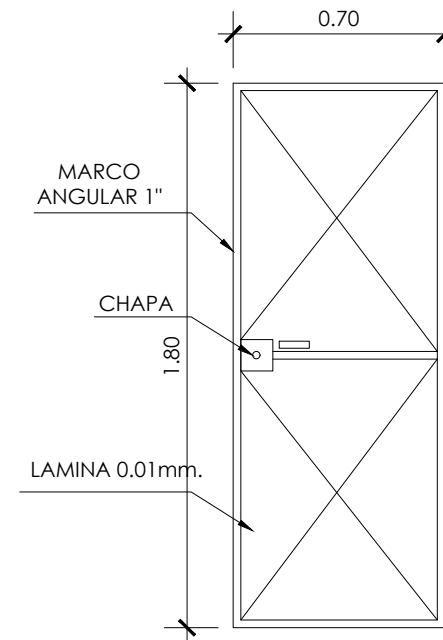
PLANO No.  
**14/16**



**PUERTA P-1**



**PUERTA P-2**



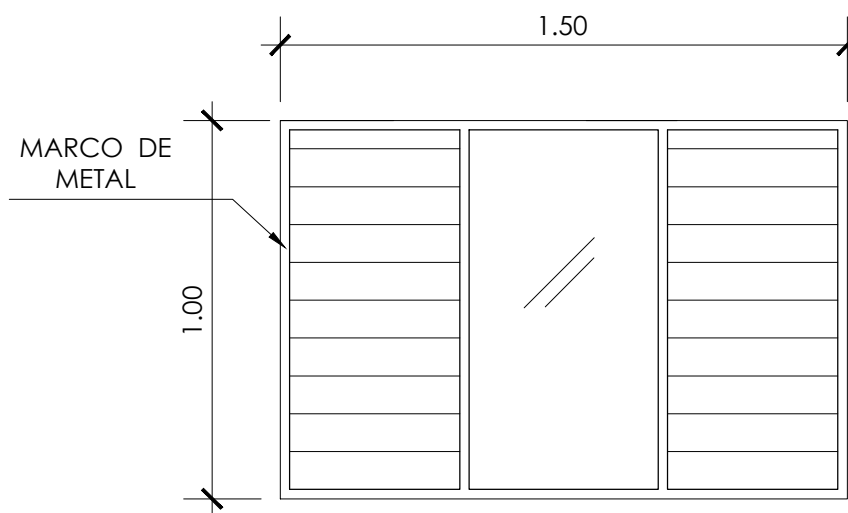
**PUERTA P-3**

PLANILLA DE PUERTAS

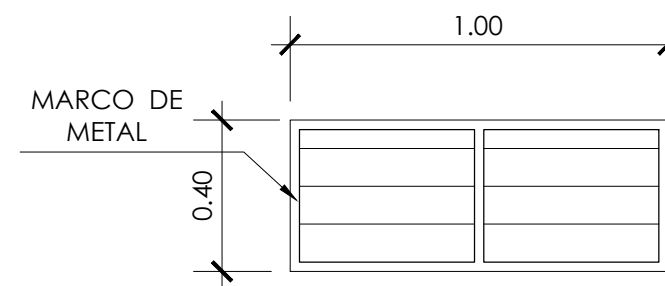
TIPO	DINTEL	ANCHO	MATERIAL
P - 1	2.10 m SOBRE N.P.	1.20 m	METAL
P - 2	2.10 m SOBRE N.P.	0.90 m	METAL
P - 3	1.80 m SOBRE N.P.	0.70 m	METAL

**DETALLES DE PUERTAS**

Escala 1:25



**VENTANA V-1**



**VENTANA V-2**

PLANILLA DE VENTANAS

TIPO	ALTURA SILLAR	ALTURA DINTEL	ANCHO	ALTURA	MATERIAL
V - 1	1.20 m SOBRE N.P.	2.20 m	1.50 m	1.00 m	MARCO DE METAL CON VIDRIO DE 4 MM
V - 2	1.80 m SOBRE N.P.	2.20 m	1.00 m	0.40 m	MARCO DE METAL CON VIDRIO DE 4 MM

**DETALLES DE VENTANAS**

Escala 1:20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS  
MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA

PROYECTO: **PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS**  
UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA DEPARTAMENTO: SOLOLÁ



CONTENIDO: **DETALLES DE PUERTAS Y VENTANAS**

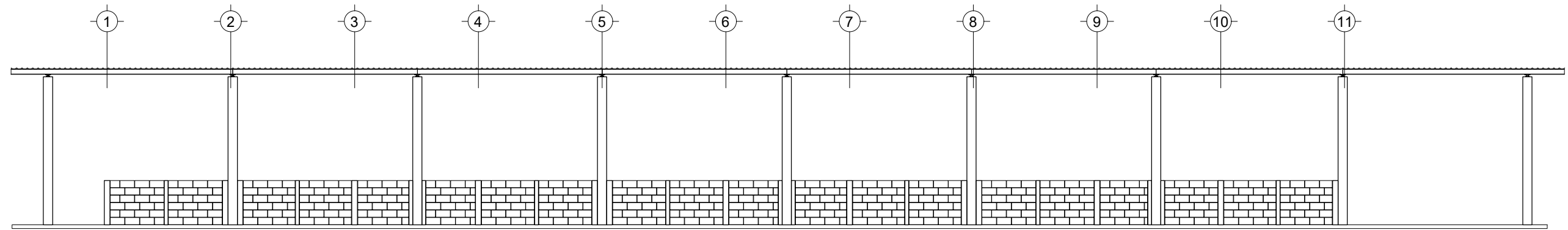
DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC ESCALA: INDICADA

DIBUJO: JOSÉ YAC FECHA: MARZO 2021

ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. JUAN MERCK COS

PLANO No.  
**15/16**

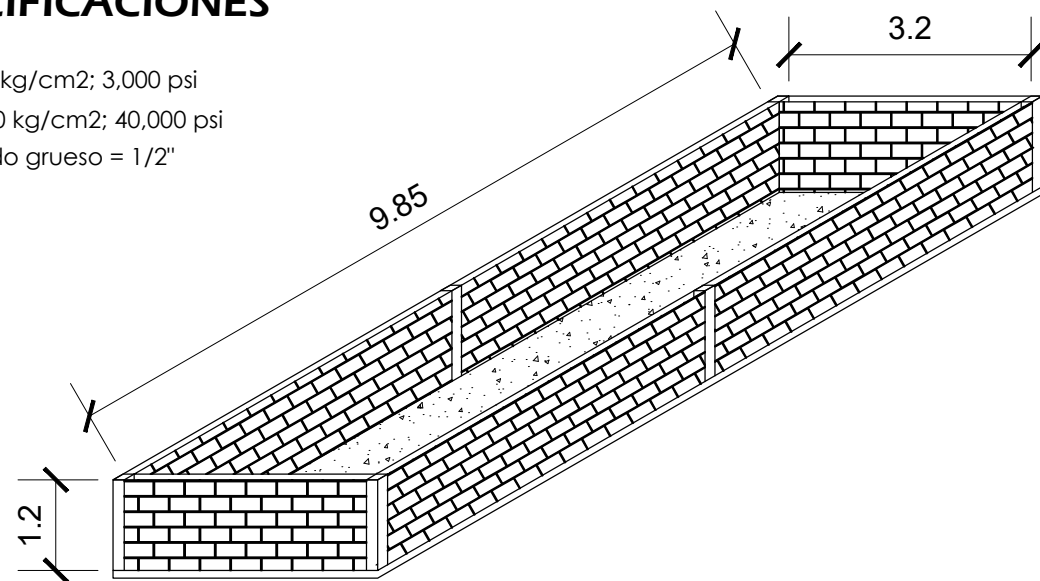
Vo.Bo.



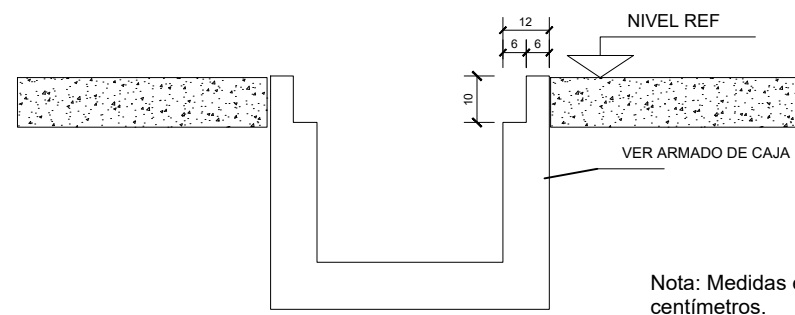
**SECCIÓN LONGITUDINAL DE PILAS**  
Escala 1:25

**ESPECIFICACIONES**

- f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>; 3,000 psi
- fy = 2,810 kg/cm<sup>2</sup>; 40,000 psi
- Agregado grueso = 1/2"

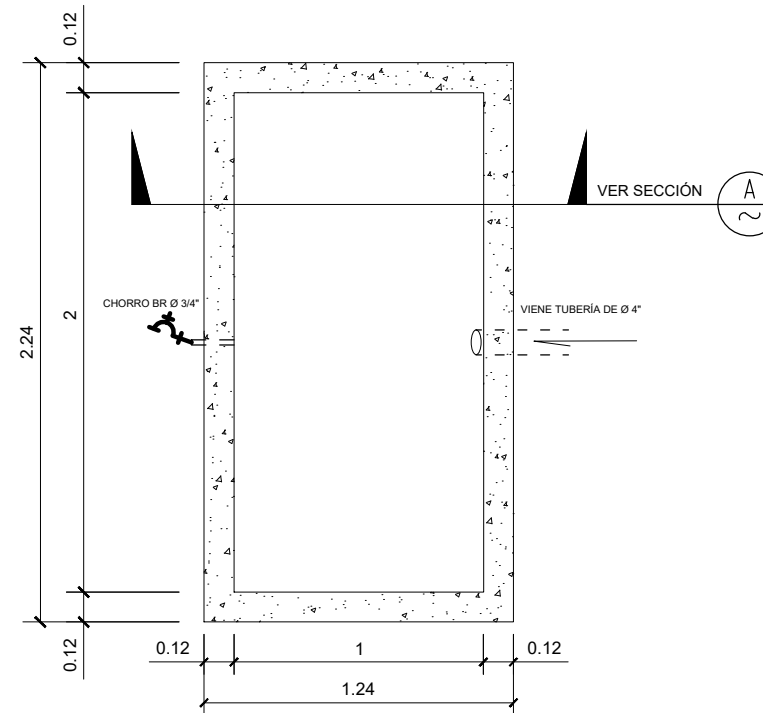


**DETALLE DE PILA**  
Escala 1:100



Nota: Medidas en centímetros.

**DETALLE NO. 1**  
Sin escala



**PLANTA DE CAJA**

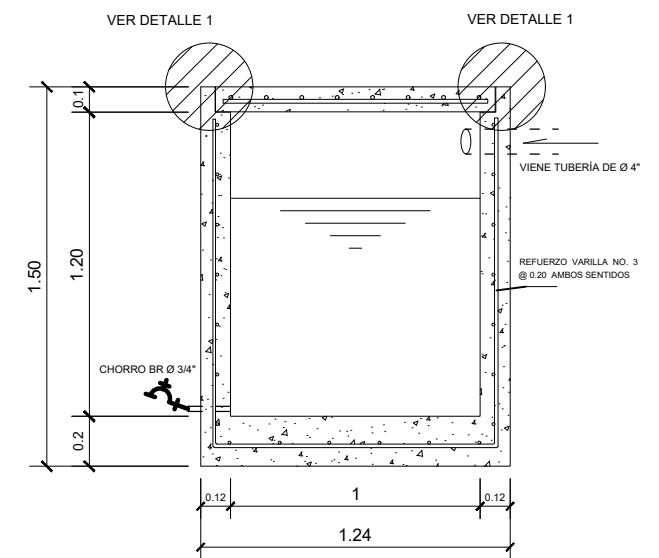
CAPACIDAD 2 m<sup>3</sup>

Escala 1:30

REFUERZO VARILLA No. 3 @ 0.15 AMBOS SENTIDOS

NOTA: LA CAJA LLEVA 2 TAPADERAS DE LAS SIGUIENTES MEDIDAS: 1.12 m X 1.06 m X 0.10 m

**DETALLE DE TAPADERA**  
Escala 1:20



**ELEVACIÓN DE CAJA**

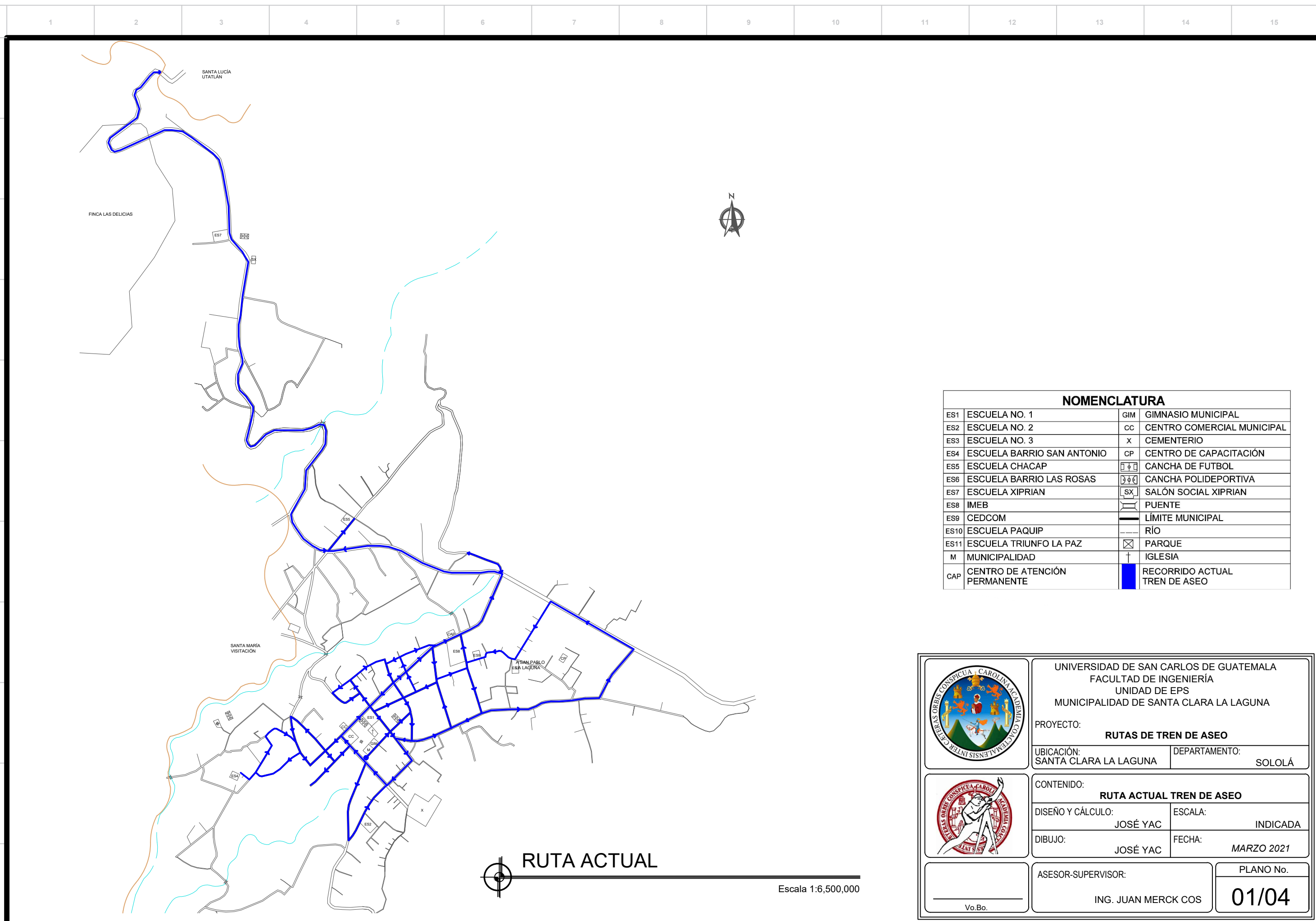
CAPACIDAD 2 m<sup>3</sup>

Escala 1:30

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EPS MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA	
	PROYECTO: <b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>	
UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA	DEPARTAMENTO: SOLOLÁ	
CONTENIDO: <b>DETALLES DE PILA Y CAJA PARA LIXIVIADOS</b>		
DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC	ESCALA: INDICADA	
DIBUJO: JOSÉ YAC	FECHA: MARZO 2021	
ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS		PLANO No. <b>16/16</b>
Vo.Bo.		

Apéndice 3. **Planos de la propuesta de la ruta del tren de aseo para el municipio de Santa Clara La Laguna, Sololá.**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD

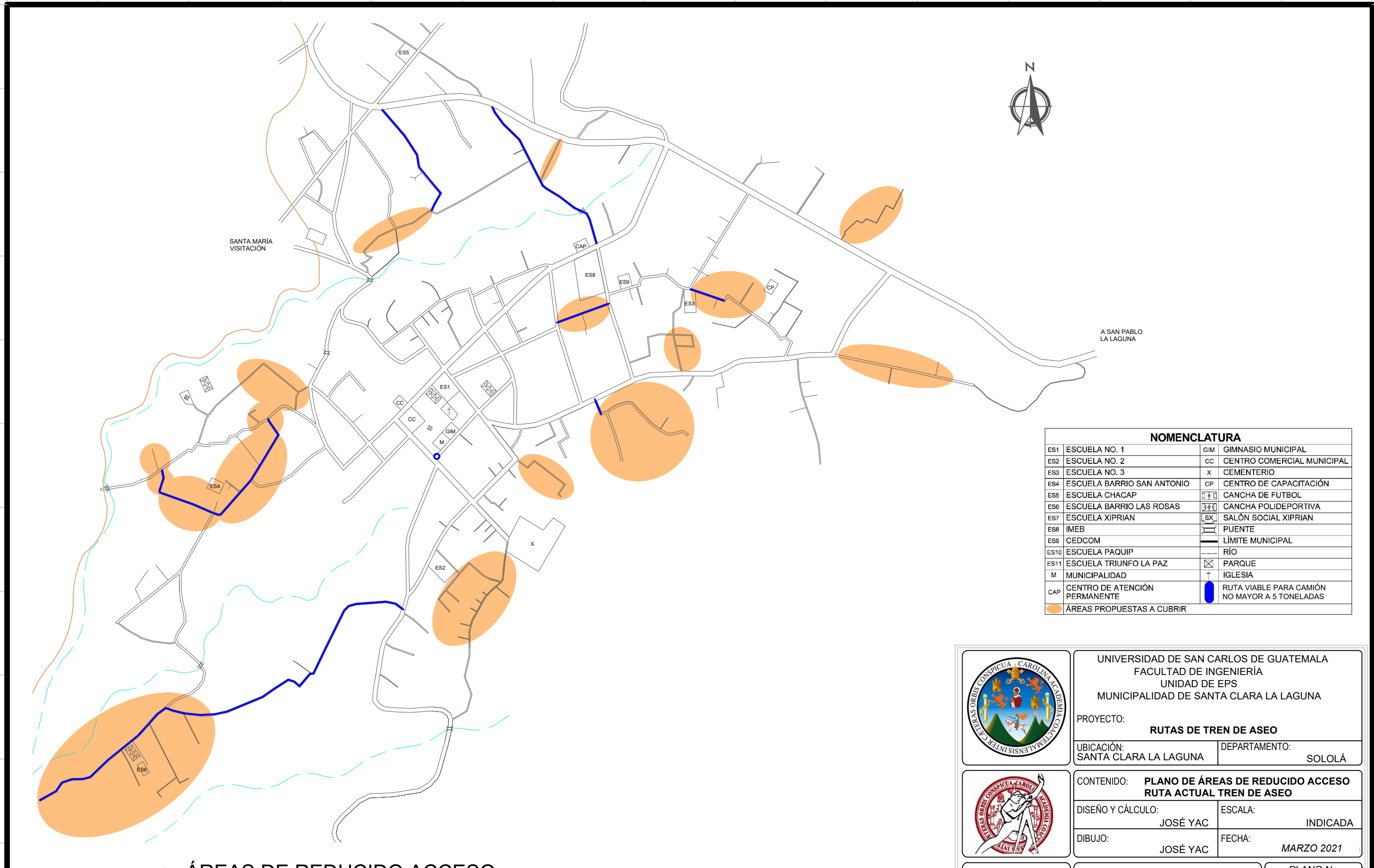


NOMENCLATURA			
ES1	ESCUELA NO. 1	GIM	GIMNASIO MUNICIPAL
ES2	ESCUELA NO. 2	CC	CENTRO COMERCIAL MUNICIPAL
ES3	ESCUELA NO. 3	X	CEMENTERIO
ES4	ESCUELA BARRIO SAN ANTONIO	CP	CENTRO DE CAPACITACIÓN
ES5	ESCUELA CHACAP	□ ↓ □	CANCHA DE FUTBOL
ES6	ESCUELA BARRIO LAS ROSAS	□ ↓ □	CANCHA POLIDEPORTIVA
ES7	ESCUELA XIPRIAN	□ SX □	SALÓN SOCIAL XIPRIAN
ES8	IMEB	□	PUENTE
ES9	CEDCOM	—	LÍMITE MUNICIPAL
ES10	ESCUELA PAQUIP	---	RÍO
ES11	ESCUELA TRIUNFO LA PAZ	⊠	PARQUE
M	MUNICIPALIDAD	†	IGLESIA
CAP	CENTRO DE ATENCIÓN PERMANENTE	█	RECORRIDO ACTUAL TREN DE ASEO

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EPS MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA	
	PROYECTO: <b>RUTAS DE TREN DE ASEO</b>	
UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA	DEPARTAMENTO: SOLOLÁ	
	CONTENIDO: <b>RUTA ACTUAL TREN DE ASEO</b>	
	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC	ESCALA: INDICADA
	DIBUJO: JOSÉ YAC	FECHA: MARZO 2021
ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS	PLANO No. <b>01/04</b>	
Vo.Bo.		

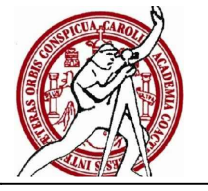
**RUTA ACTUAL**  
 Escala 1:6,500,000

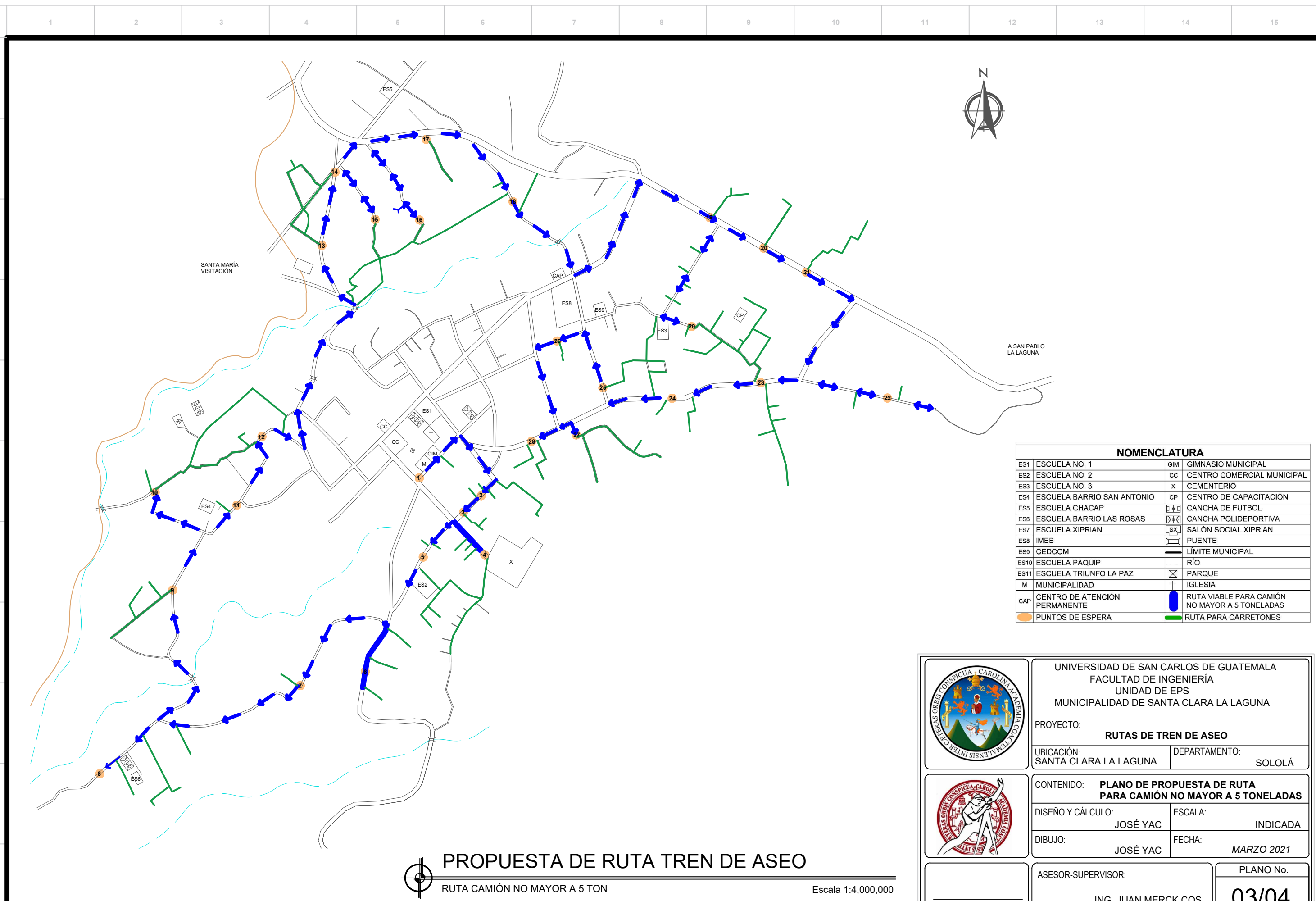




NOMENCLATURA			
ES1	ESCUELA NO. 1	GIM	GIMNASIO MUNICIPAL
ES2	ESCUELA NO. 2	CC	CENTRO COMERCIAL MUNICIPAL
ES3	ESCUELA NO. 3	X	CEMENTERIO
ES4	ESCUELA BARRIO SAN ANTONIO	CP	CENTRO DE CAPACITACIÓN
ES5	ESCUELA CHACAP	□	CANCHA DE FUTBOL
ES6	ESCUELA BARRIO LAS ROSAS	□	CANCHA POLIDEPORTIVA
ES7	ESCUELA XIPRIAN	SX	SALÓN SOCIAL XIPRIAN
ES8	IMEB	—	PUENTE
ES9	CEDCOM	—	LÍMITE MUNICIPAL
ES10	ESCUELA PAQUIP	---	RÍO
ES11	ESCUELA TRIUNFO LA PAZ	⊗	PARQUE
M	MUNICIPALIDAD	+	IGLESIA
CAP	CENTRO DE ATENCIÓN PERMANENTE	—	RUTA VIABLE PARA CAMIÓN NO MAYOR A 5 TONELADAS
	ÁREAS PROPUESTAS A CUBRIR		


**ÁREAS DE REDUCIDO ACCESO**  
 Escala 1:4,000,000

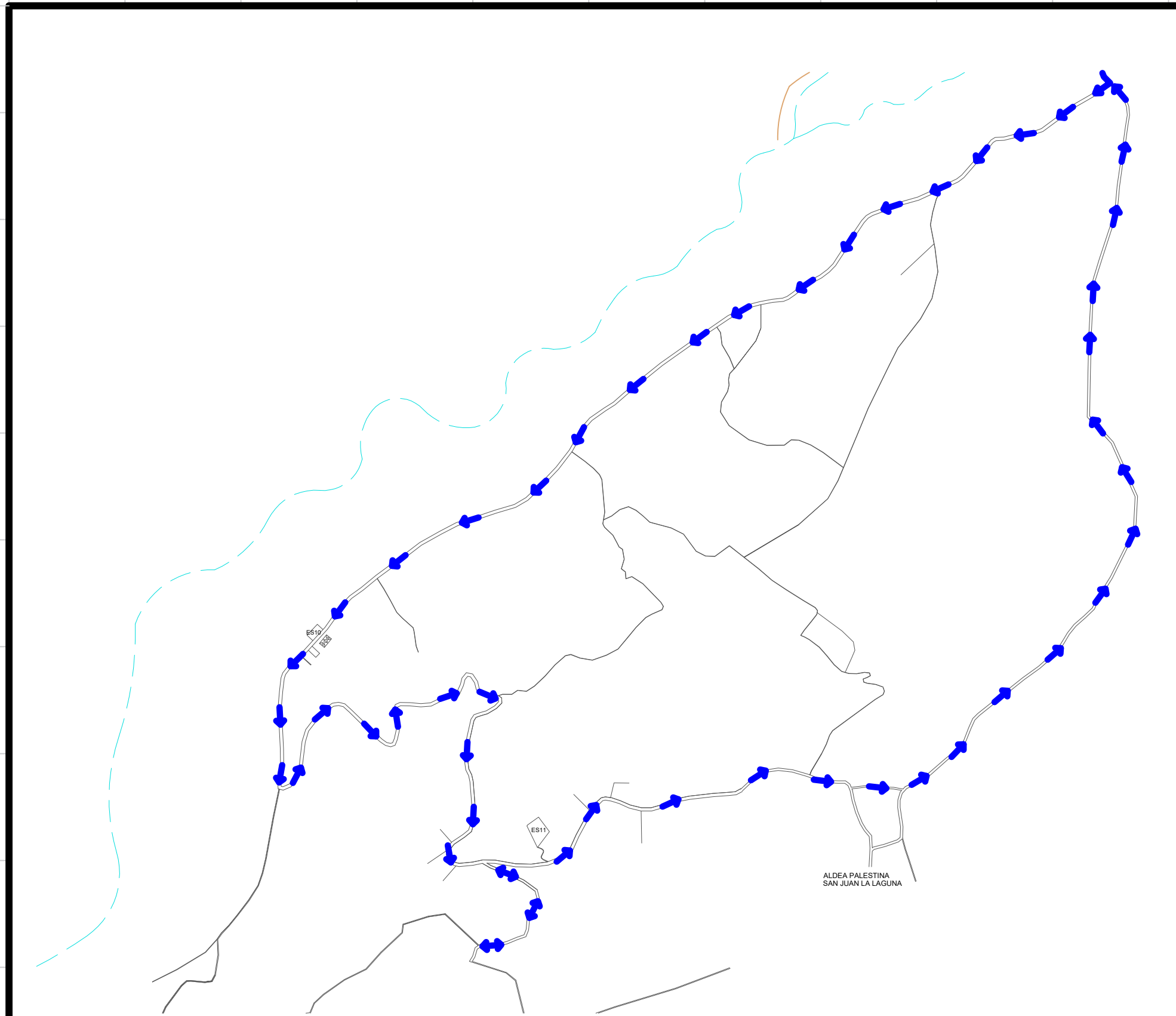
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EPS MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA		
	PROYECTO: <b>RUTAS DE TREN DE ASEO</b>		
UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA	DEPARTAMENTO: SOLOLÁ		
	CONTENIDO: <b>PLANO DE ÁREAS DE REDUCIDO ACCESO</b> <b>RUTA ACTUAL TREN DE ASEO</b>		
	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC	ESCALA: INDICADA	
	DIBUJO: JOSÉ YAC	FECHA: MARZO 2021	
ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS	PLANO No. <b>02/04</b>		
Vo.Bo.			



NOMENCLATURA			
ES1	ESCUELA NO. 1	GIM	GIMNASIO MUNICIPAL
ES2	ESCUELA NO. 2	CC	CENTRO COMERCIAL MUNICIPAL
ES3	ESCUELA NO. 3	X	CEMENTERIO
ES4	ESCUELA BARRIO SAN ANTONIO	CP	CENTRO DE CAPACITACIÓN
ES5	ESCUELA CHACAP	+	CANCHA DE FUTBOL
ES8	ESCUELA BARRIO LAS ROSAS	+	CANCHA POLIDEPORTIVA
ES7	ESCUELA XIPRIAN	SX	SALÓN SOCIAL XIPRIAN
ES8	IMEB	+	PUENTE
ES9	CEDCOM	---	LÍMITE MUNICIPAL
ES10	ESCUELA PAQUIP	---	RÍO
ES11	ESCUELA TRIUNFO LA PAZ	+	PARQUE
M	MUNICIPALIDAD	+	IGLESIA
CAP	CENTRO DE ATENCIÓN PERMANENTE	+	RUTA VIABLE PARA CAMIÓN NO MAYOR A 5 TONELADAS
	PUNTOS DE ESPERA	+	RUTA PARA CARRETONES

**PROPUESTA DE RUTA TREN DE ASEO**  
 RUTA CAMIÓN NO MAYOR A 5 TON Escala 1:4,000,000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EPS MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA		
	PROYECTO: <b>RUTAS DE TREN DE ASEO</b>		
UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA	DEPARTAMENTO: SOLOLÁ		
	CONTENIDO: <b>PLANO DE PROPUESTA DE RUTA PARA CAMIÓN NO MAYOR A 5 TONELADAS</b>		
	DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC	ESCALA: INDICADA	
	DIBUJO: JOSÉ YAC	FECHA: MARZO 2021	
ASESOR-SUPERVISOR: ING. JUAN MERCK COS		PLANO No. <b>03/04</b>	
Vo.Bo. _____			



NOMENCLATURA			
ES1	ESCUELA NO. 1	GIM	GIMNASIO MUNICIPAL
ES2	ESCUELA NO. 2	CC	CENTRO COMERCIAL MUNICIPAL
ES3	ESCUELA NO. 3	X	CEMENTERIO
ES4	ESCUELA BARRIO SAN ANTONIO	CP	CENTRO DE CAPACITACIÓN
ES5	ESCUELA CHACAP	⊠	CANCHA DE FUTBOL
ES6	ESCUELA BARRIO LAS ROSAS	⊠	CANCHA POLIDEPORTIVA
ES7	ESCUELA XIPRIAN	⊠	SALÓN SOCIAL XIPRIAN
ES8	IMEB	⊠	PUENTE
ES9	CEDCOM	—	LÍMITE MUNICIPAL
ES10	ESCUELA PAQUIP	---	RÍO
ES11	ESCUELA TRIUNFO LA PAZ	⊠	PARQUE
M	MUNICIPALIDAD	+	IGLESIA
CAP	CENTRO DE ATENCIÓN PERMANENTE	■	RECORRIDO TREN DE ASEO



## PROPUESTA DE RUTA TREN DE ASEO

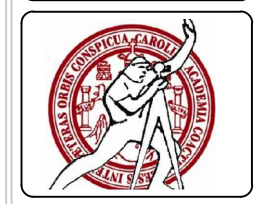
ALDEA PAQUIP

Escala 1:4,000,000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS  
MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA

PROYECTO: **RUTAS DE TREN DE ASEO**  
UBICACIÓN: SANTA CLARA LA LAGUNA DEPARTAMENTO: SOLOLÁ



CONTENIDO: **PLANO DE PROPUESTA DE RUTA DEL TREN DE ASEO PARA LA ALDEA PAQUIP**

DISEÑO Y CÁLCULO: JOSÉ YAC ESCALA: INDICADA  
DIBUJO: JOSÉ YAC FECHA: MARZO 2021

Vo.Bo.

ASESOR-SUPERVISOR:  
ING. JUAN MERCK COS

PLANO No.  
**04/04**

## ANEXOS

### Anexo 1. Análisis físico-químico y microbiológico de agua para red de distribución de agua potable en sector Chichiyal, Santa Clara La Laguna, Sololá.



#### INFORME DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA<sup>(1)</sup> No. :

23 -2,018

Interesado:	Municipalidad de Santa Clara La Laguna, Sololá		
Punto de Muestreo:	Toma No. 5		
Fuente:	La Cumbre	Proyecto:	
	Bocatoma No. 1	Mejoramiento Sistema Agua Potable	
Municipio:	Santa Clara La Laguna	Sector	Chichiyal
Departamento:	Sololá		
Fecha de Captación:	16/03/2018		
Hora de Captación:	11:00 Horas	Fecha de Recepción de laboratorio:	16/03/2018
Técnica de Preservación:	Refrigeración (2.0 a 8.0 °C)	Hora de recepción de laboratorio:	15:00 Horas
Responsable de Captación:	Angel Par Chavánc, Técnico, Dirección Municipal Planificación	Fecha de análisis de la muestra en laboratorio:	16/03/2018

<sup>(1)</sup> Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

#### RESULTADOS:

No.	PARÁMETROS FÍSICOS <sup>1</sup>	UNIDAD	RESULTADO	LMA <sup>2</sup>	LMP <sup>3</sup>	OMS <sup>4</sup>
1	Olor en Frío	Organoléptico	No Rechazable	No Rechazable	✓ No Rechazable	✓
2	Olor en Caliente (60 ° C)	Organoléptico	No Rechazable	No Rechazable	✓ No Rechazable	✓
3	Color aparente	Unidades pt-Co	3.00	5.00	✓ 35.00	✓
4	Color Verdadero	Unidades pt-Co	N/A	NSC	NSC	
5	Conductividad eléctrica (a 25 ° C)	(µS/cm.)	102.10	750	✓ <1,500	✓
6	Aspecto	Visual	Claro	Claro	✓ Claro	✓
7	Sabor	Organoléptico	No Rechazable	No Rechazable	✓ No Rechazable	✓
8	pH In Situ	Unidades pH	7.40	7.0-7.5	✓ 6.5-8.5	✓ 6.5-9.5
9	Temperatura In Situ	° C	N/A	15.0 °C -25.0 °C	✓ 34.0 °C	
10	Turbiedad	UTN	3.00	5.00	✓ 15.00	✓
11	Sólidos en Suspensión	mg/L	19.00	NSC	NSC	
12	Sólidos Disueltos totales	mg/L	31.00	500.00	✓ 1000.00	✓ 1200.00
13	Sólidos Sedimentables	c.c./l/Hr.	N/A	-	-	
No.	PARÁMETROS QUÍMICOS <sup>1</sup>	UNIDAD	RESULTADO	LMA <sup>2</sup>	LMP <sup>3</sup>	OMS <sup>4</sup>
14	Alcalinidad total	mg/L de CaCO <sub>3</sub>	12.00	NSC	NSC	
15	Aluminio	mg/L de Al	N/A	0.05	0.10	0.2
16	Calcio	mg/L de Ca	12.02	75.00	✓ 150.00	✓
17	Cobre	mg/L de Cu	N/A	0.05	1.50	2.00
18	Dureza de Calcio	mg/L CaCO <sub>3</sub>	22.00	NSC	NSC	
19	Dureza de Magnesio	mg/L CaCO <sub>3</sub>	8.00	NSC	NSC	
20	Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	30.00	100.00	✓ 500.00	✓ 200.00
21	Magnesio	mg/L de Mg	24.65	50.00	✓ 100.00	✓
22	Manganeso total	mg/L de Mn	0.10	0.10	✓ 0.40	✓ 0.5
23	Hierro total	mg/L de Fe	0.11	0.30	✓ NSC	2.00
24	Sulfatos	mg/L de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	6.00	100.00	✓ 250.00	✓ 500.00
25	Sulfuros	mg/L de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	N/A	NSC	NSC	
26	Fosfatos	mg/L de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	N/A	NSC	NSC	
27	Fluoruros	mg/L de F	N/A	NSC	1.70	1.5
28	Cloruros	mg/L de Cl <sup>-</sup>	28.00	100.00	✓ 250.00	✓ 250.00
29	Cloro Total	mg/L Cl <sub>2</sub>	N/A	NSC	NSC	5.00
30	Cloro residual libre (in Situ)	mg/L Cl <sub>2</sub>	0.50	0.50	✓ 1.00	✓
31	Nitrato	mg/L de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1.76	NSC	50.00	✓ 10.00
32		mg/L de N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.40	NSC	NSC	
33	Nitrito	mg/L de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.462	NSC	3.00	✓ 3.00
34		mg/L de N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.140	NSC	NSC	
35	Nitrógeno amoniacal	mg/L de N-NH <sub>3</sub>	0.30	NSC	NSC	
36	Cinc	mg/L de Zn	N/A	3.00	70.00	3.00

Continuación anexo 1.

37	Moibdeno	mg/L de Mo	N/A	NSC	NSC	0.07
38	Niquel	mg/L de Ni	N/A	NSC	NSC	0.02
39	Plomo	mg/L de Pb	N/A	NSC	0.01	0.02
40	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L de DBO <sub>5</sub>	N/A	NSC	NSC	
41	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L de DQO	N/A	NSC	NSC	
42	Iodo	mg/L de I	N/A	NSC	NSC	
43	Oxígeno Disuelto	mg/L de O <sub>2</sub>	N/A	NSC	NSC	
44	Bromo	mg/L de Br	N/A	NSC	NSC	
45	Fósforo Total	mg/L de P	N/A	NSC	NSC	
46	Nitrógeno Total	mg/L de N	N/A	NSC	NSC	
47	Mercurio	mg/L de Hg	N/A	NSC	0.001	0.001
48	Cadmio	mg/L de Cd	N/A	NSC	0.003	0.003
49	Bario	mg/L de Ba	N/A	NSC	0.700	
50	Boro	mg/L de B	N/A	NSC	0.300	
51	Cianuro	mg/L de CN	N/A	NSC	0.070	
52	Cromo total	mg/L de Cr	N/A	NSC	0.050	
53	Mercurio total	mg/L de Hg	N/A	NSC	0.001	
54	Selenio	mg/L de Se	N/A	NSC	0.010	
55	Arsenico	mg/L de As	N/A	NSC	0.010	0.01
<b>No.</b>	<b>PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS<sup>1)</sup></b>	<b>UNIDAD</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>LMA<sup>2)</sup></b>	<b>LMP<sup>3)</sup></b>	
56	Recuento Coliformes Totales	UFC / 100c.c.	240.00	NSC	Negativo	x
57	Escherichia Coli	UFC / 100c.c.	Negativo	-	Negativo	v
58	Shigella y Salmonella	UFC / 100c.c.	Negativo	NSC	NSC	Neg

**NOTAS:**

**LMA** = LÍMITE MÁXIMO ACEPTABLE

√ = Si cumple con la norma

**LMP** = LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE

x = No cumple con la norma

**NSC** = NO SE CONTEMPLA EN LA NORMA

UFC / 100 c.c. = Unidad Formadora de Colonia por cada 100 cm<sup>3</sup>

**N/A** = NO ANALIZADO

**Temperatura de Analisis**

20 °C

<sup>1)</sup> Metodología de análisis físico-químico basado en:

Standard Methods for the examination of water & Wastewater, APHA, AWWA, WEF, 21st Edition, 2005.

American Society for Testing and Materials (ASTM), Environmental Protection Agency (EPA), Lamotte®.

<sup>2)</sup> El Análisis Microbiológico fue realizado según método de membranas de filtración ASTM, el límite de calidad es de una colonia de coliformes por 100 cm<sup>3</sup> y debe tomarse medidas correctivas cuando se encuentren 1 o más colonias coliformes por 100 cm<sup>3</sup>.

<sup>3)</sup> Los límites máximos aceptables (LMA) y permisibles (LMP), están basados en la Norma Técnica Guatemalteca de agua para consumo humano (agua potable), COGUANOR NTG 29001. Adoptada Consejo Nacional de Normalización: 2010-06-18

<sup>4)</sup> Guías para la calidad del agua potable. 1er. Apéndice a la 3a. Edición. Vol. 1, Recomendaciones, OMS (2,006)

**NOTA:** Se recomienda siempre aplicar el proceso de desinfección a la presente fuente de agua y los parámetros que no cumplen con el LMP, debe aplicarse proceso de tratamiento para cumplir la Norma COGUANOR NTG 29001. La presente fuente de Agua es Apta para Consumo Humano, siempre y cuando se aplique proceso de desinfección.

Msc. Ing. Jorge Mario Ordóñez Cifuentes  
Ingeniero Civil y Sanitario, Col. No. 4,394  
Encargado de Físico-Química y Microbiología

INGENIERIA QUÍMICA, CIVIL, INDUSTRIAL Y ELECTRÓNICA  
Oficina: 33 Ave. D2-68 Zona 1  
Quetzaltenango, Guatemala, C. A.  
Telefax: (502) 7767 6568  
e-mail: iocie.j@gmail.com

Msc. Ing. Jorge Mario Ordóñez C.  
Ingeniero Civil Col. No. 4,394  
Maestría en Ingeniería Sanitaria

IQCIE 2/2

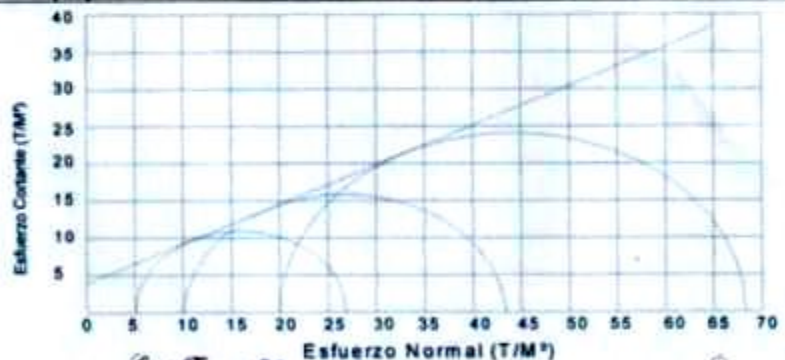
Fuente: IQCIE.

Anexo 2. Ensayo triaxial de laboratorio de suelos para planta de tratamiento de residuos sólidos, municipio de Santa Clara La Laguna, Sololá



INTERESADO: MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA, SOLOLA.  
 PROYECTO: CONSTRUCCIÓN INFRAESTRUCTURA TRATAMIENTO DE DESECHOS SOLIDOS, CABECERA MUNICIPAL, SANTA CLARA LA LAGUNA, SOLOLÁ.  
 UBICACIÓN: CABECERA MUNICIPAL, SANTA CLARA LA LAGUNA, SOLOLÁ.  
 ASUNTO: COMPRESIÓN TRIAXIAL.  
 NORMA: AASHTO T-234  
 FECHA: JUNIO DE 2018 PROFUNDIDAD: 1.20 m

PARAMETROS DE CORTE:			
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\theta = 27.91^\circ$	COHESIÓN: $C_u = 3.94 \text{ Ton/m}^2$		
TIPO DE ENSAYO:	No consolidado y no drenado.		
DESCRIPCION DEL SUELO:	Limo Arcilloso Color Café Oscuro.		
DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA:	2.5" X 5.0"		
OBSERVACIONES:	Muestra tomada por el interesado.		
PROBETA No.	1	2	3
PRESION LATERAL (T/m <sup>2</sup> )	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA $q$ (T/m <sup>2</sup> )	21.88	33.44	48.28
PRESION INTERSTICIAL $u$ (T/m <sup>2</sup> )	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA $E_r$ (%)	2.5	4.5	6.5
DENSIDAD SECA (T/m <sup>3</sup> )	1.00	1.00	1.00
DENSIDAD HUMEDA (T/m <sup>3</sup> )	1.68	1.68	1.68
HUMEDAD (%)	70.63	70.63	70.63



*Erick Fernando Hernández Ramírez*  
 INGENIERO CIVIL  
 COLEGIADO 6590  
*Erick Fernando Hernández Ramírez*  
 Ing. Erick Fernando Hernández Ramírez  
 Ingeniero Civil Col. 6590  
 Director de Obras ARCSA  
 Numero de Tel. 54125121



ESTUDIO DE SUELOS, PAVIMENTOS, CONCRETOS E IMPACTO AMBIENTAL  
 OFICINA: 6Av.18-94 zona 10. Correo Electrónico: [guillenarcasa@gmail.com](mailto:guillenarcasa@gmail.com)

Continuación anexo 2.



## VR INGENIERIA EN SUELOS Y CONCRETOS

- Ensayos en sub rasantes, bases y de todo en laboratorio de suelos
- Ensayos al concreto a compresión y flexión, diseño de concreto premezclado para todo tipo de obra.

**CÁLCULO DE VALOR SOPORTE**

**PROYECTO:** CONSTRUCCIÓN INFRAESTRUCTURA TRATAMIENTO DE DESECHOS SOLIDOS, CABECERA MUNICIPAL, SANTA CLARA LA LAGUNA, SOLOLÁ.

**UBICACION:** CABECERA MUNICIPAL, SANTA CLARA LA LAGUNA, SOLOLÁ.

**PROPIETARIO:** MUNICIPALIDAD DE SANTA CLARA LA LAGUNA, SOLOLÁ.

**FECHA:** JUNIO DEL 2018

**DATOS OBTENIDOS DE ENSAYO TRIAXIAL**  
Laboratorio "ARCASA"

Descripción del Suelo: Limo Arcilloso Color Café Oscuro

<p>Datos:</p> <p>base= 1 m</p> <p>γs= 1.68 ton/m<sup>3</sup></p> <p>φ= 27.95 gradus</p> <p>Cur= 3.94 ton/m<sup>4</sup></p> <p>Df= 1.20 m</p> <p>Kpy= 44.89</p> <p>Nc= 17.63</p> <p>Nc = cot(δ)(Nq-1)</p> <p>Nq= 11.38</p> <p>Nq= (1/2) *tan(δ) * (Kpy/cos<sup>2</sup>(φ)-1)</p> <p>Nu= 14.96</p>	$\phi_{rad} = \frac{\phi \times \pi}{180^\circ} = 0.4871 \text{ rad}$ <p>factores de capacidad de carga</p> $e^{\left(\frac{3}{2} - \phi_{rad}\right) \tan(\phi_{rad})}$ $2 \cos^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$
--	---

a) Para cimiento continuo:

Capacidad de carga última, qc:

$$qc = c^*Nc + Gm^*Df^*Nq + 0.5^*Gm^*B^*Ng$$

Capacidad de carga admisible, qa:

$$qa = qc/FS$$

factor de seguridad

c^\*Nc = 123.7

Gm^\*Df^\*Nq = 35.5

0.5^\*g^\*B^\*Ng = 12.6

qc. (Ton/m<sup>2</sup>) = 171.8

qa. (Ton/m<sup>2</sup>) = 28.6

b) Para cimiento cuadrado:

Capacidad de carga última, qc:

$$qc = 1.3c^*Nc + Gm^*Df^*Nq + 0.4^*Gm^*B^*Ng$$

Capacidad de carga admisible, qa:

$$qa = qc/FS$$

1.3^\*c^\*Nc = 160.8

g^\*Df^\*Nq = 35.5

0.4^\*g^\*B^\*Ng = 10.1

qc. (Ton/m<sup>2</sup>) = 206.4

qa. (Ton/m<sup>2</sup>) = 34.4

c) Para cimiento circular:

Capacidad de carga última, qc:

$$qc = 1.3c^*Nc + Gm^*Df^*Nq + 0.6^*Gm^*R^*Ng$$

Capacidad de carga admisible, qa:

$$qa = qc/FS$$

1.3^\*c^\*Nc = 160.8

g^\*Df^\*Nq = 35.5

0.6^\*g^\*R^\*Ng = 7.5

qc. (Ton/m<sup>2</sup>) = 203.8

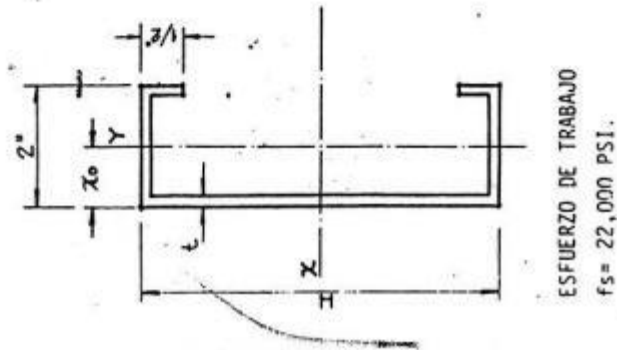
qa. (Ton/m<sup>2</sup>) = 34.0

vrconcretos@yahoo.es; arfiles990@gmail.com  
Sta. Calle 14-171 Zona 4, San Marcos  
Tel. 54110946

Fuente: Arcasa, Asesoría y construcción.

Anexo 3. Tabla costaneras – ANSI 05, página 67

H (PULG)	T (PULG)	AREA (PULG <sup>2</sup> )	PESO #/PIE	# TIRA (6 MT)	I <sub>x</sub> (PULG <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> (PULG <sup>4</sup> )	X <sub>o</sub> (PULG)	R <sub>x</sub> (PULG)	R <sub>y</sub> (PULG)	S <sub>x</sub> (PULG <sup>3</sup> )	M <sub>x</sub> K-PIE
4	1/16	0.55	1.86	36.60	1.43	0.30	0.67	1.62	0.74	0.72	1.32
5	1/16	0.61	2.07	40.78	2.40	0.32	0.60	1.98	0.73	0.96	1.76
6	1/16	0.67	2.29	45.00	3.66	0.34	0.55	2.34	0.71	1.22	2.24
7	1/16	0.73	2.50	49.15	5.27	0.36	0.51	2.68	0.70	1.50	2.76
8	1/16	0.80	2.71	53.35	7.24	0.37	0.47	3.01	0.68	1.81	3.32
9	1/16	0.86	2.92	57.50	9.61	0.38	0.44	3.34	0.67	2.14	3.91
10	1/16	0.92	3.14	61.74	12.41	0.39	0.41	3.67	0.65	2.48	4.55
8	3/32	1.18	4.03	79.25	10.63	0.53	0.47	3.00	0.67	2.66	4.87
10	3/32	1.37	4.66	91.80	18.27	0.56	0.41	3.65	0.64	3.66	6.70
14	1/16	1.09	3.72	73.25	2.87	2.55	2	1.62	1.53	1.43	2.63
16	1/16	1.34	4.57	90.00	7.33	3.52	2	2.34	1.62	2.44	4.48
18	1/16	1.59	5.42	106.75	14.48	4.48	2	3.01	1.68	3.62	6.64
18	3/32	2.37	8.06	158.58	21.26	6.59	2	3.00	1.67	5.32	9.75
16	1/16	1.34	4.57	90.00	7.33	1.09		2.34	0.90	2.44	4.48
18	1/16	1.59	5.42	106.75	14.48	1.09		3.01	0.83	3.62	6.64
18	3/32	2.37	8.06	158.58	21.26	1.09		3.00	0.68	5.32	9.75




Fuente: ANSI. Tabla costaneras. P. 67.





Anexo 4. AISC – valores de tabla pág 1-66, double angles, properties of sections

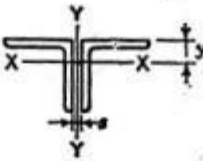
1-66



## DOUBLE ANGLES

Two equal angles

Properties of sections



Designation	Wt. per Ft. 2 Angles	Area of 2 Angles	AXIS X - X				Radii of Gyration About Axis Y - Y						
			I		S		Back to Back of Angles, Inches						
			in. <sup>4</sup>	in. <sup>4</sup>	in.	in.	0	¼	½	¾	1	1½	
in.	in.	in.	in.	in.	in.	0	¼	½	¾	1	1½		
L 3 × 3 × ½	18.8	5.50	4.43	2.14	.898	.932	1.29	1.39	1.43	1.48	1.53	1.59	
	¾	16.6	4.87	3.99	1.91	.905	.910	1.28	1.37	1.42	1.47	1.52	1.57
	⅝	14.4	4.22	3.52	1.67	.913	.888	1.27	1.36	1.41	1.46	1.51	1.56
	¼	12.2	3.55	3.02	1.41	.922	.865	1.26	1.35	1.40	1.45	1.50	1.55
	⅜	9.8	2.88	2.49	1.15	.930	.842	1.26	1.34	1.39	1.43	1.48	1.53
⅝	7.42	2.18	1.92	.882	.939	.820	1.25	1.33	1.38	1.42	1.47	1.52	
L 2½ × 2½ × ½	15.4	4.50	2.45	1.45	.739	.805	1.09	1.19	1.24	1.29	1.34	1.39	
	¾	11.8	3.47	1.97	1.13	.753	.762	1.07	1.16	1.21	1.26	1.31	1.36
	⅝	10.0	2.93	1.70	.964	.761	.740	1.06	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35
	¼	8.2	2.38	1.41	.789	.769	.717	1.05	1.14	1.19	1.24	1.29	1.34
	⅝	6.14	1.80	1.09	.685	.778	.694	1.04	1.13	1.18	1.22	1.27	1.32
L 2 × 2 × ¾	9.4	2.72	.958	.702	.594	.636	.870	.965	1.01	1.07	1.12	1.17	
	⅝	7.84	2.30	.832	.600	.601	.614	.859	.952	1.00	1.05	1.10	1.16
	¼	6.38	1.88	.695	.494	.609	.592	.849	.940	.989	1.04	1.09	1.14
	⅝	4.88	1.43	.545	.381	.617	.569	.840	.929	.977	1.03	1.08	1.13
	⅜	3.30	.960	.380	.261	.626	.546	.831	.918	.965	1.01	1.06	1.11
L 1¾ × 1¾ × ¼	5.54	1.63	.454	.372	.529	.529	.748	.841	.890	.941	.994	1.05	
	⅝	4.24	1.24	.358	.288	.537	.506	.738	.829	.877	.928	.979	1.03
	⅜	2.88	.844	.251	.198	.546	.484	.729	.818	.865	.914	.965	1.02
L 1½ × 1½ × ¼	4.38	1.38	.277	.268	.449	.466	.647	.742	.793	.845	.899	.953	
	⅝	3.60	1.05	.220	.208	.457	.444	.637	.729	.779	.831	.883	.938
	⅜	3.04	.888	.189	.177	.461	.433	.632	.723	.773	.824	.876	.930
	⅝	2.46	.719	.156	.144	.465	.421	.628	.717	.766	.817	.869	.922
L 1¼ × 1¼ × ¼	3.84	1.13	.153	.181	.369	.403	.546	.644	.696	.750	.805	.861	
	⅝	2.96	.867	.123	.142	.377	.381	.536	.631	.682	.735	.789	.845
	⅜	2.02	.594	.088	.099	.385	.359	.526	.618	.668	.720	.774	.820
L 1 × 1 × ¼	2.98	.875	.074	.112	.290	.339	.447	.548	.601	.657	.714	.771	
	⅝	2.32	.680	.060	.088	.297	.318	.435	.533	.586	.641	.697	.754
	⅜	1.60	.469	.043	.062	.304	.296	.425	.519	.571	.625	.680	.737

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION

Fuente: AISC. Double angles, properties of sections. P. 37.

