



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**  
*La Universidad Católica de Loja*

**TITULACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL**

**Diseño hidrosanitario para el centro de albergue, formación y capacitación juvenil, Loja, componentes: abastecimiento de agua potable y red contra incendios.**

Trabajo de titulación.

Autor:

Jaramillo Cumbicus Jackson Bladimir

Directora:

Lapo Pauta Carmen Mireya, Ing.

**LOJA – ECUADOR**

**2012**

## Certificación

Ing.

Carmen Mireya Lapo Pauta

DIRECTORA DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

C E R T I F I C A:

Que el presente trabajo, denominado: "Diseño hidrosanitario para el centro de albergue, formación y capacitación juvenil, Loja, componentes: abastecimiento de agua potable y red contra incendios " realizado por el profesional en formación: Jaramillo Cumbicus Jackson Bladimir; cumple con los requisitos establecidos en las normas generales para la Graduación en la Universidad Técnica Particular de Loja, tanto en el aspecto de forma como de contenido, por lo cual me permito autorizar su presentación para los fines pertinentes.

Loja, septiembre de 2012

f: .....

Holger Manuel Benavides Muñoz, PhD. (e)

CI: 1103139182

## **Cesión de derechos**

Yo, Jackson Bladimir Jaramillo Cumbicus, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 de Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Autor: Jaramillo Cumbicus Jackson Bladimir

Cédula: 1104670433

## DEDICATORIA

*Con infinito amor a mi familia:*

*A mis padres Carlos y Olga por su total apoyo y cariño, mis hermanos: Richar, Carlos y Betty ejemplo de perseverancia y compañeros de penas y alegrías, a Carla mi fuerza en buenos y malos momentos, mis sobrinos Carlitos y Vicky la alegría del hogar.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero dejar constancia del profundo agradecimiento al cuerpo docente de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja, en especial a la Ing. Carme Mireya Lapo por la fe depositada en mí para dirigir este trabajo de fin de titulación, y el apoyo total en cada instante del mismo.

A mi familia, mi novia, profesores, compañeros, colegas y amigos que de alguna u otra forma colaboraron para que este trabajo se llegue a concluir de la mejor manera.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

## **PRELIMINARES**

<i>Certificación</i> .....	<i>ii</i>
<i>Cesión de derechos</i> .....	<i>iii</i>
<i>Dedicatoria</i> .....	<i>iv</i>
<i>Agradecimientos</i> .....	<i>v</i>
<i>Índice de contenidos</i> .....	<i>vi</i>
<i>Índice de cuadros</i> .....	<i>ix</i>
<i>Índice de figuras</i> .....	<i>x</i>
<i>Índice de tablas</i> .....	<i>xi</i>
<i>Resumen</i> .....	<i>xii</i>
<i>Abstract</i> .....	<i>xiii</i>
<b>1. GENERALIDADES</b> .....	<b>1</b>
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. OBJETIVOS .....	1
1.2.1. Objetivo Principal .....	1
1.2.2. Objetivos Específicos .....	1
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.4. METODOLOGÍA.....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1. INTRODUCCIÓN.....	5
2.2. ECUACIONES FUNDAMENTALES DE LA MECÁNICA DE FLUIDOS.....	5
2.2.1. Ecuación de continuidad .....	5
2.2.2. Ecuación de la energía .....	6
2.3. TIPOS DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO EN EDIFICACIONES. ....	7
2.3.1. Sistemas a presión directa desde la red pública.....	7
2.3.2. Sistemas de abastecimiento a gravedad.....	7
2.3.3. Sistemas de abastecimiento a presión. ....	8
2.4. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO EN EDIFICACIONES. ....	9
2.4.1. Acometida.....	9
2.4.2. Depósitos.....	10
2.4.2.1. Cisterna. ....	10
2.4.2.2. Tanque elevado. ....	10
2.4.3. Red interna de tuberías de abastecimiento. ....	10
2.4.3.1. Columnas. ....	10
2.4.3.2. Ramales .....	10
2.4.4. Red de gabinetes equipados contra incendios. ....	11
2.4.4.1. Gabinetes. ....	11

<b>2.5.</b>	<b>ESTIMACIÓN DE CAUDALES.....</b>	<b>11</b>
2.5.1.	Método de simultaneidad.....	11
2.5.2.	Método de R. Hunter .....	12
2.5.3.	Método racional o español.....	14
<b>2.6.</b>	<b>PÉRDIDAS DE CARGA.....</b>	<b>16</b>
2.6.1.	Pérdidas por fricción.....	16
2.6.1.1.	Fórmula de Hazen-Williams.....	16
2.6.1.2.	Fórmula de Flamant.....	17
2.6.1.3.	Fórmula de Darcy – Weisbach.....	18
2.6.2.	Pérdidas localizadas.....	20
2.6.2.1.	Método de la longitud equivalente.....	20
2.6.3.	Pérdidas por velocidad.....	22
<b>3.</b>	<b><i>PROYECTO SOCIAL “CENTRO DE FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN DON BOSCO”</i>.....</b>	<b>23</b>
3.1.	INTRODUCCIÓN.....	23
3.2.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.....	23
3.2.1.	Ubicación.....	23
3.3.	COMPONENTES.....	24
3.3.1.	Edificio administrativo.....	24
3.3.2.	Bloque de varones.....	25
3.3.3.	Bloque de mujeres.....	26
3.3.4.	Sala de uso múltiple.....	27
<b>4.</b>	<b><i>DISEÑO DE LOS SISTEMAS</i>.....</b>	<b>28</b>
4.1.	NORMATIVA EMPLEADA.....	28
4.2.	DISTRIBUCIÓN DEL PROYECTO.....	28
4.3.	DISTRIBUCIÓN DE LAS PIEZAS SANITARIAS.....	28
4.4.	COMPONENTES DE LOS SISTEMAS.....	30
4.5.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.....	30
4.5.1.	Criterios de diseño.....	30
4.5.2.	Biblioteca de consumos.....	31
4.5.3.	Velocidad de las conducciones.....	31
4.5.4.	Presiones en los consumos.....	31
4.5.5.	Materiales.....	31
4.5.6.	Pérdidas en la red.....	31
4.5.6.1.	Pérdidas por longitud.....	31
4.5.6.2.	Pérdidas por accesorios.....	31
4.5.7.	Condiciones del suministro.....	32
4.5.8.	Simultaneidad de los consumos.....	32
4.5.9.	Estimación de caudales.....	32
4.5.10.	Cálculo de depósitos.....	33
4.5.11.	Volúmenes de diseño.....	34
4.5.11.1.	Volumen de diseño para el edificio grupo 1.....	34
4.5.11.3.	Volumen de diseño para sistema contra incendios.....	35

4.5.12.	Dimensionamiento de depósitos .....	35
4.5.12.1.	Dimensionamiento de tanque de reserva .....	35
4.5.12.2.	Dimensionamiento de cisterna para el grupo 1 .....	36
4.5.12.3.	Dimensionamiento de cisterna para el grupo 2 .....	36
4.5.12.4.	Dimensionamiento de tirante de reserva contra incendios .....	37
4.5.13.	Cálculo de red de abastecimiento externa .....	37
4.5.14.	Cálculo de tubería de acometida a tanque de reserva .....	39
4.5.15.	Sistema de bombeo y equipo hidroneumático .....	40
4.5.16.	Cálculo de sistema de bombeo para el grupo 1 .....	40
4.5.16.1.	Cálculo de succión. ....	40
4.5.16.2.	Cálculo de impulsión. ....	42
4.5.16.3.	Cálculo de la altura de succión positiva disponible ( <i>NPSHdisponible</i> ).....	43
4.5.16.4.	Presión barométrica ( <i>Pb</i> ) .....	43
4.5.16.5.	Tensión de vapor del agua a temperatura ambiente ( <i>TVATA</i> ).....	44
4.5.16.6.	Altura dinámica de succión ( <i>ADS</i> ).....	44
4.5.16.7.	Cálculo de la altura de succión positiva requerida ( <i>NPSHrequerida</i> ).....	45
4.5.16.8.	Cálculo altura máxima de succión ( <i>AMS</i> ).....	45
4.5.16.9.	Altura dinámica total ( <i>Htmáx</i> ) .....	45
4.5.16.10.	Cálculo de la potencia <i>P</i> ( <i>hp</i> ).....	45
4.5.16.11.	Características funcionales de la bomba.....	46
4.5.16.12.	Cálculo del tanque hidro-acumulador. ....	46
4.5.17.	Cálculo del sistema de bombeo para bloques de varones y de mujeres.....	47
4.5.17.1.	Cálculo de succión. ....	47
4.5.17.2.	Cálculo de impulsión. ....	48
4.5.17.3.	Cálculo de altura de succión positiva disponible ( <i>NPSHdisponible</i> ).....	49
4.5.17.4.	Presión barométrica ( <i>Pb</i> ) .....	49
4.5.17.5.	Tensión de vapor del agua a temperatura ambiente ( <i>TVATA</i> ).....	50
4.5.17.6.	Altura dinámica de succión ( <i>ADS</i> ).....	50
4.5.17.7.	Cálculo de la altura de succión positiva requerida ( <i>NPSHrequerida</i> ).....	50
4.5.17.8.	Cálculo altura máxima de succión ( <i>AMS</i> ).....	50
4.5.17.9.	Altura dinámica total ( <i>Htmáx</i> ) .....	50
4.5.17.10.	Cálculo de la potencia <i>P</i> ( <i>hp</i> ).....	51
4.5.17.11.	Características funcionales de la bomba.....	51
4.5.17.12.	Cálculo del tanque hidro-acumulador. ....	51
4.6.	<b>SISTEMA CONTRA INCENDIOS.....</b>	<b>52</b>
4.6.1.	Criterios de diseño .....	52
4.6.2.	Diámetro de la boquilla. ....	53
4.6.3.	Cálculo de caudales y presiones mínimas.....	53
4.6.4.	Coeficiente del emisor:.....	53
4.6.5.	Modelación de la red.....	53
4.6.6.	Cálculo de volumen de reserva.....	54
4.6.7.	Dimensionamiento de la bomba .....	55
4.6.8.	Características funcionales de la bomba .....	55
4.6.9.	Materiales.....	55
5.	<b>AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS EN MICROSOFT EXCEL® UTILIZANDO PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE VBA.....</b>	<b>56</b>
5.1.	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>56</b>

5.2.	REQUISITOS DEL SISTEMA Y CONFIGURACIÓN REGIONAL.....	56
5.3.	HABILITACIÓN DEL COMPLEMENTO DISEÑO HIDRÁULICO.....	57
5.4.	EJEMPLO DISEÑO TIPO .....	58
6.	<b>PRESUPUESTO REFERENCIAL.</b> .....	<b>76</b>
7.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>78</b>
7.1.	CONCLUSIONES.....	78
7.2.	RECOMENDACIONES .....	79
8.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>81</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>83</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 01</b>	<i>Unidades Mueble</i> .....	14
<b>Cuadro 02</b>	<i>Unidades Mueble</i> .....	15
<b>Cuadro 03</b>	<i>Coef. C de Hazen-Williams de los materiales más comunes</i> .....	17
<b>Cuadro 04</b>	<i>Coeficientes C de Flamant de los materiales más comunes</i> .....	18
<b>Cuadro 05.-</b>	<i>Coeficientes de tipo y forma de los accesorios más comunes</i> .....	21
<b>Cuadro 06</b>	<i>Distribución de plantas y aparatos sanitarios en edificio administrativo</i> .....	25
<b>Cuadro 07</b>	<i>Distribución de plantas y aparatos sanitarios en bloque de varones</i> .....	26
<b>Cuadro 08</b>	<i>Distribución de plantas y aparatos sanitarios en bloque de mujer</i> .....	27
<b>Cuadro 09</b>	<i>Distribución de aparatos sanitarios en sala de uso múltiple</i> .....	27
<b>Cuadro 10</b>	<i>Resumen piezas sanitarias para el sistema del grupo 1</i> .....	29
<b>Cuadro 11</b>	<i>Resumen piezas sanitarias del bloque de talleres, aulas y dormitorios de varones y mujeres</i> .....	29
<b>Cuadro 12</b>	<i>Caudal simultaneo para el grupo 1</i> .....	33
<b>Cuadro 13</b>	<i>Caudal simultaneo para el grupo 2</i> .....	33
<b>Cuadro 14</b>	<i>Consumos de dotación para diseños hídricos</i> .....	33
<b>Cuadro 15</b>	<i>Resumen de volúmenes de reserva</i> .....	35
<b>Cuadro 16</b>	<i>Dimensiones de la cisterna para el grupo 1</i> .....	36
<b>Cuadro 17</b>	<i>Dimensiones de la cisterna para el grupo 2</i> .....	36
<b>Cuadro 18</b>	<i>Pérdida de altura con referencia al nivel del mar</i> .....	44
<b>Cuadro 19</b>	<i>Pérdida por temperatura</i> .....	44

<b>Cuadro 20</b> Potencia de bombas según número de ciclos.....	46
<b>Cuadro 21</b> Renovación del aire del equipo hidropresor.....	47
<b>Cuadro 22</b> Botones del recuadro <i>Entidades</i> .....	74-75
<b>Cuadro 23</b> Presupuesto referencial del proyecto.....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Sistema a gravedad.....	8
<b>Figura 2</b> Sistema a presión.....	9
<b>Figura 3</b> Croquis de ubicación del proyecto.....	23
<b>Figura 4</b> Diagrama de red contra incendios con longitudes de tubería+ longitud equivalente en el programa EpaNET v 2.0.....	54
<b>Figura 5</b> Curva de la bomba, determinada en el programa EpaNET v 2.0.....	55
<b>Figura 6</b> Habilitación de complemento.....	57-58
<b>Figura 7</b> Ficha Diseño Hidráulico.....	58
<b>Figura 8</b> Grupo Proyecto.....	58
<b>Figura 9</b> Mensaje de alerta al iniciar un proyecto nuevo.....	59
<b>Figura 10</b> Recuadro guardar proyecto nuevo.....	59
<b>Figura 11</b> Cuadro de simultaneidad de consumos.....	60
<b>Figura 12</b> Formulario <i>Configuración</i> .....	61
<b>Figura 13</b> Formulario <i>Configuración, campo Tipo de Tubería</i> .....	62
<b>Figura 14</b> Formulario <i>Configuración, campo Tipo de Tubería</i> .....	62
<b>Figura 15</b> Tabla de cálculo en Microsoft Excel® generada por el complemento.....	63
<b>Figura 16</b> Ingreso de tramos a la tabla de cálculo.....	64
<b>Figura 17</b> Pre-dimensionamiento de red de tuberías.....	65
<b>Figura 18</b> Recuadro de entidades para AutoCAD®.....	65
<b>Figura 19</b> Número de nudo inicial de etiquetado.....	66
<b>Figura 20</b> Identificación de nudos en plano de trabajo.....	67
<b>Figura 21</b> Recuadro unidades de suministro.....	67
<b>Figura 22</b> Grupo Herramientas.....	68
<b>Figura 23</b> Base de datos Unidades de Suministro.....	69
<b>Figura 24</b> Tabla de cálculo con diseño de diámetros.....	69

<b>Figura 25</b> Grupo Conexión con AutoCAD®.....	70
<b>Figura 26</b> Plano de trabajo modelado en 3 dimensiones en el programa AutoCAD®.....	70
<b>Figura 27</b> Recuadro de ingreso de longitudes desde AutoCAD®.....	71
<b>Figura 28</b> Recuadro de ingreso de longitudes desde AutoCAD®.....	71
<b>Figura 29</b> Recuadro de longitudes equivalentes.....	73
<b>Figura 30</b> Base de datos coeficientes de accesorios más comunes.....	74
<b>Figura 31</b> Botón Recalcular y resultados del cálculo de presiones necesarias.....	74
<b>Figura 32</b> Recuadro Diámetros Comerciales.....	75
<b>Figura 33</b> Botón Recalcular y resultados del cálculo de presiones necesarias.....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 01</b> Volúmenes de reserva para el grupo 1.....	34
<b>Tabla 02</b> Volúmenes de reserva para el grupo 2.....	34
<b>Tabla 03</b> Red externa de abastecimiento.....	37
<b>Tabla 04</b> Dimensiones de tuberías en succión del grupo 1.....	40
<b>Tabla 05</b> Cálculo de accesorios en succión grupo 1.....	42
<b>Tabla 06</b> Dimensiones de tuberías en impulsión del grupo 1.....	43
<b>Tabla 07</b> Dimensiones de tuberías en succión del grupo 2.....	48
<b>Tabla 08</b> Cálculo de accesorios en succión grupo 2.....	48
<b>Tabla 09</b> Dimensiones de tuberías en impulsión del grupo 2.....	49

## RESUMEN

La fundación San Juan Bosco, ha creído conveniente emprender la construcción del proyecto: “Centro de albergue, formación y capacitación juvenil – Loja”. Se consideró que es necesario completar este proyecto con el diseño hidrosanitario, en el presente estudio se ha realizado el dimensionamiento de los sistemas de distribución de agua potable y sistema contra incendios en el que se consideraron los criterios de algunos autores, tomando en cuenta aquellos que más se adapten a la realidad del medio. La acumulación de caudales se la realizó mediante el método racional o español, y el cálculo de pérdidas de carga por fricción en tuberías por el método de Flamant. Se automatizó el proceso de cálculo mediante la elaboración de un complemento de Excel, utilizando lenguaje de programación VBa y XML, y que permite comparar los diseños de acuerdo a diferentes criterios y ecuaciones de cálculo.

**El autor.**

### **Palabras claves:**

Don Bosco, Abastecimiento, Agua, Edificaciones, Hidrosanitario, VBa, Excel, AutoCAD, Programación, Desarrollo, Software.

## **ABSTRACT**

San Juan Bosco Foundation, has seen fit to undertake the construction of the project: "Shelter, training and youth center- Loja". Whereas it is necessary to complete this project with the hydro-sanitary design, the present study has been carried potable water distribution and fire sizing systems, which was considered by some authors criteria, taking into account those most suited to the reality of the medium. The accumulation of the flow is conducted through the rational or Spanish method and calculating friction head losses in the pipes by Flamant method. The calculation process was automated by developing Excel AddIn, using VBA programming language and XML, and for comparing the designs according to different criteria and equations.

**The Author**

### **Key words:**

Don Bosco, Water Supply, Water, Buildings, Hydrosanitary, VBA, Excel, AutoCAD, Programming, Software Development.



## **1. GENERALIDADES**

### **1.1. INTRODUCCIÓN**

Desde que el hombre tuvo la necesidad de modificar el curso natural del agua, para facilitar el uso de la misma, no ha dejado de investigar y mejorar los métodos de diseño e implantación de sistemas de abastecimiento.

Una vez que los centros poblados fueron creciendo hasta convertirse en grandes ciudades, pasando de edificaciones horizontales a verticales cada vez más elevadas, fue aumentando la inquietud y la necesidad de implementar métodos y accesorios que hicieran posible la correcta, satisfactoria y eficiente distribución del agua, aire y combustibles.

En el presente proyecto se realizará el estudio y el diseño hidrosanitario, en sus componentes redes de abastecimiento y sistema contra incendios para los edificios del “Diseño hidrosanitario para el centro de albergue, formación y capacitación juvenil, Loja, componentes: abastecimiento de agua potable y red contra incendios”, en un convenio realizado con la fundación del mismo nombre y la Universidad Técnica Particular de Loja, proyecto en el cual se implementará estudios realizados en el ámbito de la hidráulica, sanitaria y otras ramas afines al diseño de conducciones utilizados para el abastecimiento de agua potable, sistemas contra incendios.

### **1.2. OBJETIVOS**

#### **1.2.1 Objetivo Principal**

- Realizar los estudios y diseños de sistemas hidrosanitarios para el bloque administrativo, bloque para varones, bloque para mujeres y sala de uso múltiple del “Diseño hidrosanitario para el centro de albergue, formación y capacitación juvenil, Loja, componentes: abastecimiento de agua potable y red contra incendios” de la ciudad de Loja.

#### **1.2.2 Objetivos Específicos**



- Establecer criterios para el diseño hidrosanitario de los bloques.
- Determinar los caudales para abastecimiento de agua por el método racional o español.
- Calcular las pérdidas por fricción mediante los métodos de Flamant y Hazen.
- Calcular las pérdidas por accesorios por medio del método de Longitud Equivalente.
- Modelar los sistemas de abastecimiento de agua fría y caliente mediante software de comprobación.
- Modelar y diseñar el sistema contra incendios mediante el software libre EpaNET.
- Obtener los documentos ejecutivos de diseño, tales como planos, memorias y presupuesto referencial para la construcción de los sistemas.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

El estudio e implementación de sistemas hidrosanitarios en edificaciones no son actividades comunes en nuestro medio, por lo que si bien se han realizado unas cuantas investigaciones, no se cuenta con la normativa hidrosanitaria para nuestro país.

La Fundación Don Bosco y la Universidad Técnica Particular de Loja, realizaron el convenio específico para la elaboración del proyecto “Centro de albergue, formación y capacitación juvenil, Loja”, dentro del cual se encuentra el diseño hidrosanitario, razón por la que se hace necesario incluir el tema “Diseño hidrosanitario para el centro de albergue, formación y capacitación juvenil, Loja, componentes: abastecimiento de agua potable y red contra incendios”.

Con este estudio se busca recopilar los conocimientos adquiridos en diferentes áreas de la ingeniería y aplicarlos en el diseño hidrosanitario, tomando como limitantes algunas normativas internacionales que se puedan adaptar a las condiciones de nuestro medio, respetando el reglamento local de construcción vigente, y comprobar la confiabilidad del diseño mediante la utilización de herramientas informáticas.



## **1.4. METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del presente proyecto se prevé la ejecución de las siguientes fases, que permitirán cumplir con el objetivo propuesto.

### **Fase 1: Recopilación de información.**

- Esta fase de investigación y clasificación de información tiene como objetivo adjuntar todo el material teórico, estudios anteriores, bibliografía, normativas internacionales, y todo lo referente a conocimientos previos al diseño hidrosanitario.
- Otra actividad será la revisión de la zona a aplicar el estudio, lectura de planos, accesorios aplicables en el medio, determinación de caudales, y replanteo de la zona de implantación.

### **Fase 2: Diseño de los sistemas hidrosanitarios.**

- Con la información obtenida se procederá a diseñar las redes (distribución, evacuación) de los sistemas, cumpliendo las especificaciones técnicas de presión y velocidad, y además considerando la demanda en cada nudo de consumo.
- Para el cálculo de los caudales para abastecimiento de agua (fría y caliente) se considerará la utilización del método racional o español.
- Para la determinación de las pérdidas por fricción del sistema de abastecimiento se aplicarán los métodos de Darcy-Weisbach, Flamant, y Hazen-Williams.
- Para el cálculo de las pérdidas por accesorios ó localizadas se tomará como referencia el método de longitudes equivalentes.

### **Fase 3: Comprobación del diseño mediante software.**

- Se utilizarán los programas:

-*Instalaciones del Edificio*, del paquete *CypeCAD 2012.a.* (versión de evaluación), para verificar los cálculos realizados en la Fase 2



-Epanet 2.2, software libre para la modelación del sistema contra incendios.

**Fase 4:** Elaboración de la memoria técnica.

- Se realizará la memoria técnica del proyecto en donde constará todo lo referido a material teórico técnico, limitantes, cuadros de cálculos, planos isométricos y presupuesto referencial de los sistemas.

**Fase 5:** Revisión de los proyectos de fin de carrera y actas de recepción de los proyectos.

- Una vez culminadas con éxito las fases anteriores, se procederá a la revisión total del proyecto y a las actividades de cierre del mismo.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. INTRODUCCIÓN.

Para el análisis y diseño de redes de abastecimiento en edificaciones, es necesario tener pleno conocimiento de los principales conceptos básicos y principios fundamentales de mecánica de fluidos e hidráulica de tuberías que a continuación se repasan

### 2.2. ECUACIONES FUNDAMENTALES DE LA MECÁNICA DE FLUIDOS.

Los métodos de análisis consideran la capacidad de un flujo para transportar materia y la manera como cambia sus propiedades de un lugar a otro, para lo cual se debe establecer como axiomas que los fluidos cumplan los principios básicos de la mecánica, como:

- a) Conservación de la materia.
- b) Impulso y cantidad de movimiento.
- c) Conservación de la energía.
- d) Segunda ley de la termodinámica.

#### 2.2.1. Ecuación de continuidad

Del principio de conservación de la materia se deriva una de las principales ecuaciones para el análisis de fluidos, en donde el caudal de un fluido es igual al producto de su velocidad por el área transversal del conducto que lo transporta. En caudal permanece constante a lo largo de su recorrido, y de allí que se deduce la *ecuación de continuidad*, que se expresa de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Q_1 &= Q_2 \\ A_1 \times V_1 &= A_2 \times V_2 \end{aligned} \quad \text{Eq. [01]}$$

Donde:

$Q$  : caudal. [ $m^3/s$ ]



- $A$  : *área transversal del conducto. [m<sup>2</sup>]*  
 $V$  : *velocidad media del fluido [m/s]*  
*los subíndices 1 y 2 indican si los valores están dados para el comienzo o el final del volumen de control respectivamente*

### 2.2.2. Ecuación de la energía

Basada en la segunda ley de Newton, y excluyendo los efectos termodinámicos y la extracción o adición de energía mecánica, se deriva la *ecuación de la energía*, la misma que considera las fuerzas oponentes al movimiento, las cuales desarrollan un trabajo mecánico equivalente a la energía disipada al vencer dichas fuerzas.

Una de las formas de la ecuación de conservación de energía para flujo en tuberías es la ecuación propuesta por el matemático, estadístico, físico y médico holandés-suizo, Daniel Bernoulli, en su obra *Hidrodinámica*(1738), donde las pérdidas de energía se manifiestan como pérdidas en la altura piezométrica, y asociada a la primera ley de la termodinámica se define como:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 = hf_{1-2} + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2 \quad \text{Eq. [02]}$$

Donde:

- $\gamma$  : *peso específico ( $\gamma / \rho g$ ).*  
 $hf$  : *pérdidas de fricción entre el fluido y la tubería.*  
 $V$  : *velocidad del fluido en la sección considerada.*  
 $P$  : *presión a lo largo de la línea de corriente.*  
 $g$  : *aceleración gravitatoria.*  
 $z$  : *altura en la dirección de la gravedad desde una cota de referencia.*

*los subíndices 1 y 2 indican si los valores están dados para el comienzo o el final del volumen de control respectivamente.*

La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:



- i. Cinética: es la energía generada por la velocidad del fluido.
- ii. Potencial gravitacional: es la energía debido a la altitud que un fluido posee.
- iii. Energía de flujo: es la energía resultante de la presión existente en un fluido.

### **2.3. TIPOS DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO EN EDIFICACIONES.**

#### **2.3.1. Sistemas a presión directa desde la red pública.**

Estos sistemas se utilizan en edificaciones en las cuales la presión del agua proveniente de la red de abastecimiento pública satisface a todos los aparatos sanitarios proyectados. Se emplean generalmente en edificaciones unifamiliares y de pocos niveles.

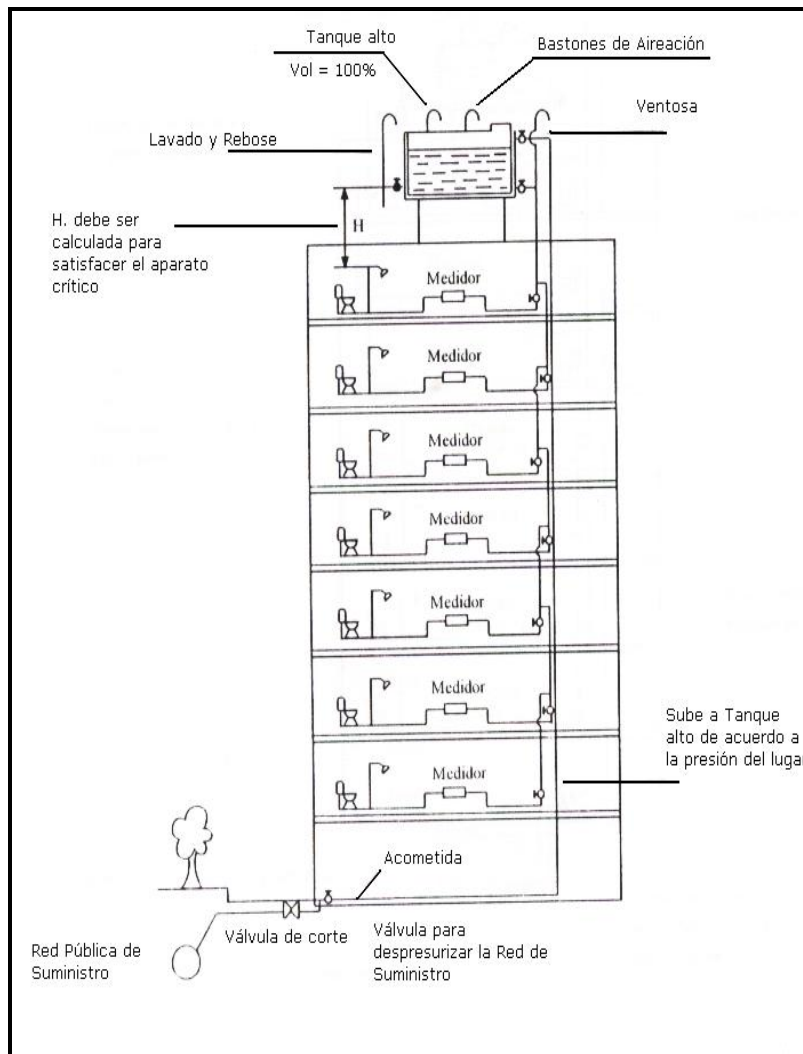
Al no necesitar una fuente externa de energía para impulsar el agua, estos sistemas son los más económicos tanto en su instalación como en su operación y mantenimiento, por lo que se los debe considerar como una opción prioritaria.

#### **2.3.2. Sistemas de abastecimiento a gravedad.**

Se utilizan en lugares donde el suministro de agua es intermitente, y constan de un tanque elevado de reserva de agua, ubicado sobre la parte más alta de la edificación, el cual a más de almacenar el agua, le da cierta cantidad de energía para que abastezca los aparatos sanitarios que se encuentran en niveles inferiores.

Si la presión del de la red de suministro pública no es lo suficientemente grande como para impulsar el agua al tanque elevado, se dispondrá de una cisterna en la parte baja de la edificación, que almacene el volumen de agua requerido para el consumo diario del edificio, y conducir el agua mediante bombas hacia el tanque elevado.

Figura 1 Sistema a gravedad



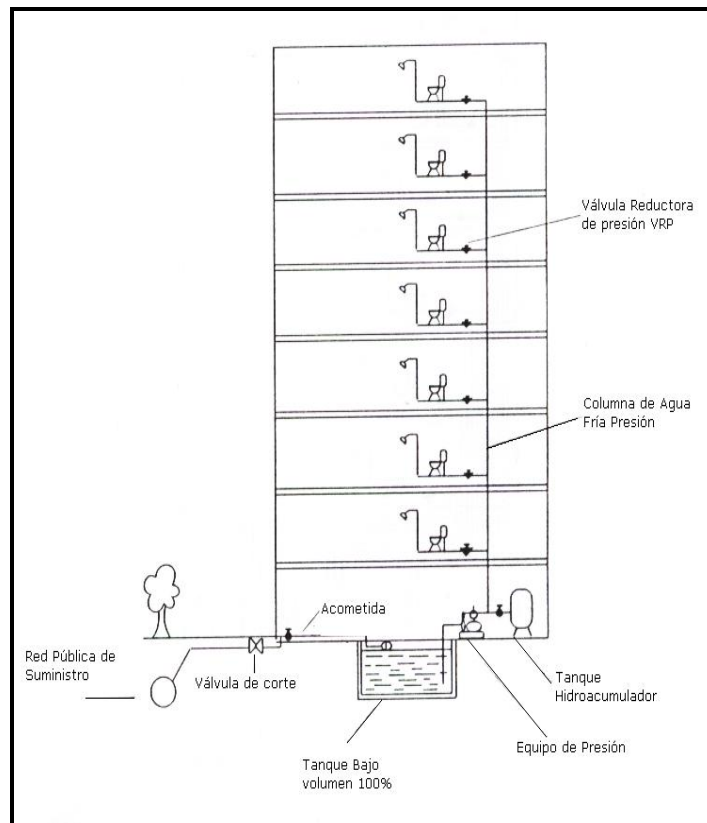
Fuente: PÉREZ CARMONA Rafael. 2001. Diseño de Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones, 2 ed. Bogotá – Colombia, ECOE Ediciones. Pág. 20

### 2.3.3. Sistemas de abastecimiento a presión.

El abastecimiento desde la red pública se almacenará directamente en la cisterna o tanque bajo, de donde con la ayuda de un equipo de presión se impulse el agua con la presión adecuada para vencer la diferencia de niveles y satisfacer todos los aparatos sanitarios de la edificación.



Figura 2 Sistema a presión



Fuente: PÉREZ CARMONA Rafael. 2001. Diseño de Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones, 2 ed. Bogotá - Colombia, ECOE Ediciones. Pág. 23.

## 2.4. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO EN EDIFICACIONES.

### 2.4.1. Acometida.

Se denomina acometida a la derivación de agua de la tubería de abastecimiento pública hacia la red interna de una edificación, como primer paso para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua para edificaciones se medirá la presión de la acometida en horas pico, para determinar el tipo de sistema de abastecimiento que se empleará



### **2.4.2. Depósitos.**

Los depósitos son elementos de control y regulación de caudal que permiten entre otras cosas, almacenar un volumen de agua para su posterior disposición y disponer de una barrera entre la red pública y el sistema de abastecimiento interno de una edificación. Entre los principales tipos de depósitos en edificaciones se encuentran los siguientes:

#### **2.4.2.1. Cisterna.**

Las cisternas son reservorios que sirven para almacenar la cantidad de agua que se prevé se consumirá en la edificación durante un día, deben ser herméticas para evitar contaminación y contar con un continuo mantenimiento para asegurar la calidad del agua, se ubican debajo de los sótanos o parqueaderos de las edificaciones.

#### **2.4.2.2. Tanque elevado.**

Los tanques elevados se utilizan para aprovechar la gravedad en sistemas con desniveles considerables, y para distribuir de una mejor manera el volumen de las cisternas. Deben poseer acceso para mantenimiento y limpieza, y se ubican unos metros por encima del nivel más alto de la edificación para ganar carga estática y satisfacer a todos los aparatos sanitarios.

### **2.4.3. Red interna de tuberías de abastecimiento.**

#### **2.4.3.1. Columnas.**

Se denominan columnas a las tuberías de alimentación principal, que tienen sentido vertical y regularmente son las de mayor diámetro, pueden ser ascendentes o descendentes en su sentido dependiendo de la ubicación del abastecimiento principal.

#### **2.4.3.2. Ramales**

Parten desde las columnas hasta los ambientes en los cuales haya consumo de agua (baños, cocina, patio, lavado, etc.). Son de un diámetro menor, y se



los distribuye de tal manera que su mantenimiento no implique molestias a los usuarios.

#### **2.4.4. Red de gabinetes equipados contra incendios.**

##### **2.4.4.1. Gabinetes.**

Se denomina gabinete de protección contra incendio al conjunto formado por el gabinete metálico, la válvula angular de seccionamiento, el portamanguera, la manguera con su chiflón, además de elementos complementarios como un hacha y un extintor.

### **2.5. ESTIMACIÓN DE CAUDALES.**

Para el diseño de sistemas de abastecimiento en edificios, se deben considerar ciertos criterios a la hora de seleccionar los caudales de diseño. Un factor que se debe tomar en cuenta es la variación en el uso de los muebles sanitarios. Por esta razón algunos autores han propuesto ecuaciones para determinar un caudal aproximado al consumido realmente en una edificación, entre las principales tenemos:

- Método de simultaneidad
- Método de Roy Hunter modificado, según ICONTEC<sup>1</sup>.
- Método racional o español.

#### **2.5.1. Método de simultaneidad**

Este método considera que algunos de los aparatos conectados en un sistema funcionarán al mismo tiempo, el caudal del sistema o tramo será afectado por un coeficiente que varía entre 0.2 a 1 [adimensional], determinado por la normativa francesa como:

$$K = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \quad \text{Eq. [03]}$$

---

<sup>1</sup> ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas.



Donde:

$K$  : *coeficiente de simultaneidad.*

$n$  : *número de aparatos sanitarios.*

El caudal de diseño está establecido por la suma de los caudales que comprenden el tramo multiplicado por el factor de simultaneidad:

$$Q_p = K \times q_{m\acute{a}x} \quad \text{Eq. [04]}$$

Donde:

$Q_d$  : *caudal de diseño [m<sup>3</sup>/s]*

$K$  : *coeficiente de simultaneidad (adimensional)*

$q_{m\acute{a}x}$  : *caudal bruto [m<sup>3</sup>/s]*

### 2.5.2. Método de R. Hunter

Este método tiene en cuenta que no todos los aparatos funcionan de manera simultánea, por lo que existirán diferentes tipos de caudal. Para el cálculo del caudal máximo probable el método toma en cuenta que en un instante dado solamente unos pocos aparatos entrarán en operación simultánea. Los factores de los que depende el valor de esta variable son:

- Caudal del aparato.
- Frecuencia de uso.
- Duración de uso.

Este método es de gran aceptación, especialmente cuando en el sistema hay una enorme variedad de aparatos.

Para determinar la demanda total de un tramo o la demanda total del sistema, se debe determinar el peso de consumo de cada aparato, el cual se da en función del consumo de un lavabo de vivienda, al cual se le asigna la categoría de 1 UM (una unidad mueble).

1 UM: Consumo de un lavabo de una vivienda. (0.472 l/s)



Para encontrar el caudal simultáneo que pasa por un tramo, es necesario conocer las unidades mueble que sirve al mismo. Según el autor Milton Silva, las ecuaciones ajustadas para encontrar este caudal son las siguientes <sup>2</sup>:

Para edificios en los que predominan aparatos con fluxómetro:

Si: U: número de unidades mueble a las que sirve el tramo:

Para:  $300 < U < 900$

$$Q = 0.467953 \times U^{0.478095} \quad [l/s] \quad \text{Eq. [05]}$$

Para:  $20 < U \leq 300$

$$Q = 0.605217 \times U^{0.423601} \quad [l/s] \quad \text{Eq. [06]}$$

Para edificios en los que predominan aparatos de tanque y válvula

Para:  $U < 900$

$$Q = 0.127642 \times U^{0.655508} \quad [l/s] \quad \text{Eq. [07]}$$

El **Cuadro 01** Muestra los valores de equivalencia de unidades muebles, de edificaciones públicas y privadas, para algunos aparatos sanitarios usados ampliamente en el medio.

---

<sup>2</sup> Tomado de: SILVA, M. (1996). Instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificios, Escuela Politécnica Nacional. Pág. 32



Cuadro 01 Unidades Mueble.

Aparato Sanitario	Público			Privado		
	Fría	Cali.	Total	Fría	Cali.	Total
Ducha o Tina	2.00	2.00	3.00	1.50	1.50	2.00
Bidé o lavamanos				0.75	0.75	1.00
Lavaplatos				1.50	1.50	2.00
Lavaplatos eléctrico				2.00	2.00	3.00
Lavadora	3.00	3.00	5.00	2.00		3.00
Inodoro con fluxómetro	10.00		10.00	6.00		6.00
Inodoro de tanque	5.00		5.00	3.00		3.00
Orinal con fluxómetro	10.00		10.00			
Orinal de tanque	3.00		3.00			
Lavamanos de llave	2.00		2.00			
Fregadero de uso oficial	4.00		4.00	1.00		1.00

FUENTE: Adaptado de: PÉREZ, R. (2005). Agua, desagües y gas para edificaciones; pág. 9.

### 2.5.3. Método racional o español.

Al igual que en el método de Hunter, se establecen los caudales de los aparatos del tramo, se acumulan y se afectan los resultados por el coeficiente K1, pero en este caso se toma en cuenta el número de aparatos sanitarios instalados y no el número de salidas:

$$K = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \quad \text{Eq. [03]}$$

Donde:

*K* : coeficiente de simultaneidad.

*n* : número de aparatos sanitarios.



Cuadro 02 Unidades Mueble.

Aparato Sanitario	Q (l/s)
Lavabo	0.10
Sanitario con depósito	0.10
Ducha	0.20
Lavadero	0.20
Lavadora	0.20
Lavaplatos	0.20
Llave Exterior	0.25
Fregadero	0.20
Bidet	0.10
Bañera	0.30
“Oficce”	0.15
Fluxómetros	0.95 – 2.0

**FUENTE:** Adaptado de Tabla 16.1. Demandas de caudales, presiones y diámetros en aparatos de consumo, Norma Hidrosanitaria NEC-11, 2011, pág. 15.

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F \times (0.04 + 0.04 \times \log(\log(n))) \quad \text{Eq. [08]}$$

Donde:

- $n$  : número total de aparatos servidos (adimensional)  
 $K_s$  : coeficiente de simultaneidad, entre 1.0 y 0.2 (adimensional)  
 $F$  : factor que toma los siguientes valores: (adimensional)

F=0, según Norma Francesa NFP 41204.

F=1, para edificios de oficinas y similares.

F=2, para edificios habitacionales.

F=3, hoteles, hospitales y semejantes.

F=4, edificios académicos, cuarteles y semejantes.

F=5, edificios e inmuebles con valores de demanda superiores.



## 2.6. PÉRDIDAS DE CARGA.

### 2.6.1. Pérdidas por fricción.

Las pérdidas por fricción son el resultado de la interacción entre el fluido y las paredes de la tubería que lo conducen, estas pérdidas de energía producen una disminución de la presión entre dos puntos del sistema de flujo.

Se tomará en cuenta tres fórmulas para el cálculo de las pérdidas por fricción:

- Fórmula de *Hazen*.
- Fórmula de *Flamant*.
- Fórmula de *Darcy - Weisbach*

#### 2.6.1.1. Fórmula de Hazen-Williams.

El método de Hazen-Williams (1905) es recomendado solamente para el agua que fluye en las temperaturas ordinarias (5 °C - 25 °C). La fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad "C" no es función de la velocidad como tampoco del diámetro de la tubería. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías para redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición y acero:

$$h = 10.6074 \times \left( \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.871}} \right) \times L \quad \text{Eq. [09]}$$

En donde:

*h* : pérdida de carga o de energía [m].

*Q* : caudal [m<sup>3</sup>/s].

*C* : coeficiente de rugosidad [ ].

*D* : diámetro interno de la tubería [m].

*L* : longitud de la tubería [m].

En el siguiente cuadro (**Cuadro 03**) se muestran los valores del coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams (C) para diferentes materiales:}



**Cuadro03** Coef. C de Hazen-Williams de los materiales más comunes.

<b>COEFICIENTE DE HAZEN-WILLIAMS PARA ALGUNOS MATERIALES</b>			
<b>Material</b>	<b>C</b>	<b>Material</b>	<b>C</b>
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido, nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, edad 10 años	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, edad 20 años	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, edad 30 años	75-90	Acero	130
Hierro fundido, edad 40 años	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

Fuente: [www.milianarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/Perdida deCarga.asp](http://www.milianarium.com/Prontuario/MedioAmbiente/Aguas/Perdida deCarga.asp)

### 2.6.1.2. Fórmula de Flamant.

Otros de los métodos de cálculo para pérdidas de altura, es el método de Flamant, y uno de los más utilizados para el cálculo de abastecimiento en edificaciones, su ecuación está definida de la siguiente manera:

$$j = 4 \times C \times \left(\frac{4}{\pi}\right)^{(7/4)} \times \left(\frac{Q^{(7/4)}}{D^{(19/4)}}\right) \quad \text{Eq. [10]}$$

Donde:

- C* : coeficiente de fricción (adimensional)
- j* : pérdida de carga unitaria en la conducción [mm]
- V* : velocidad de circulación del agua [m/s]
- D* : diámetro de la tubería considerada [m]
- Q* : caudal [m<sup>3</sup>/s]

La Fórmula de Flamant ha sido desarrollada de manera empírica, siendo recomendada para tuberías de diámetro menor a 2" y con un coeficiente de fricción *C* (de Flamant) determinado de acuerdo a los valores correspondientes al material de la tubería, algunos descritos en **Cuadro 04**



**Cuadro 04** Coeficientes C de Flamant de los materiales más comunes.

COEFICIENTE DE FRICCIÓN	C
Hierro fundido	100
Hierro galvanizado	120
Acero	130
Cobre	140
PVC	150

FUENTE: Adaptado de: PÉREZ, R. (2005). *Agua, desagües y gas para edificaciones*; pág. 47.

Para el cálculo de pérdidas por fricción en redes de abastecimiento con diámetros mayores a 2" se utiliza el método de Hazen-Williams, en su defecto para tuberías menores a 2" es común utilizar el método de Flamant, por lo que estos dos métodos se suelen emplear en forma conjunta.

### 2.6.1.3. Fórmula de Darcy – Weisbach.

Desarrollada inicialmente por el ingeniero francés Henry Darcy (1803-1858), y luego combinada con la ecuación de Julius Weisbach (1806-1871) por J.T. Fanning (1837-1911). Es una ecuación basada en la física, y a la vez una de las que más se ajusta a los resultados experimentales y se expresa como:

$$h_f = f \times \frac{l}{d} \times \frac{V^2}{2 \times g} \quad \text{Eq. [11]}$$

Donde:

$h_f$  : pérdida de carga [m]

$f$  : factor de fricción de Darcy (adimensional)

$l$  : longitud de la tubería [m]

$d$  : diámetro de la tubería [m]

$V$  : velocidad de circulación del agua [m/s]

$g$  : aceleración de la gravedad [m<sup>2</sup>/s]



El factor de fricción es un número adimensional, y para su cálculo se toma en cuenta la ecuación propuesta por C. F. Colebrook y H. White, la cual se define de la siguiente manera:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log_{10} \left( \frac{k_s}{3.7 \times d} + \frac{2.51}{Re \times \sqrt{f}} \right) \quad \text{Eq. [12]}$$

Donde:

$f$  : factor de fricción de Darcy (adimensional)

$k_s$  : rugosidad de la tubería [m]

$Re$  : número de Reynolds (adimensional)

$d$  : diámetro de la tubería [m]

El número de Reynolds es un valor adimensional que caracteriza el movimiento de un fluido y lleva su nombre en honor de Osborne Reynolds (1842-1912), quien lo describió en 1883. Se define de la siguiente manera:

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} \quad \text{Eq. [13]}$$

Donde:

$Re$  : número de Reynolds (adimensional)

$V$  : velocidad del flujo [m]

$D$  : diámetro de la tubería [m]

$\nu$  : viscosidad cinemática del fluido [ $N \text{ m}^2/\text{s}$ ]

Debido a la complejidad en el cálculo del factor de fricción, otras fórmulas para el cálculo de las pérdidas de fricción fueron ganando espacio, pero con la facilidad para los cálculos que trajeron las calculadoras y computadores es recomendable utilizar la fórmula de Darcy, ya que es resultado de una combinación de experimentos empíricos y fenómenos físicos demostrados.



Una de las variantes desarrolladas a partir de la formula de Coolebrook es la fórmula de Malafaya-Baptista (1975), la cual establece porcentajes de error por debajo de  $\pm 0.15\%$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log_{10} \left( \frac{k_s}{3.7 \times d} - \frac{5.02}{Re} \times \log_{10} \left( \frac{k_s}{3.7 \times d} + \frac{2.51}{Re} \times \frac{1}{0.49 \times Re^{-0.11} + 0.18 \times Re^{0.1} \times (k_s \times D)^{0.6}} \right) \right)$$

Donde:

Eq. [14]

$f$  : factor de fricción de Darcy (adimensional)

$k_s$  : rugosidad de la tubería [m]

$Re$  : número de Reynolds (adimensional)

$d$  : diámetro de la tubería [m]

### 2.6.2. Pérdidas localizadas.

El uso de accesorios en los sistemas de tuberías, tales como: válvulas, codos, uniones, reducciones, tees, etc., causan una pérdida de altura debido a que presentan mayores irregularidades, y mayor resistencia al paso del flujo.

Para el cálculo de las pérdidas localizadas o por accesorios se utilizará el método de las longitudes equivalentes.

#### 2.6.2.1. Método de la longitud equivalente.

La idea principal de este método es que a cada accesorio, en relación a su pérdida de carga, le corresponde el equivalente a un tubo recto de mayor longitud que produzca la misma pérdida de carga.

Este método consiste en sumar para el cálculo; a la longitud del tubo, las longitudes que correspondan a la misma pérdida de carga que causarían los accesorios existentes en la tubería, llegando así a obtener una longitud total, derivada de todos los elementos que produzcan pérdidas en el sistema.



$$Le = [K_1 \times D + K_2] \times \left[ \frac{120}{C} \right]^{1.85} \quad \text{Eq. [15]}$$

Donde:

$Le$  : longitud equivalente [m]

$K_1, K_2$  : coeficientes que dependen del tipo y forma del accesorio

$D$  : diámetro del accesorio [m]

$C$  : coeficiente de fricción (adimensional)

El coeficiente de fricción  $C$  depende del tipo del material, y se lo determinará de acuerdo al **Cuadro 03**, mientras que, los coeficientes  $K_1$  y  $K_2$  se los establecerá mediante el **Cuadro 05**, descrito a continuación:

**Cuadro 05.-** Coeficientes de tipo y forma de los accesorios más comunes.

ACCESORIO	K1	K2
Codo radio largo 90°	0.52	0.04
Codo radio medio 90°	0.67	0.09
Codo radio corto 90°	0.76	0.17
Codo 45°	0.38	0.02
Curva 90° R/D: 1.5	0.3	0.04
Curva 90° R/D: 1	0.39	0.11
Curva 45°	0.18	0.06
Entrada Normal	0.46	-0.08
Entrada de borda	0.77	-0.04
Válvula de compuerta abierta	0.17	0.03
Válvula de globo abierta	8.44	0.5
Válvula de ángulo abierta	4.27	0.25
Tee paso directo normal	0.53	0.04
Tee paso de lado y salida bilateral	1.56	0.37
Tee paso directo con reducción	0.56	0.33
Válvula de pie con coladera	6.38	0.4
Salida de la tubería	0.77	0.04
Válvula de retención tipo liviano	2	0.2
Válvula de retención tipo pesado	3.2	0.03
Reducción	0.15	0.01
Ampliación	0.31	0.01

FUENTE: Adaptado de: PÉREZ, R. (2005). Agua, desagües y gas para edificaciones; pág.: 60 a 70.



### 2.6.3. Pérdidas por velocidad.

Las pérdidas por velocidad se las determina mediante la siguiente expresión:

$$h_v = \frac{v^2}{2 \times g} \quad \text{Eq. [16]}$$

Donde:

$h_v$  : pérdidas por velocidad [m]

$V$  : velocidad del tramo [m/s]

$g$  : aceleración de la gravedad [m/s<sup>2</sup>]



### 3. PROYECTO SOCIAL “CENTRO DE FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN DON BOSCO”

#### 3.1. INTRODUCCIÓN.

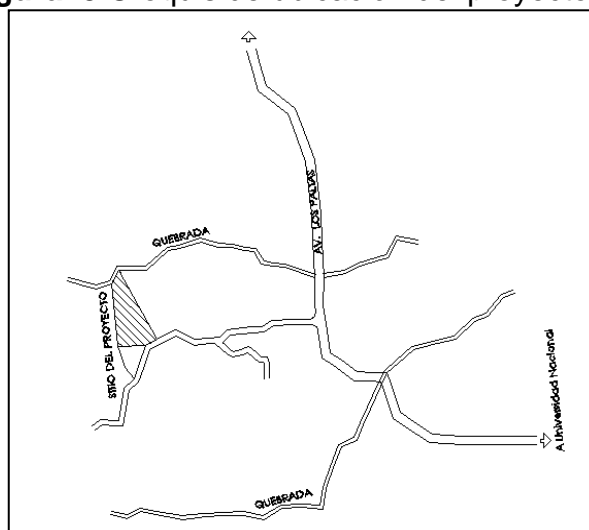
El proyecto social “DISEÑO HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL, LOJA, COMPONENTES: ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y RED CONTRA INCENDIOS”, además de capacitar a jóvenes y niños en diversas actividades de ocupación, está destinado a servir como albergue para aquellos que carezcan de un hogar

Es por esto que la fundación “DON BOSCO” en convenio con la “UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA”, ha solicitado los estudios para el diseño de la integridad de la obra, en bloques separados, uno de ellos comprende el diseño de los sistemas de abastecimiento interno de agua potable, y el sistema contra incendios, los cuales serán tratados en el presente trabajo de fin de carrera.

#### 3.2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.

##### 3.2.1. Ubicación.

Figura 3 Croquis de ubicación del proyecto.



Elaboración: El autor.



El terreno de implantación se encuentra en barrio *Punzara Bajo*, ubicado en el sector Sur-Oeste de la ciudad de *Loja*, junto al camino público derivado de la avenida *Los Paltas*, y paralelo a la quebrada *El Alumbre*.

### **3.3. COMPONENTES.**

El proyecto “CENTRO DE FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN DON BOSCO” comprende un campus con una superficie de 0.3 hectáreas aproximadamente, dentro del cual se tiene previsto emplazar cuatro edificaciones principales:

- a) Edificio administrativo,
- b) Sala de uso múltiple,
- c) Bloque de varones, y
- d) Bloque de mujeres.

#### **3.3.1. Edificio administrativo.**

El edificio administrativo del proyecto consta de cuatro plantas. La primera planta es la de subsuelo en la que se encuentran: una sala de juegos y los sanitarios para hombres y mujeres en forma separada.

En la planta baja, segunda en orden ascendente, se encuentran ubicados: un comedor privado, un comedor general con baños separados, una cocina, y las oficinas de dirección general y secretaría, cada una con un cuarto de baño.

La primera planta alta consta de cuatro oficinas, cabina de información, sala de convenciones, sala de sesión de comisiones y servicios higiénicos para hombres y mujeres.

En la segunda planta alta, la última en sentido ascendente, se encuentra un oratorio y cuatro dormitorios cada uno con un cuarto de baño.

En la **Cuadro 06** se muestra la distribución de las plantas y los aparatos sanitarios en cada una de estas.



**Cuadro 06** Distribución de plantas y aparatos sanitarios en edificio administrativo.

EDIFICIO ADMINISTRATIVO							
Planta	Baños	Lavabos	Urinaríos	Duchas	Fregadero	Lavadora	TOTAL
Subsuelo	6	10	3	3			22
Planta baja	5	5			1		11
Primera planta alta	4	5	2				11
Segunda planta alta	4	4		4	1	2	15
TOTAL:	19	24	5	7	2	2	59

Elaboración: *El autor.*

### 3.3.2. Bloque de varones.

El edificio de varones consta de tres plantas, detalladas de la siguiente manera:

Una planta baja en la que se emplaza el salón de talleres, un cuarto de herramientas, baterías sanitarias compuestas por cuatro inodoros de tanque y tres lavabos y además en esta planta se ubica el cuarto de máquinas, que contiene el equipo de presión del sistema.

En la primera planta alta, destinada para aulas de capacitación, se encuentran distribuidos de manera uniforme cinco salones de clase con una bodega para cada salón, y una batería sanitaria para el conjunto, compuesta por cuatro inodoros de tanque y tres lavabos.

La segunda planta alta, la última en orden ascendente, está destinada para el servicio de internado, consta de:

Una habitación de vigilancia con su respectivo cuarto de baño, compuesto por una ducha, un inodoro de tanque y un lavabo.

Lavandería para el conjunto, formada por cuatro máquinas de lavado industrial; y,

Cinco habitaciones múltiples, cada una con espacio para alojar tres literas y un cuarto de baño compuesto por: dos inodoros de tanque, dos lavabos, dos urinarios y tres duchas.



**Cuadro 07** Distribución de plantas y aparatos sanitarios en bloque de varones.

BLOQUE DE VARONES							
Planta	Baños	Lavabos	Urinarios	Duchas	Fregadero	Lavadora	TOTAL
Planta baja	4	3			1		8
Primera planta alta	4	3					7
Segunda planta alta	11	11	10	16	1	2	51
TOTAL:	19	17	10	16	2	2	66

Elaboración: *El autor.*

### 3.3.3. Bloque de mujeres.

Al existir simetría entre el edificio de varones y el edificio de mujeres, este último también consta de tres plantas detalladas de la siguiente manera:

Una planta baja igual a la planta baja del edificio de varones con excepción del cuarto de herramientas, ausente en el edificio bloque de mujeres.

La primera planta, destinada para aulas de capacitación, se encuentran distribuidos de manera uniforme cinco salones de clase con una bodega para cada salón, y una batería sanitaria para el conjunto compuesta por cuatro inodoros de tanque y cinco lavabos.

La segunda planta alta, la última en orden ascendente, está destinada para el servicio de internado, consta de:

Una habitación de vigilancia con su respectivo cuarto de baño, formada por una ducha, un inodoro de tanque y un lavabo.

Lavandería para el conjunto, compuesta por cinco máquinas de lavado industrial; y,

Cinco habitaciones múltiples, cada una con espacio para alojar tres literas y un cuarto de baño formado por: dos inodoros de tanque, dos lavabos, y cuatro duchas.

**Cuadro 08** Distribución de plantas y aparatos sanitarios en bloque de mujeres.

BLOQUE DE MUJERES							
Planta	Baños	Lavabos	Urinarios	Duchas	Fregadero	Lavadora	TOTAL
Planta baja	4	3			1		8
Primera planta alta	4	5					9
Segunda planta alta	11	11		21	1	2	46
TOTAL:	19	19	0	21	2	2	63

Elaboración: *El autor.*

### 3.3.4. Sala de uso múltiple.

La sala de uso múltiple está destinada para actos de carácter público y presentaciones, está integrada por un auditorio con graderíos de una capacidad máxima aproximada de 150 personas, y dos baterías sanitarias, separadas para hombres y mujeres, y compuestas individualmente por tres inodoros, tres lavabos, y en el caso de los hombres por tres urinarios.

**Cuadro 09** Distribución de aparatos sanitarios en sala de uso múltiple.

SALA DE USO MÚLTIPLE							
Planta	Baños	Lavabos	Urinarios	Duchas	Fregadero	Lavadora	TOTAL
Planta única	6	6	3				15

Elaboración: *El autor.*



## 4. DISEÑO DE LOS SISTEMAS

### 4.1. NORMATIVA EMPLEADA.

Debido a la falta de documentos locales para el diseño hidrosanitario debidamente establecidos se recopiló algunos criterios de diferentes normativas, entre las que destacan las siguientes:

- Borrador del reglamento local de construcciones y ornato del cantón Loja, 2007
- Normativa ecuatoriana de la construcción NEC – 11, Capítulo 16, Norma Hidrosanitaria NHE Agua, 2011
- Normas NIA, (Normas Básicas para Instalaciones Interiores de Suministro de Agua)

### 4.2. DISTRIBUCIÓN DEL PROYECTO

Para los diseños, debido a la factibilidad y distribución de los sistemas, se dividió el complejo en dos grupos: el primero comprendido por el edificio administrativo y la sala de uso múltiple (grupo 1, en adelante) y el segundo por los bloques de talleres, aulas y dormitorios de varones y de mujeres (grupo 2, en adelante).

### 4.3. DISTRIBUCIÓN DE LAS PIEZAS SANITARIAS

Las piezas sanitarias se distribuyen según el diseño arquitectónico proyectado. En el **Cuadro 10** se resume el número de piezas encontradas para el primer grupo de edificaciones.



**Cuadro 10** Resumen piezas sanitarias para el sistema del grupo 1

PLANTA NIVEL	InT	Lv	UrL	Du	FrC	MqR	Fr	#PIEZ
<b>SALA DE USO MÚLTIPLE</b>								
<b>PLANTA ÚNICA N-2.88</b>	6	6	3	0	0	0	0	15
<b>EDIFICIO ADMINISTRATIVO</b>								
<b>SUBSUELO N+0.5</b>								
ÁREA DE JUEGOS DE SALÓN	6	10	3	3	0	0	0	22
<b>PLANTA BAJA N+3.73</b>								
COMEDOR GENERAL	2	2	0	0	0	0	0	4
COMEDOR PRIVADO	1	1	0	0	0	0	0	2
COCINA	0	0	0	0	1	0	0	1
DIRECCIÓN	1	1	0	0	0	0	0	2
SECRETARIA	1	1	0	0	0	0	0	2
<b>PRIMERA PLANTA ALTA N+7.13</b>								
SALA DE CONVECCIONES Y OFICINAS	4	5	2	0	0	0	0	11
<b>SEGUNDA PLANTA ALTA N+9.92</b>								
DORMITORIO 1	1	1	0	1	0	0	0	3
DORMITORIO 2	1	1	0	1	0	0	0	3
DORMITORIO 3	1	1	0	1	0	0	0	3
DORMITORIO 4	1	1	0	1	0	0	0	3
ÁREA DE LAVADO	0	0	0	0	0	2	1	3
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>74</b>

Elaboración: El autor.

En el Cuadro 11 se especifica las piezas sanitarias instaladas en cada piso del grupo dos de edificaciones y el tipo de aparato que se utilizó.

**Cuadro 11** Resumen piezas sanitarias del bloque de talleres, aulas y dormitorios de varones y mujeres

PLANTA NIVEL	InT	Lv	UrL	Du	Gr	MqR	Fr	#PIEZ
<b>PLANTA BAJA</b>								
TALLERES MUJERES N-4.50	4	3	0	0	1	0	0	8
TALLERES VARONES N-3.00	4	3	0	0	0	0	0	7
<b>PRIMERA PLANTA ALTA</b>								
AULAS MUJERES N-1.5	4	5	0	0	0	0	0	9
AULAS VARONES N+0.00	4	3	0	0	0	0	0	7
<b>SEGUNDA PLANTA ALTA</b>								
DORMITORIOS MUJERES N+1.50	10	10	0	20	0	0	0	40
DORMITORIOS VARONES N+3.00	10	10	10	15	0	0	0	45
VIGILANTES MUJERES N+1.50	1	1	0	1	0	2	1	6
VIGILANTES VARONES N+3.00	1	1		1		2	1	6
<b>TOTAL</b>	<b>38</b>	<b>36</b>	<b>10</b>	<b>37</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>128</b>

Elaboración: El autor.



En donde:

InT	:	inodoro de tanque
Lv	:	lavamanos
UrL	:	urinario
Du	:	ducha
FrC	:	fregadero de cocina
MqR	:	lavadora
Fr	:	fregadero
Gr	:	grifo de jardín

#### **4.4. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS**

El presente estudio hidrosanitario contempla los siguientes sistemas:

##### **SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE**

- Sistema de distribución de agua potable para el grupo administrativo-sala de uso múltiple
- Sistema de distribución de agua potable para los bloques varones y mujeres

##### **SISTEMA CONTRA INCENDIOS**

- Sistema contra incendios.

#### **4.5. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE**

##### **4.5.1. Criterios de diseño**

Se ha tomado en cuenta las recomendaciones del libro Instalaciones de Agua, Gas y Desagües en Edificaciones de Rafael Pérez Carmona y los parámetros de diseño y especificaciones exigidas por la Unidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Loja.

El diseño de los sistemas de distribución de agua potable se realizó mediante hojas de cálculo, y los resultados fueron comprobados en el programa Cypecad con el módulo de Instalaciones del edificio, versión de prueba.



#### **4.5.2. Biblioteca de consumos**

La biblioteca de consumos está adaptada del borrador de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, Capítulo 16, correspondiente a instalaciones hidrosanitarias.

Se introducen como caudales netos por aparato los contenidos en el **Cuadro 2**.

#### **4.5.3. Velocidad de las conducciones**

El sistema se diseñó para una velocidad comprendida entre 0.6 m/s - 2.5 m/s, adoptando una velocidad óptima de 1.2 m/s.

#### **4.5.4. Presiones en los consumos**

El rango normal de presiones disponibles en nudos de consumo oscila entre 10 y 50m.c.a., asegurando una presión óptima en los aparatos y controlando la sobrepresión, ya que el exceso de presión podría ocasionar roturas en las conducciones y daños en los aparatos sanitarios.

#### **4.5.5. Materiales**

Se utilizará tubería y accesorios de PVC PR con un coeficiente de rugosidad para la fórmula de Flamant de 0.0001 según el **Cuadro 04**, con unión roscable, es decir la tubería se une incrustándose dentro del accesorio mediante un sistema de roscado, todas las tuberías para abastecimiento de agua potable fría o caliente, así como todos sus accesorios serán pintados en color verde, según la normativa INEN 440:84 correspondiente a color de tubería.

#### **4.5.6. Pérdidas en la red**

##### **4.5.6.1. Pérdidas por longitud**

Las pérdidas por longitud en la red se calcularon con la fórmula de Flamant **Eq[10]**, recomendada para diámetros menores a 50 mm.

##### **4.5.6.2. Pérdidas por accesorios**



Para calcular las pérdidas de presión generadas por accesorios se utilizó el método de las longitudes equivalentes, empleando la ecuación **Eq.[15]**, y descrito su proceso en la columna [8] de la **Tabla 03**.

Los cálculos de los tramos restantes de los sistemas de agua potable se detallan en el anexo 2 y el dimensionamiento en el anexo planos de detalle N° 2 al 15.

#### **4.5.7. Condiciones del suministro**

El lugar de implantación del proyecto no cuenta con suministro de agua potable, por lo que se ha previsto dos posibles alternativas de abastecimiento. La primera es derivar un sistema de abastecimiento desde la red de la Junta Barrial, y la segunda es disponer de un sistema propio, paralelo al sistema existente.

#### **4.5.8. Simultaneidad de los consumos**

El cálculo hidráulico de la red de fontanería, se lo realizó acumulando los caudales brutos definidos en los consumos y aplicando el coeficiente de simultaneidad determinado con la fórmula, tomando en cuenta que no todos los aparatos funcionarán al mismo tiempo y condicionando el dimensionamiento de los diámetros. Aplicando este criterio se diseñará en base al caudal máximo probable que se lo obtuvo empleando el método racional o español.

#### **4.5.9. Estimación de caudales**

Como se indica anteriormente se utilizó el método racional o español **Eq[04]**, siendo el factor de simultaneidad (**Eq[08]**) afectado por el factor  $F=2$ , promediando el uso destinado de las instalaciones, y aumentando la seguridad en el abastecimiento de los consumos.

En los **Cuadros Nro. 12 y 13** se muestran los resúmenes de cálculo de caudales simultáneos.

**Cuadro12** Caudal simultaneo para el grupo 1

Caudal simultaneo grupo 1	
Nro de aparatos	74
Caudal bruto	8.9 l
Factor k	0.219
Caudal simultaneidad	1.95 l

Elaboración: El autor.

**Cuadro13** Caudal simultaneo para el grupo 2

Caudal simultaneo grupo 1	
Nro de aparatos	128
Caudal bruto	17.7 l
factor k	0.2
Caudal simultaneidad	3.54 l

Elaboración: El autor.

#### 4.5.10. Cálculo de depósitos

Por la gran demanda de consumo del proyecto, se diseñó un sistema de depósitos que consta de un tanque general, el cual reservará el volumen diario requerido más el volumen contra incendios, a su vez este tanque abastecerá a dos cisternas de bombeo, con un tiempo de llenado de 12 horas, y cuyo volumen resulta de los caudales máximos de abastecimiento de agua potable.

Para el cálculo de consumos máximos y volúmenes de reserva se emplearon las siguientes dotaciones:

**Cuadro 14** Consumos de dotación para diseños hídricos

CONSUMOS DE DOTACIÓN PARA DISEÑOS		
CLASIFICACION	LITROS	UNIDAD (por día)
Vivienda	250	habitantes por día
Universidades	40	estudiantes por día
Internados	200	personas por día
Flotante	4	habitantes por día
Oficinas	90	habitantes por día
Auditorios	5	asistente
Restaurantes	60	comida/día
Cuarteles	350	persona

Fuente: Adaptación de Anexo 1 Tabla N° 10.a del Reglamento local de construcciones y ornato para el cantón Loja.



Los cálculos se detallan a continuación:

#### 4.5.11. Volúmenes de diseño.

Para el cálculo de volúmenes se determinó los consumos máximos probables de los sistemas que lo componen:

##### 4.5.11.1. Volumen de diseño para el edificio grupo 1

Según las dotaciones de diseño (Cuadro 14) y el número de habitantes se calculó el volumen de reserva, detallado en la **Tabla 01**:

**Tabla 01** Volúmenes de reserva para el grupo 1.

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
CLASIFICACIÓN	Dot. (litros)	UNIDAD (por día)	Núm.	litros/día
Vivienda	250	Habitantes por día	4	1000
Flotante	4	Habitantes por día	50	200
Oficinas	90	Habitantes por día	8	720
Auditorios(NEC-11)	4	Asistente	20	80
Restaurantes	12	Comida/día	70	840

Elaboración: *El autor.*

Donde:

**Columna [5].-** Resulta del producto de las columnas [2] y [4]

$$\text{Caudal medio diario} = 1000 + 200 + 720 + 80 + 840 = 2840 \text{ l} = 2.84 \text{ m}^3$$

##### 4.5.11.2. Volumen de diseño para bloques el grupo 2

Para los bloques de varones y mujeres se determinó las siguientes poblaciones:

**Tabla 02** Volúmenes de reserva para el grupo 2.

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
CLASIFICACION	LITROS	UNIDAD (por día)	Num	Dot(l/hab/día)
Universidades	40	Estudiantes por día	140	5600
Internados	200	Personas por día	60	12000

Elaboración: *El autor.*

Donde:

**Columna [5].-** Resulta del producto de las columnas [2] y [4]

$$\text{Caudal medio diario} = 5600 + 12000 = 17600 \text{ l} = 17.60 \text{ m}^3$$



Los bloques tienen una capacidad máxima de 200 estudiantes y 60 de ellos estarán en condición de internados.

#### 4.5.11.3. Volumen de diseño para sistema contra incendios.

Según la Normativa Ecuatoriana de Construcción, NEC-11, se considera que el depósito de reserva contra incendios debe tener un volumen mínimo que permita suministrar un caudal de 6.3 l/s durante 30 min.

$$V_i = dot \times t \quad \text{Eq. [17]}$$

Donde:

- $V_i$  : volumen de incendios. [ $m^3$ ]
- $dot$  : dotación de incendios. [l/s]
- $t$  : tiempo. [s]

$$V_i = 6.3 \frac{l}{s} \times 30min \times 60 \frac{s}{min} \times 1 \frac{m^3}{l} = 11.34m^3$$

#### 4.5.12. Dimensionamiento de depósitos

Se diseñó un sistema de depósitos que permita asegurar la cantidad de agua para abastecer los sistemas de agua potable y los gabinetes contra incendios así como la calidad para el consumo humano.

Debido a la distribución arquitectónica y al diseño estructural de las edificaciones, se condicionaron las dimensiones de las cisternas, por lo que se optó por ubicar un tanque reservorio externo para almacenar el equivalente al consumo máximo diario del proyecto más el volumen contra incendios.

El tanque de reserva abastecerá a las cisternas de bombeo.

##### 4.5.12.1. Dimensionamiento de tanque de reserva

El tanque de reserva se diseñó para almacenar el volumen total del proyecto y un tiempo de 24 horas.

**Cuadro 15** Resumen de volúmenes de reserva.

Volumen total de reserva		
Volumen edificio administrativo y auditorio	2.84	$m^3$
Volumen bloque de varones y de mujeres	17.60	$m^3$
Volumen contra incendios	11.34	$m^3$

Elaboración: El autor.



$$\text{Caudal medio diario} = 2.84 + 17.6 + 11.34 = 31.78 \text{ l} = 31.7 \text{ m}^3$$

$$\text{Caudal adoptado} = 30.0 \text{ m}^3 \quad (\text{para asegurar la calidad del agua})$$

El tanque de reserva se diseñó en ferro-cemento con sección circular (Ver *cálculo en el anexo 01*), y su ubicación y especificaciones constructivas se pueden observar en los planos N° 15 y 16.

#### 4.5.12.2. Dimensionamiento de cisterna para el grupo 1

La cisterna alimentará la estación de bombeo para el sistema de agua potable, con un volumen equivalente a la dotación de consumo para 12h.

$$\text{Volumen de diseño } V_c = 2.84 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 12h \times \frac{1\text{día}}{24h} = 1.42\text{m}^3$$

**Cuadro 16** Dimensiones de la cisterna para el grupo 1.

Dimensiones de la cisterna		
Largo:	1.5	m
Ancho:	1.5	m
Profundidad:	0.7	m

Elaboración: *El autor.*

Los detalles constructivos se detallan en el anexo de planos de detalle N°13.

#### 4.5.12.3. Dimensionamiento de cisterna para el grupo 2

La cisterna alimentará la estación de bombeo para el sistema de agua potable para el edificio de varones y de mujeres, con un volumen equivalente a la dotación de consumo para 8h, considerando la reducción de espacios disponibles debido a la distribución de elementos estructurales de cimentación.

$$\text{Volumen de diseño } V_c = 17.6 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 8h \times \frac{1\text{día}}{24h} = 5.67 \text{ m}^3$$

**Cuadro 17** Dimensiones de la cisterna para el grupo 2.

Dimensiones de la cisterna		
largo:	1.4	m
ancho:	3.5	m
profundidad:	1.2	m

Elaboración: *El autor.*

Los detalles constructivos se detallan en el anexo planos de detalle N°14.



#### 4.5.12.4. Dimensionamiento de tirante de reserva contra incendios

La estación de bombeo contra incendios se encuentra ubicada en la caseta de control del tanque de reserva, para aprovechar la altura geométrica y el tanque como reserva para el sistema, por lo que se diseñó el almacenamiento contra incendios en el mismo tanque, determinándose un tirante para reserva contra incendios.

Área del depósito:

$$A_d = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times 4.16^2}{4} = 13.6 \text{ m}^2$$

Altura de tirante contra incendios:

$$V_i = A_d \times h_i \rightarrow h_i = \frac{V_i}{A_d} = \frac{11.34}{13.6} = 0.83 \cong 0.85 \text{ m}$$

#### 4.5.13. Cálculo de red de abastecimiento externa

Las pérdidas de la red externa de abastecimiento se calcularon mediante la fórmula de Hazen-Williams (**Eq. [09]**), las tuberías y accesorios serán de PVC.

En el **Tabla 03** se resumen los cálculos del dimensionamiento de la red.

**Tabla 03** Red externa de abastecimiento.

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]
Punto o Tramo	Diam [mm]	Caudal [l/s]	Veloc. [m/s]	Fricción C	J [m/m]	LONG (m)	LONG EQUI (m)	LONG TOTAL (m)	Nivel (m)	J m.c.a	Presión m.c.a
RE4									1.850		
RE4-RE3	48	1.64	0.906	150	0.018	4.150	10.951	15.101	0.000	0.275	1.575
RE3-RE1	37.4	1.24	1.129	150	0.037	63.698	9.298	76.396	-3.400	2.796	2.178
RE3-RE2	28.6	0.40	0.623	150	0.017	31.763	5.386	37.149	0.000	0.618	0.956

Elaboración: El autor.

En las siguientes líneas se detalla el proceso de cálculo para el tramo comprendido entre los nudos RE4 y RE3:

**Columna [1].-** Denominación gráfica de los tramos en trazado inicial de la red (anexo planos de detalle Nro. 1).

**Columna [2].-** Corresponde al diámetro interno comercial en milímetros de la tubería empleada en los cálculos.



**Columna [3].-** Caudal en litros por segundo, que circula por el tramo de tubería.

**Columna [4].-** Velocidad del fluido dentro de la tubería, correspondiente al cálculo empleando la ecuación **Eq. [01]**.

$$Q = A \times V$$

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = \frac{4 \times 0.00164}{\pi \times 0.048^2} = 0.906 \text{ m/s}$$

**Columna [5].-** Coeficiente de rugosidad del PVC para la fórmula de Hazen de C = 150, según el **Cuadro 03**.

**Columna [6].-** Pérdida unitaria de carga, expresada en metros sobre metros y calculada mediante la fórmula de Hazen-Williams (**Eq.[09]**).

$$h = 10.6074 \times \left( \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.871}} \right) \times L$$

$$h = 10.6074 \times \left( \frac{0.00164^{1.852}}{150^{1.852} \times 0.048^{4.871}} \right) \times L = 0.0182 \text{ m}$$

**Columna [7].-** Longitud de la tubería, medida del pre-diseño de la red (anexo planos de detalle Nro. 1).

**Columna [8].-** Longitud equivalente de los accesorios utilizados en el tramo, calculada empleando la ecuación **Eq. [15]**.

En el tramo se encontraron 4 codos de 90° y una válvula de pie, los coeficientes K1 y K2 se tomaron del **Cuadro 5**, y el factor C del **Cuadro 03** correspondiente al PVC

Para los 4 codos:

$$Le1 = n \times [K_1 \times D + K_2] \times \left[ \frac{120}{C} \right]^{1.85}$$

$$Le1 = 4 \times \left[ 0.52 \times \frac{0.048}{0.0254} + 0.04 \right] \times \left[ \frac{120}{150} \right]^{1.85} = 4 \times 0.676792 = 2.70716 \text{ m}$$

Para la válvula de pie:

$$Le2 = n \times [K_1 \times D + K_2] \times \left[ \frac{120}{C} \right]^{1.85}$$

$$Le2 = 1 \times \left[ 6.38 \times \frac{0.048}{0.0254} + 0.4 \right] \times \left[ \frac{120}{150} \right]^{1.85} = 1 \times 8.2436 = 8.2436 \text{ m}$$



Total:

$$Le = Le1 + Le2 = 2.707167 + 8.2436 = 10.951 \text{ m}$$

**Columna [9].-** Longitud total, resultante de la suma de la longitud de la tubería y la longitud equivalente de los accesorios.

$$L = Le + Lt = 10.951 + 4.15 = 15.101 \text{ m}$$

**Columna [10].-** Cota del nudo inicial del tramo (según topología de la red).

**Columna [11].-** Pérdida total de carga, resultado del producto entre la pérdida unitaria (Columna [6]) y la longitud total (Columna [9])

$$J = Ju \times L = 0.018 \times 15.101 = 0.275 \text{ m}$$

**Columna [12].-** Presión residual en el punto de llegada.

$$Presión = 1.85 - 0.275 = 1.575 \text{ m}$$

Se adoptarán los diámetros derivados del cálculo o sus equivalentes comerciales. El trazado de la red se muestra en el anexo planos de detalle N°1.

#### 4.5.14. Cálculo de tubería de acometida a tanque de reserva.

Se empleará tubería PVC con un coeficiente de Hazen-Williams de  $C = 150$ , una velocidad cercana a  $1.5 \text{ m/s}$ , y un caudal que permita almacenar el volumen máximo diario en un tiempo de  $8 \text{ h}$ .

$$\text{Volumen (Vol)} = 30 \text{ m}^3$$

$$\text{Tiempo (t)} = 8 \text{ h} = 28800 \text{ s}$$

$$\text{Caudal de diseño } Q_d = \frac{\text{Vol}}{t} = \frac{30}{28800} = 0.001041667 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1.042 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

**Diámetro de tubería:**

$$\text{Velocidad de diseño: } 1.5 \text{ m/s}$$

$$Q = A \times V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times V$$

$$D = \sqrt{\frac{Q \times 4}{\pi \times V}} = \sqrt{\frac{0.00104 \times 4}{\pi \times 1.5}} = 0.0297 \text{ m}$$



Diámetro comercial adoptado= 0.0286 m

Comprobación de velocidad:

$$Q = A \times V$$

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = \frac{4 \times 0.00104}{\pi \times 0.0286^2} = 1.62 \text{ m/s}$$

Se aprueba el diámetro comercial de 1 1/4" para tubería de acometida.

#### 4.5.15. Sistema de bombeo y equipo hidroneumático

Dadas las condiciones geométricas del sistema, y del consumo que se espera en el proyecto, se diseñó las estaciones de bombeo para asegurar el abastecimiento cumpliendo los requisitos mínimos de caudal y presión en cada aparato.

#### 4.5.16. Cálculo de sistema de bombeo para el grupo 1

##### 4.5.16.1. Cálculo de succión.

##### Dimensionamiento de tubería de succión.

Longitud (L) =	2.10m
Ancho (A) =	3.00m
Altura (H) =	0.30m
Altura estática de succión	0.95m

Los datos para el cálculo de la altura de succión e impulsión se los obtiene del esquema de dimensionamiento de la red.

##### Pérdidas en tubería:

CAUDAL TOTAL DE AGUA POTABLE REQUERIDO POR EL EDIFICIO = 1.95 L/s

Tabla 04 Dimensiones de tuberías en succión del grupo 1.

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]
TRAMO	q (l/s)	Diámetro mm	Long. H(m)	Long. V(m)	V (m/s)	hv (m)	Coef. C	Pérdida j (m/m)	Long. Total (m)	Pérdida J(m)	Péridid a Tot. J + HV
S1-S2	1.950	40.94	0.25	0.95	1.482	0.11	120	0.08231	1.20	0.099	0.211

Elaboración: El autor.



En las siguientes líneas se detalla el proceso de cálculo para el tramo comprendido entre los nudos RE4 y RE3:

**Columna [1].-** Denominación gráfica de los tramos en trazado inicial de la red (anexo planos de detalle Nro. 1).

**Columna [2].-** Caudal en litros por segundo, que circula por el tramo de tubería.

**Columna [3].-** Corresponde al diámetro interno comercial en milímetros de la tubería empleada en los cálculos.

**Columna [4] y [5].-** Corresponde a la longitud horizontal y vertical de la tubería respectivamente, dato resultado de medición en anexo plano de detalle Nro. 1.

**Columna [6].-** Velocidad del fluido dentro de la tubería, correspondiente al cálculo empleando la ecuación **Eq. [01]**.

$$Q = A \times V$$

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = \frac{4 \times 0.00195}{\pi \times 0.04094^2} = 1.482 \text{ m/s}$$

**Columna [7].-** Pérdida por velocidad, expresada en metros sobre segundos y calculada mediante **Eq.[16]**.

$$h_v = \frac{V^2}{2 \times g}$$

$$h_v = \frac{1.482^2}{2 \times 9.81} = 0.11 \text{ m}$$

**Columna [8].-** Coeficiente de rugosidad para la fórmula de Hazen, según el **Cuadro 03**, considerando que el material a emplear será hierro-galvanizado.

**Columna [9].-** Pérdida unitaria de carga, expresada en metros sobre metros y calculada mediante la fórmula de Hazen-Williams (**Eq.[09]**).

$$h = 10.6074 \times \left( \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.871}} \right)$$

$$h = 10.6074 \times \left( \frac{0.00195^{1.852}}{120^{1.852} \times 0.04094^{4.871}} \right) = 0.08231 \text{ m/m}$$

**Columna [10].-** Longitud total, resultante de la suma de la longitud horizontal y la longitud vertical.

$$L = L_h + L_v = 0.25 + 0.95 = 1.20 \text{ m}$$



**Columna [11].-** Pérdida total de carga, resultado del producto entre la pérdida unitaria (Columna [9]) y la longitud total (Columna [10])

$$J = J_u \times L = 0.08231 \times 1.20 = 0.099 \text{ m}$$

**Columna [12].-** Perdida total.

$$\text{Pérdida total} = J + h_v = 0.11 + 0.099 = 0.211 \text{ m}$$

La tubería de succión será de acero galvanizado con un coeficiente de rugosidad para la fórmula de Hazen-Williams de 120, y un diámetro de 1 ½", asegurando una velocidad dentro del rango.

**Pérdidas en accesorios:**

**Tabla 05** Cálculo de accesorios en succión grupo 1.

[1]	[2]	[3]	[4]
TIPO DE ACCESORIO	DIÁMETRO (mm)	CANTIDAD	PÉRDIDAS
Codo de 90	1 1/2	1	0.82
Válvula de retención	1 1/2	1	3.20
Unión	1 1/2	1	0.84
	Longitud equivalente (m)		4.855
	Perdidas por accesorios (m)		0.400

Elaboración: *El autor.*

Se utilizó el procedimiento descrito en la **Tabla 03**, columna **[8]**, correspondiente a longitudes equivalentes.

**Altura de succión =** Long V + Pérdidas en tuberías + Pérdidas en accesorios

$$= 0.95 + 0.211 + 0.40 = \mathbf{1.56 \text{ m}}$$

#### 4.5.16.2. Cálculo de impulsión.

Las tuberías y los accesorios en la etapa de impulsión serán de PVC PR roscable, con un coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams de 150. Se seleccionó la ruta directa al aparato más crítico como sistema de impulsión.



**Tabla 06** Dimensiones de tuberías en impulsión del grupo 1.

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]
TRAMO	q (l/s)	Diámetro mm	Long. H(m)	Long. V(m)	Long. Equi(m)	V (m/s)	hv (m)	Coef. C	Pérdida j (m/m)	Long. Total(m)	Pérdida J(m)	Pérdida Tot. J + HV
HN-67	1.950	37.4	2.69	0.00	3.017	1.776	0.161	150	0.085	5.70	0.482	0.643
67-50	1.210	37.4	0.00	3.23	1.765	1.102	0.062	150	0.035	4.99	0.175	0.237
50-36	0.990	28.6	0.00	3.40	0.421	1.542	0.121	150	0.089	3.82	0.340	0.461
36-35	0.780	28.6	3.07	2.79	0.137	1.215	0.075	150	0.057	6.00	0.343	0.419
35-34	0.750	28.6	3.51	0.00	0.388	1.168	0.070	150	0.053	3.90	0.208	0.277
34-10	0.720	28.6	0.76	2.50	0.000	1.121	0.064	150	0.049	3.26	0.161	0.225
10-9	0.580	22.2	7.91	0.00	0.403	1.499	0.115	150	0.114	8.31	0.944	1.058
9-3	0.510	22.2	0.15	0.00	0.029	1.318	0.089	150	0.089	0.18	0.016	0.104
3-2	0.300	17.2	5.61	0.00	0.927	1.292	0.085	150	0.116	6.53	0.758	0.843
2-1	0.200	13.2	1.621	2.00	0.619	1.462	0.109	150	0.199	4.24	0.843	0.952

Elaboración: El autor.

Se utilizó el procedimiento descrito en la **Tabla 04**.

**Altura de impulsión** =  $\Sigma$ Long V +  $\Sigma$ Pérdidas totales + Presión remanente

**Altura de impulsión** = 13.92 + 5.22 + 9 = **28.14 m**

#### 4.5.16.3. Cálculo de la altura de succión positiva disponible (*NPSHdisponible*)

**NPSH.-** Puede ser disponible cuando se ha considerado todas las alturas de una instalación.

$$NPSH = P_b - TVATA - ADS$$

P<sub>b</sub> : Presión barométrica en el sitio (m)

TVATA : Tensión de vapor del agua a la temperatura ambiente (m)

ADS : Altura dinámica de succión (m)

#### 4.5.16.4. Presión barométrica (*P<sub>b</sub>*)

$$P_b = 10.33 - J_a(\text{para la altura sobre el nivel del mar})$$

**J<sub>a</sub>** (para 2268.5 msnm) = 2.542m



Pb (para 10.33 – 2.542) = 7.788m

Cuadro 18 Pérdida de altura con referencia al nivel del mar

Pérdidas por altura Ja sobre el nivel del mar en metros					
Altura [m]	Ja [m]	Altura [m]	Ja [m]	Altura [m]	Ja [m]
100	0.125	1100	1.330	2100	2.384
200	0.250	1200	1.440	<b>2200</b>	<b>2.478</b>
300	0.375	1300	1.550	<b>2300</b>	<b>2.572</b>
400	0.500	1400	1.600	2400	2.666
500	0.625	1500	1.770	2500	2.760
600	0.750	1600	1.880	2600	2.854
700	0.870	1700	1.990	2700	2.948
800	0.990	1800	2.090	2800	3.042
900	1.110	1900	2.190	2900	3.136
1000	1.220	2000	2.290	3000	3.230

Fuente: PÉREZ CARMONA Rafael. 2002. Diseño de Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones, 2 ed. Bogotá - Colombia, ECOE Ediciones. Pág. 82.

4.5.16.5. Tensión de vapor del agua a temperatura ambiente (TVATA)

Cuadro 19 Pérdida por temperatura.

Pérdidas por temperatura Jt en metros			
°C	Jt	°C	Jt
5	0.090	30	0.430
10	0.130	35	0.550
<b>15</b>	<b>0.170</b>	40	0.750
20	0.240	45	0.990
25	0.320	50	1.250

Fuente: PÉREZ CARMONA Rafael. 2002. Diseño de Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones, 2 ed. Bogotá - Colombia, ECOE Ediciones. Pág. 82.

TVATA = 0.170m

4.5.16.6. Altura dinámica de succión (ADS)

ADS= 1.5662m (Calculada en)

NPSH (disponible) = Pb – ADS - TVDA

NPSH (disponible) = 7.788 – 1.562 – 0.17 = 6.056m



**4.5.16.7. Cálculo de la altura de succión positiva requerida (NPSHrequerida)**

NPSH requerida, es la presión mínima que necesita la bomba para operar con éxito.

$$NPSH\ disponible > NPSH\ requerida$$

NPSH (requerida) = 0.95 m.c.a. (altura vertical)

NPSH (disponible) = 6.06 m.c.a. (calculada anteriormente)

$$6.06 > 0.95 \quad \text{“LA BOMBA NO CAVITA”}$$

**4.5.16.8. Cálculo altura máxima de succión (AMS)**

$$AMS = 10.33 - (a + b + c + d + e + f)$$

a). Pérdida por altura sobre el nivel del mar (2250) =	2.54 m
b). Pérdida por temperatura (15°C) =	0.17 m
c). Pérdidas por depresiones barométricas (Steel) =	0.36 m
d). Pérdidas por vacío imperfecto (1.8 - 2.4m Steel)=	2.40 m
e). Pérdida por fricción y accesorios (J) =	0.10 m
f). Pérdidas por cabeza de velocidad hv =	0.11 m
<b>TOTAL =</b>	<b>5.68 m</b>

$$AMS = 10.33 - 5.68 = 4.647\text{m}$$

**4.5.16.9. Altura dinámica total (Htmáx)**

$$H_{tmáx} = H_{tmín} + 20\text{psi}$$

Impulsión + Succión = 1.562 + 28.14 =	29.702 m
Altura dinámica total Ht de diseño(mín)=	29.702 m

Altura dinámica total Ht de diseño(máx)=

$$H_{t(máx)} = 29.702 \text{ m. c. a.} + 20 \text{ psi} \times 0.7 \frac{\text{m. c. a.}}{\text{psi}} = 43.702 \text{ m. c. a.}$$

**4.5.16.10. Cálculo de la potencia P(hp)**

$$P_{(HP)} = \frac{\gamma * H_t * Q}{76 * n}$$

$\gamma$ (Peso específico del agua)=	1.0 Kg/l
Ht (Altura dinámica total)=	43.70m
Q (Caudal)=	1.95 l/s



Constante de conversión= 76  
n (Eficiencia bomba-motor)= 40 %

Potencia = 2.803 HP

4.5.16.11. Características funcionales de la bomba

Cantidad: Dos  
Marca: PEDROLLO  
Caudal: 1.95 l/s  
TDH: 42.10 mca  
Eficiencia: 40%  
Diámetro de succión: 1 1/2"  
Diámetro de descarga: 1"  
Potencia: 3 HP  
Modelo de la bomba: CP25 / 200B

4.5.16.12. Cálculo del tanque hidro-acumulador.

Para el cálculo del tanque hidro-acumulador se tomará en cuenta la siguiente expresión:

$$W_{thn} = \frac{19 \times R_{aire} \times Q_b \times (P_{OFF} + 10.33)}{N_{bombas} \times N_{ciclos} \times (P_{OFF} - P_{ON})}$$

Donde:

**W<sub>thn</sub>**: Volumen del tanque hidroneumático

**Q<sub>b</sub>**: Caudal de bombeo medio = 117 l/min

**N<sub>bombas</sub>**: Bombas en funcionamiento = 1 (No se toma en cuenta la bomba de reserva)

**P<sub>on</sub>**: Presión de encendido = 28.1m.c.a = 40psi

**P<sub>off</sub>**: Presión de apagado = 42.1m.c.a = 60psi

**N<sub>ciclos</sub>**: Número de ciclos por hora = 20 ciclos/hora

Cuadro 20 Potencia de bombas según número de ciclos

Potencia HP	T (min)	ciclos/h
Hasta 10.0	3.00	20
de 10.0 a 20.0	4.00	15
de 20.0 a 30.0	5.00	12
de 30.0 a 50.0	6.00	10
Desde 50.0	10.00	6

Fuente: Normativa ecuatoriana de la construcción NEC – 11, Capítulo 16, Norma Hidrosanitaria NHE Agua, 2011, Tabla 16.5.



R aire: Coef. tipo de renovación de aire = 1, tomado del Cuadro 21.

**Cuadro 21** Renovación del aire del equipo hidropresor

Tipo de renovación	R aire
-Hidroneumático de membrana con revisión periódica de masa de aire	1.0
-Renovación de aire con compresor automático	1.5
-Renovación de aire mediante inyección manual	2.0

Fuente: Adaptado: Normativa ecuatoriana de la construcción NEC – 11, Capítulo 16, Norma Hidrosanitaria NHE Agua, 2011, ecuación (16-9).

**Volumen total del tanque hidroneumático (W<sub>thn</sub>)**

W<sub>thn</sub>= 416.57 l  
 W<sub>thn</sub>= 110.06 gl

Volumen adoptado= 110.0 gl

- Cantidad:** 2
- Marca:** Challenger
- Membrana:** Neopreno
- Conexión:** 1 1/4"
- Material:** Metálico

Se recomienda dos tanques hidroneumáticos marca Challenger, el uno modelo GWI50 de 53 galones de volumen, y el segundo modelo GWI60 con un volumen de 60 galones, en caso de no disponer de los modelos y marcas señaladas, se debe optar por unos de similares características.

Las bombas deben ser complementadas con un “presostato” con rango 40-60psi.

**4.5.17. Cálculo del sistema de bombeo para bloques de varones y de mujeres**

**4.5.17.1. Cálculo de succión.**

**Dimensionamiento de tubería de succión.**

Longitud (L) = 3.90m  
 Ancho (A) = 2.70m  
 Altura (H) = 1.11m  
 Altura estática de succión 1.76m

Los datos para el cálculo de la altura de succión e impulsión se los obtiene del esquema de dimensionamiento de la red.



**Pérdidas en tubería:**

CAUDAL TOTAL DE AGUA POTABLE REQUERIDO POR EL EDIFICIO = 3.54 l/s

**Tabla 07** Dimensiones de tuberías en succión del grupo 2.

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]
TRAMO	q (l/s)	Diámetro Mm	Long. H(m)	Long. V(m)	V (m/s)	hv (m)	Coef. C	Pérdida j (m/m)	Long. Total (m)	Pérdida J(m)	Péridid a Tot. J + HV
S1-S2	3.540	52.48	0.25	1.765	1.638	0.136	120	0.0741	2.01	0.149	0.286

Elaboración: *El autor.*

La tubería de succión será de acero galvanizado con un coeficiente de rugosidad para la fórmula de Hazen-Williams de 120, y un diámetro de 2", asegurando una velocidad dentro del rango, los cálculos empleados se detallan en la **Tabla 07**, y su procedimiento se muestra en la **Tabla 03**

**Pérdidas en accesorios:**

Se desarrolló el mismo procedimiento descrito en la **Tabla 05**

**Tabla 08** Cálculo de accesorios en succión grupo 2.

TIPO DE ACCESORIO	DIÁMETRO (mm)	CANTIDAD	PÉRDIDAS (m)
Codo de 90	2	1	1.08
Válvula de retención	2	1	4.20
Unión	2	1	1.10
Longitud equivalente (m)			6.380
Perdidas por accesorios (m)			0.473

Elaboración: *El autor.*

**Altura de succión =**

Longitud Vertical + Pérdidas en tuberías + Pérdidas en accesorios =

$$1.765 + 0.286 + 0.473 = 2.524 \text{ m}$$

**4.5.17.2. Cálculo de impulsión.**

Las tuberías y los accesorios en la etapa de impulsión serán de PVC PR roscable, con un coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams de 150. Se seleccionó la ruta directa al aparato más crítico (nudo 201, lavabo del cuarto de baño del departamento más alejado de la segunda planta del bloque de mujeres) como sistema de impulsión. El procedimiento se encuentra detallado en la **Tabla 06**



**Tabla 09** Dimensiones de tuberías en impulsión del grupo 2.

TRAMO	Q (l/s)	Diám. mm	Long. H(m)	Long. V(m)	Long. Equi(m)	V (m/s)	hv (m)	Coef. C	Pérdida j (m/m)	Long. Total (m)	Pérdida J(m)	Pérdida Tot. J + HV
BM-HN	3.540	62.88	0.45	0.00	4.557	1.141	0.066	130	0.02651	5.01	0.133	0.199
HN-241	2.000	48.00	13.149	-1.500	0.232	1.106	0.062	150	0.02632	14.88	0.392	0.454
241-230	0.860	28.60	0.000	5.750	1.249	1.339	0.091	150	0.06861	7.00	0.480	0.572
230-226	0.690	22.20	6.820	2.950	0.988	1.784	0.162	150	0.15656	10.76	1.684	1.846
226-225	0.690	22.20	4.164	0.000	0.988	1.784	0.162	150	0.15656	5.15	0.807	0.969
225-219	0.670	22.20	1.051	2.500	1.731	1.732	0.152	150	0.14827	5.28	0.783	0.936
219-215	0.600	22.20	1.091	0.000	2.296	1.551	0.122	150	0.12089	3.39	0.410	0.532
215-212	0.410	17.20	10.250	0.000	0.783	1.766	0.158	150	0.20686	11.03	2.282	2.441
212-209	0.360	17.20	5.050	0.000	0.783	1.550	0.122	150	0.16262	5.83	0.949	1.071
209-206	0.310	17.20	5.080	0.000	0.783	1.335	0.090	150	0.12332	5.86	0.723	0.814
206-203	0.260	17.20	5.020	0.000	0.783	1.120	0.063	150	0.08907	5.80	0.517	0.581
203-202	0.200	13.20	5.341	0.000	0.698	1.462	0.108	150	0.19872	6.04	1.200	1.309
202-201	0.100	13.20	0.781	-2.250	0.825	0.731	0.027	150	0.05512	3.86	0.213	0.240

Elaboración: El autor.

**Altura de impulsión** =  $\Sigma$ Long V +  $\Sigma$ Pérdidas totales + Presión remanente

$$7.45 + 11.963 + 9 = \mathbf{28.413 \text{ m}}$$

#### 4.5.17.3. Cálculo de altura de succión positiva disponible (NPSHdisponible)

**NPSH.-** Puede ser disponible cuando se ha considerado todas las alturas de una instalación.

$$NPSH = Pb - TVATA - ADS$$

Pb : Presión barométrica en el sitio (m)

TVATA : Tensión de vapor del agua a la temperatura ambiente (m)

ADS : Altura dinámica de succión (m)

#### 4.5.17.4. Presión barométrica (Pb)

$$Pb = 10.33 - Ja(\text{para la altura sobre el nivel del mar})$$

Ja: para 2265 msnm= 2.539m

Pb: 10.33 - 2.539 = 7.791m



**4.5.17.5. Tensión de vapor del agua a temperatura ambiente (TVATA)**

TVDA= 0.170m

**4.5.17.6. Altura dinámica de succión (ADS)**

ADS= 1.5662m

NPSH(disponible)= Pb-ADS-TVDA

NPSH(disponible)= 7.791 – 2.524 – 0.17 = 5.097m

**4.5.17.7. Cálculo de la altura de succión positiva requerida (NPSHrequerida)**

NPSH requerida, es la presión mínima que necesita la bomba para operar con éxito

$$NPSH\ disponible > NPSH\ requerida$$

NPSH (requerida) = 1.76 m (altura vertical)

NPSH (disponible)= 5.10      5.10 > 1.76 “LA BOMBA NO CAVITA”

**4.5.17.8. Cálculo altura máxima de succión (AMS)**

$$AMS = 10.33 - (a + b + c + d + e + f)$$

a). Pérdida por altura sobre el nivel del mar (2250) =	2.54 m
b). Pérdida por temperatura (15°C) =	0.17 m
c). Pérdidas por depresiones barométricas (Steel) =	0.36 m
d). Pérdidas por vacío imperfecto (1.8 - 2.4m Steel)=	2.40 m
e). Pérdida por fricción y accesorios (J) =	0.15 m
f). Pérdidas por cabeza de velocidad hv =	0.14 m
<b>TOTAL =</b>	<b>5.76 m</b>

AMS= 10.33 – 5.76 = 4.575m

**4.5.17.9. Altura dinámica total (Htmáx)**

Htmáx = Htmín + 20psi

Impulsión + Succión = 28.413 + 2.524 30.937 m



Altura dinámica total Ht de diseño(mín)= 30.937 m  
 Altura dinámica total Ht de diseño(máx)=

$$Ht(máx) = 30.947 \text{ m. c. a.} + 20 \text{ psi} \times 0.7 \frac{\text{m. c. a.}}{\text{psi}} = 44.937 \text{ m. c. a.}$$

#### 4.5.17.10. Cálculo de la potencia $P(\text{hp})$

$$P_{(HP)} = \frac{\gamma * Ht * Q}{76 * n}$$

$\gamma$  = Peso específico del agua= 1.0 Kg/l  
 Ht = Altura dinámica total= 44.94m  
 Q = Caudal= 3.54 l/s  
 Constante de conversión= 76  
 n = Eficiencia bomba-motor= 40 %

**Potencia = 5.233 HP**

#### 4.5.17.11. Características funcionales de la bomba

Cantidad: Dos  
 Marca: PEDROLLO  
 Caudal: 3.54 l/s  
 TDH: 44.94 mca  
 Eficiencia: 40%  
 Diámetro de succión: 2"  
 Diámetro de descarga: 1 ¼"  
 Potencia: 7.5 HP  
 Modelo de la bomba: F32 / 200B

#### 4.5.17.12. Cálculo del tanque hidro-acumulador.

Para el cálculo del tanque hidro-acumulador se tomará en cuenta la siguiente expresión:

$$W_{thn} = \frac{19 \times R_{aire} \times Q_b \times (P_{OFF} + 10.33)}{N_{bombas} \times N_{ciclos} \times (P_{OFF} - P_{ON})}$$

**W<sub>thn</sub>**: Volumen del tanque hidroneumático

**Q<sub>b</sub>**: Caudal de bombeo medio = 212.40 l/min

**N<sub>bombas</sub>**: Bombas en funcionamiento = 1 (No se toma en cuenta la bomba de reserva)



**Pon:** Presión de encendido = 28.4m.c.a = 41psi  
**Poff:** Presión de apagado = 42.4m.c.a = 61psi  
**Nciclos:** Número de ciclos por hora = 20 ciclos/hora

**R aire:** Coef. Tipo de renovación de aire = 1

#### Volumen total del tanque hidroneumático (Wthn)

Wthn= 760.19 l  
Wthn= 200.84 gl

Volumen adoptado= 200 gl  
**Cantidad:** 2  
**Marca:** Challenger  
**Membrana:** Neopreno  
**Conexión:** 1 1/4"  
**Material:** Metálico

Se recomienda dos tanques hidroneumáticos marca Challenger, el uno modelo GWI120 de 120 galones de volumen y el segundo modelo GWI80 con un volumen de 80 galones.

Las bombas deben ser complementadas con un "presostato" con rango 41-61psi.

## 4.6. SISTEMA CONTRA INCENDIOS

### 4.6.1. Criterios de diseño

Para el diseño del sistema contra incendios se optó por una red de gabinetes contra incendios, que constan de: llave de hidrante, manguera, soporte de manguera, llave de sujeción, hacha y extintor, dispuestos en un armario metálico, empotrado en la pared, y con su tapa frontal en vidrio para su rápido acceso.

El cálculo hidráulico se realizó mediante el software libre EpaNET v 2.0 y su respaldo se encuentra en la memoria digital del proyecto.

Se dispuso de un gabinete por cada planta y se colocaron en lugares de fácil acceso, cerca de gradas, considerando un radio de acción de 30 m.



#### 4.6.2. Diámetro de la boquilla.

Para el cálculo del sistema de gabinetes contra incendio, se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

- Diámetro de la boquilla: 10mm
- Presión de salida ( $P_{boq}$ ): 2bar
- Coeficiente caudal de la boquilla( $K_{boq}$ ): 67.5

#### 4.6.3. Cálculo de caudales y presiones mínimas.

$$Q = K_{boq} \times \sqrt{10 \times P_{boq}} \quad Q = 67.5 \times \sqrt{2} = 95.46 \text{ lpm}$$

- Coef. Caudal de gabinete( $K_{gab}$ ): 42.0

$$Q = K_{gab} \times \sqrt{P_{gab}}$$

$$P_{gab} = \left(\frac{Q}{K_{gab}}\right)^2 = \left(\frac{95.46}{42}\right)^2 = 5.17 \text{ bar} \sim 52.7 \text{ m.c.a.}$$

El caudal mínimo será de 95.46 l/min y la presión residual mínima en el gabinete más desfavorable será de 52.7 m.c.a.

#### 4.6.4. Coeficiente del emisor:

El diseño del sistema contra incendios se lo realizó en el software libre Epanet 2.0, analizando los consumos de los gabinetes como emisores con caudal variable dependiente de la presión remanente.

$$\text{Coeficiente del emisor: } 0.313 \times K_{gab} = 0.313 \times 42 = 13.15$$

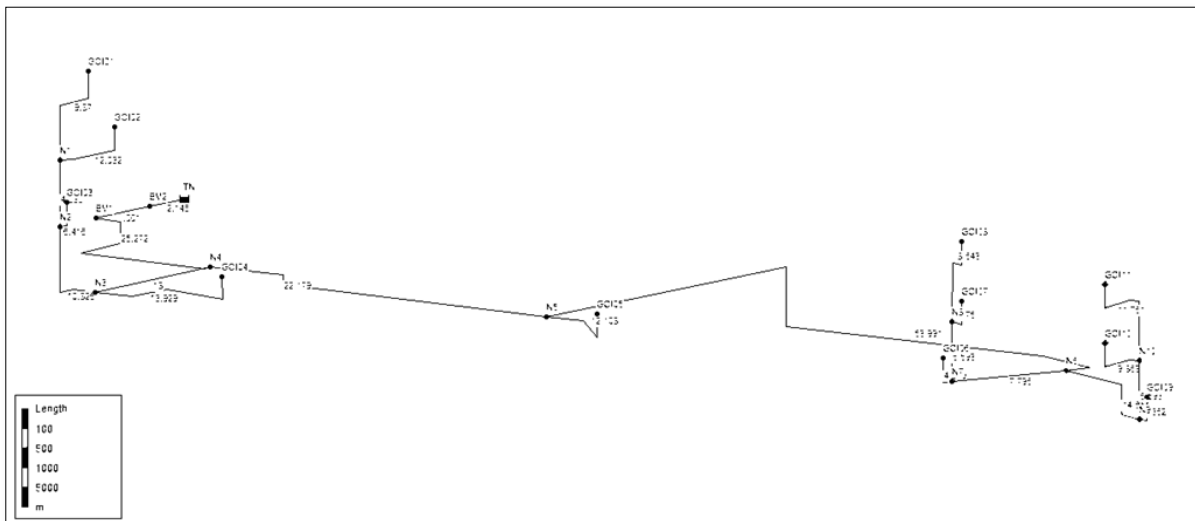
#### 4.6.5. Modelación de la red

Se ingresó el modelo de la red en el programa Epanet 2.0 con las longitudes de tubería, longitud equivalente por pérdidas localizadas, diámetros, coeficiente de rugosidad 120 (correspondiente a acero galvanizado).

Para comprobar los resultados del programa, se elaboró una hoja de cálculo con similares procesos de cálculo, obteniendo los resultados esperados.



**Figura 4** Diagrama de red contra incendios con longitudes de tubería+ longitud equivalente en el programa EpaNET v 2.0



Elaboración: El autor.

Se analizó el caso más desfavorable para encontrar la altura a la cual debe ingresar el agua para satisfacer el gabinete más crítico con la presión residual mínima, y el escenario más favorable, ya que al disminuir las pérdidas se incrementa la presión y por ende el caudal.

Se debe variar la altura del tanque de suministro hasta encontrar una altura en la cual se satisfaga a todos los puntos de la red.

Para el estado más desfavorable se obtuvo:

- Caudal de bombeo: 197.66 l/min
- Altura de bombeo: 66 m.c.a.

#### 4.6.6. Cálculo de volumen de reserva

Para el escenario más favorable de funcionamiento de la red, se determinó un nuevo caudal, que resulta de la operación del sistema durante 30 min.

Caudal (Qm): 202.2 l/min

Tiempo(t) :30 min

$$Volumen = Q \times t = 202.2 \times 30 = 6066L = 6.07 m^3$$

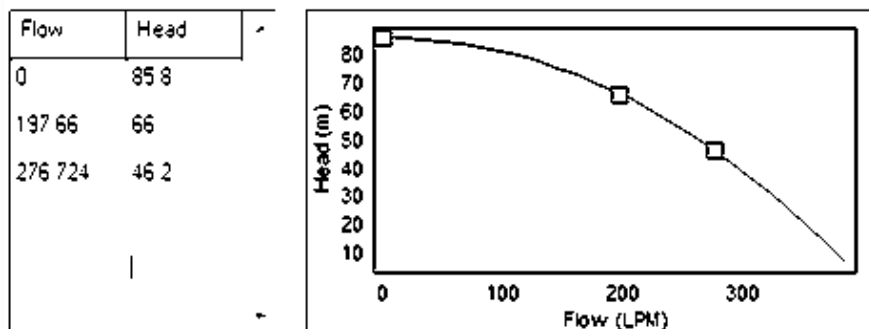
El volumen en el escenario más desfavorable es menor que el volumen de diseño de reserva, se conserva el más crítico.



#### 4.6.7. Dimensionamiento de la bomba

De los resultados se obtuvo el dimensionamiento de la bomba, la cual posee las siguientes características:

**Figura 5** Curva de la bomba, determinada en el programa EpaNET v 2.0



Elaboración: *El autor.*

Con estos datos se determinó una bomba comercial que cumpla con este comportamiento, o su equivalente comercial disponible.

#### 4.6.8. Características funcionales de la bomba

Cantidad:	Una
Marca:	PEDROLLO
Caudal:	3.3 l/s
TDH:	66 mca
Eficiencia:	40%
Diámetro de succión ("):	2
Diámetro de descarga ("):	1 ½
Potencia:	7.5 HP
Modelo de la bomba:	2CP40 / 180B

#### 4.6.9. Materiales

Se utilizará tubería y accesorios de acero galvanizado con un coeficiente de rugosidad para la fórmula de Hazen-Williams de 120.

Todas las tuberías y accesorios se pintarán de color rojo, según la Norma INEN 440:85 correspondiente a colores de tubería.





- Símbolo de signo negativo:                      guión                      [ - ]

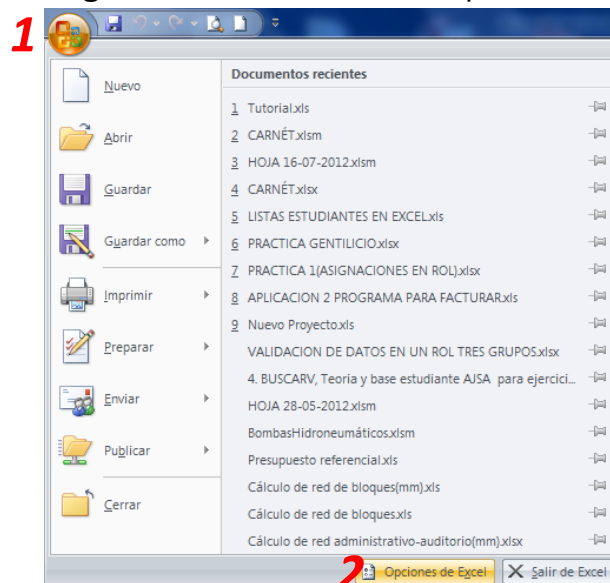
- Separador de listas:                                coma                        [ , ]

### 5.3. HABILITACIÓN DEL COMPLEMENTO DISEÑO HIDRÁULICO.

Como ya se ha señalado el proceso de automatización está comprimido como complemento, es decir que al activarlo se presentará cada vez que se ejecute la aplicación Microsoft Excel®. Para activarlo basta con seguir los siguientes pasos:

Una vez activo la aplicación Microsoft Excel ® se debe acceder al menú de opciones (2) ubicado en el botón de inicio (1) de la aplicación como se puede observar en la **Figura6**:

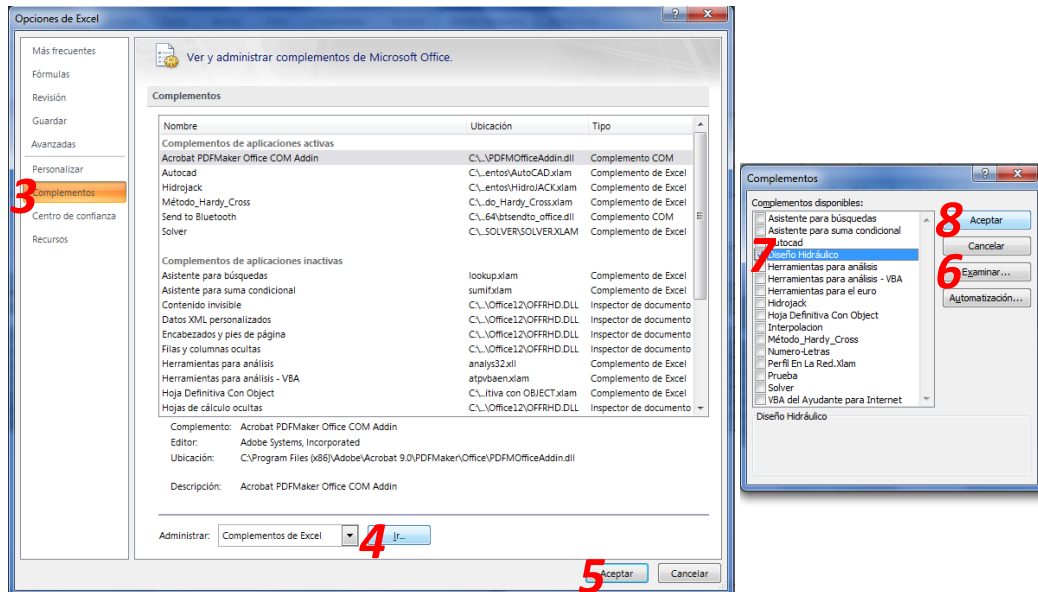
**Figura 6** Habilitación de complemento.



(continúa)...



(continuación)...

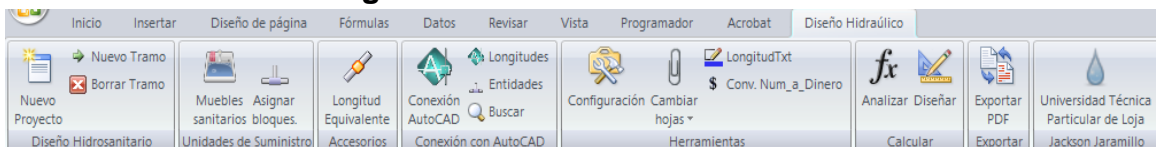


Elaboración: El autor.

### 5.4. EJEMPLO DISEÑO TIPO

Una vez habilitado el complemento, se puede observar la ficha *Diseño Hidráulico* en la barra de herramientas de Microsoft Excel® (Figura 7)

Figura 7 Ficha Diseño Hidráulico

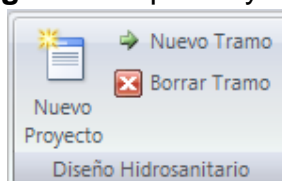


Elaboración: El autor.

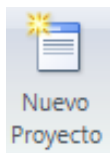
La ficha *Diseño Hidráulico* consta de 8 grupos, en donde se encuentran los botones de activación de las rutinas de automatización, dando una opción intuitiva al ingreso y manejo de datos.

### Grupo Proyecto

Figura8 Grupo Proyecto

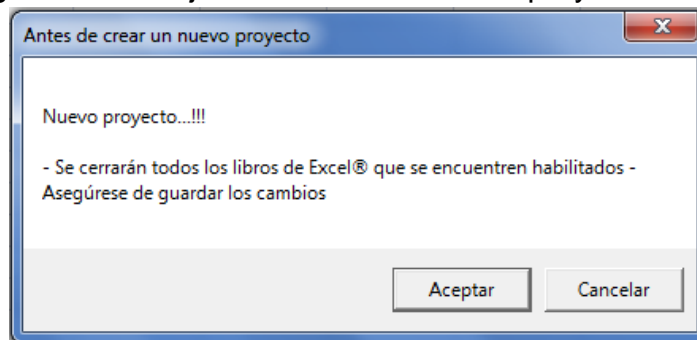


Elaboración: El autor.



Es el botón inicial que da el formato necesario al libro de Excel® para trabajar con las rutinas de automatización. Al presionar el botón se muestra el siguiente mensaje de alerta:

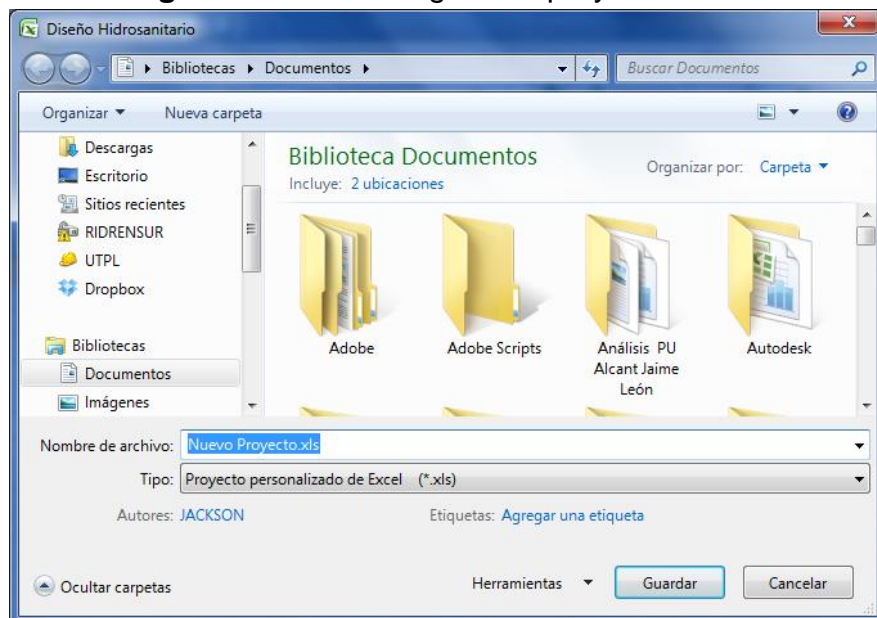
**Figura 9** Mensaje de alerta al iniciar un proyecto nuevo.



Elaboración: *El autor.*

El mensaje de alerta permite ratificar si se desea comenzar un nuevo proyecto de diseño, en caso de continuar se debe respaldar el nuevo proyecto con el nombre y la ruta que se le indique en la siguiente ventana:

**Figura 10** Recuadro guardar proyecto nuevo.

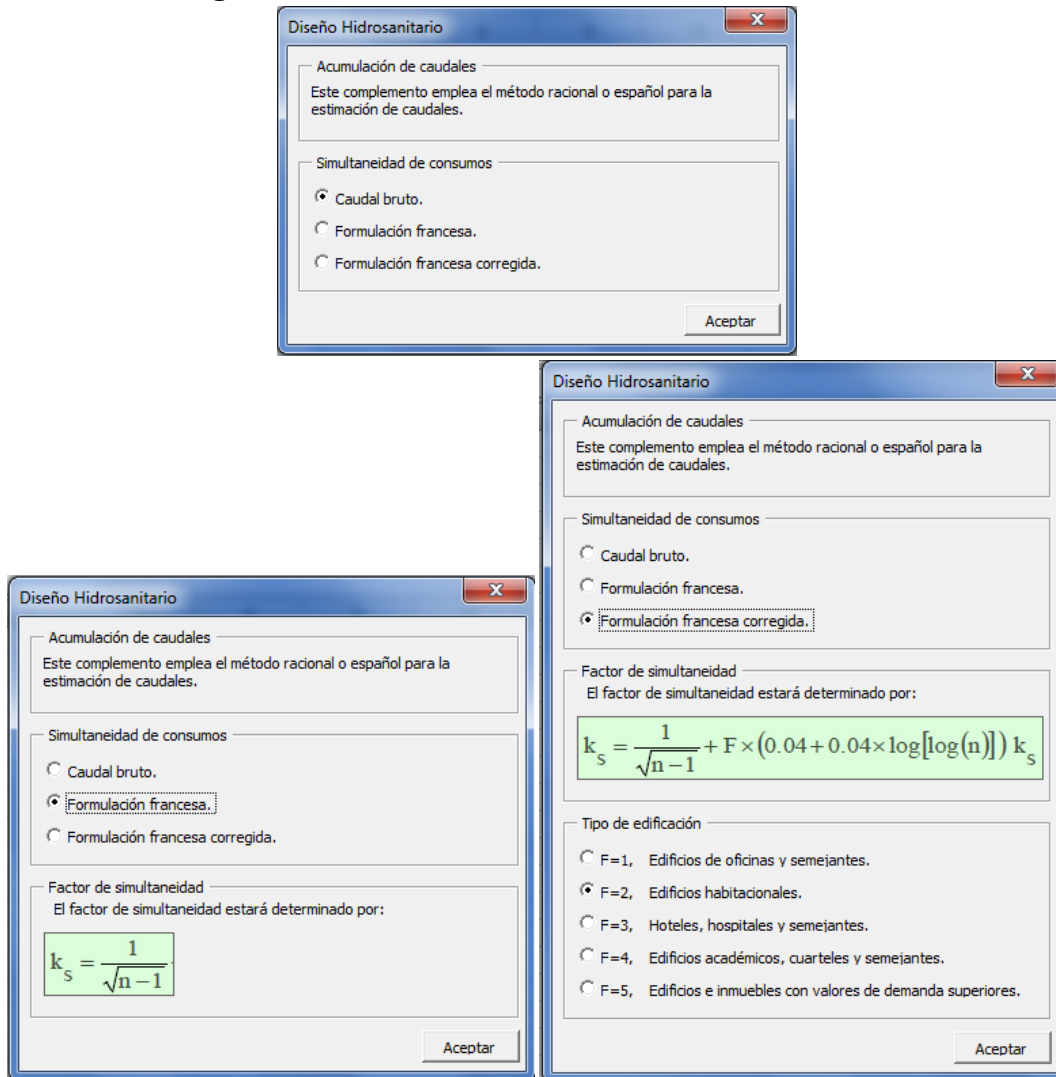


Elaboración: *El autor.*



Una vez guardado el proyecto se muestra el formulario de simultaneidad en los consumos. Se debe seleccionar adecuadamente este criterio ya que no es editable durante la ejecución del complemento.

Figura11 Cuadro de simultaneidad de consumos.



Elaboración: El autor.

Al seleccionar el método de simultaneidad de consumos y aceptar el formulario se crea la tabla de cálculo y las bases de datos, dejando el libro listo para ingresar los datos, no sin antes definir las condiciones particulares del proyecto en el formulario configuración, mostrado en **Figura 12**:

Figura 12 Formulario *Configuración*.

Configuración.

Datos iniciales

Método de acumulación de caudales:  
*Método Racional o Español*

Simultaneidad de consumos:  
*Fórmula francesa corregida para: Edificios habitacionales, F=2*

Tipo de sistema:

Sist. a gravedad. Otro:  m.c.a.

Sist. por bombeo.

Condicionantes:

V<sub>mín</sub>:  m/s

V<sub>máx</sub>:  m/s

Tipo de Tubería

Ecuación de pérdidas:

Hierro Galvanizado  Cobre\_Fibra de Vidrio

Hierro Fundido  PVC  Otro:

Material:

C Hazen:

C Flamant:

C Darcy:

Aceptar Cancelar

Elaboración: *El autor.*

Los componentes del formulario *Configuración* se dividen en campos separados gráficamente por rectángulos, el primero es de carácter informativo, para señalar el método de acumulación de caudales programado para el funcionamiento del complemento y la simultaneidad en los consumos seleccionada en pasos anteriores.

El campo tipo de sistema hace referencia a la presión remanente en el nudo crítico (que será identificada automáticamente), pudiendo ser éste por defecto como sistema a gravedad (2 m.c.a.), sistema por bombeo (10 m.c.a.), o cualquier valor ingresado en el cuadro de texto del campo.

En el campo de condicionantes de velocidad se debe ingresar los valores de velocidad mínima y velocidad máxima aplicables al proyecto.



Por último el campo tipo de tubería permite definir el material de los conductos y lo más importante la ecuación de pérdidas por fricción, para lo cual es indispensable ingresar los coeficientes de rugosidad.

Figura 13 Formulario Configuración, campo Tipo de Tubería.

Elaboración: El autor.

Como se puede observar en Figura 12 se puede optar por las ecuaciones de pérdidas de Darcy-Weisbach, Flamant, Hazen-Williams, y la combinación de las fórmulas de Flamant para diámetros menores a 2" y Hazen para diámetros mayores.

Figura14 Formulario Configuración, campo Tipo de Tubería.

Elaboración: El autor.



En el campo tipo de tubería se muestran las opciones de tipos de tuberías comunes, y la opción otros donde se pueden ingresar los coeficientes de rugosidad de diferentes materiales.

En la imagen Figura 14 se muestra el ejemplo de un cálculo a realizar con la fórmula de Flamant, y PVC como tipo de material de tubería, al ingresar el factor de fricción de Darcy, se puede optar por el cálculo con la fórmula de Colebrook-White, de Malafaya-Baptista, o por un valor constante aproximado.

Al aceptar las condiciones del formulario Configuración, podemos observar la tabla de cálculo en la cual se debe ingresar los tramos del proyecto.

La interfaz del Excel® nos permite recorrer las diferentes celdas de cálculo, y saber con exactitud los procesos de cálculo empleados en el proyecto. La ayuda que presta el complemento es la optimización en el ingreso y manejo de los datos, así como en la selección automática de los diámetros.


La tabla se presenta por defecto con un tramo inicial nombrado como 1-2, el nudo 1 corresponde al nudo crítico del sistema (calculado automáticamente).


**Figura 15** Tabla de cálculo en Microsoft Excel® generada por el complemento.

Cálculo de sistema de Abastecimiento															
Proyecto:				Tipo de Tubería:				Fecha: Jueves, 02 de agosto de 2012							
Edificación:				Cálculo:				Observaciones: Para detalles de cálculo referirse a memoria técnica							
Dirección:				Tipo de Sistema:											
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10] LONGITUD DE LA TUBERIA (m)		[12]	[13]	[14]	[15]	[16]
Tramo	Unidades Totales	Caudal bruto [lt/s]	Coef. simul.	Caudal Simult.[l/s]	Velocidad [m/s]	Fricción C	J [m/m]	Diámetro [mm]	Horizontal	Vertical	Accesorios Long. Equi.	Total	HV m.c.a	J m.c.a	Presion m.c.a
1-2	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.03246406	0.067	13.2	3.000	0.000	0.290	3.290	0.027	0.220	2.248

Elaboración: *El autor.*



 **Nuevo Tramo** Continuando con la descripción de los botones del grupo *Proyecto*, el botón nuevo tramo nos permite ingresar de manera correcta las líneas del proyecto en la tabla de cálculo. Cabe señalar que **no** se debe utilizar las opciones de insertar o eliminar filas directamente, ya que podrían presentarse errores en las referencias hacia las bases de datos.

 **Borrar Tramo** Al igual que el proceso de insertar, para borrar un tramo se debe utilizar el botón indicado para la acción, y así asegurar el correcto desempeño del complemento. El botón *Borrar Tramo* elimina el tramo en donde se encuentre la celda activa.

En la **Figura 16** se muestra la tabla con un nuevo tramo ingresado a través del botón *nuevo tramo*.

**Figura 16** Ingreso de tramos a la tabla de cálculo.

[1] Tramo	[2] Unidades Totales	[3] Caudal bruto [lt/s]	[4] Coef. simul.	[5] Caudal Simult.[l/s]	[6] Veloc [m]
-0					
1-2	1.000	0.100	1.000	0.10	0.7

**Elaboración:** *El autor.*

En la Figura 17 se puede observar el pre-dimensionamiento de la red de tuberías de ejemplo para explicar las herramientas restantes.

**Figura 17** Pre-dimensionamiento de red de tuberías.

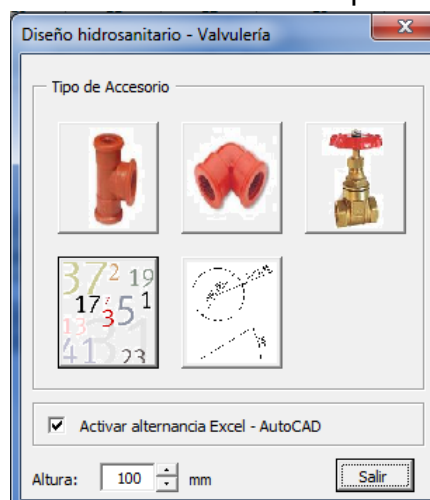


**Elaboración:** *El autor.*

Dentro del complemento se encuentra la herramienta para etiquetar los nudos en el plano de trabajo, para lo que se tiene que seguir los siguientes pasos:

Seleccionar el botón *Entidades* del grupo *Conexión con AutoCAD®* con lo que se obtendrá el siguiente recuadro:

**Figura 18** Recuadro de entidades para AutoCAD®.

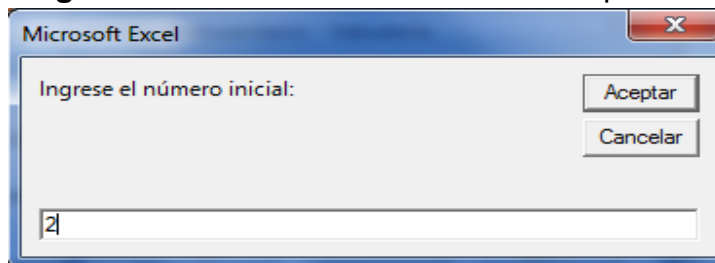


**Elaboración:** *El autor.*



Para el objetivo se escogerá el botón identificado con números, los restantes se los detallará en su momento. Otra opción importante es el seleccionable *Activar alternancia Excel-AutoCAD* que permite automatizar la minimización y maximización de las ventanas de los programas señalados, y el cuadro de *Altura* donde se puede variar la escala de la entidad a dibujar en el plano de trabajo. Al seleccionar el botón con los números se abre un cuadro de entrada que permite escoger el número del nudo inicial a ubicar en el plano de trabajo:

**Figura 19** Número de nudo inicial de etiquetado.



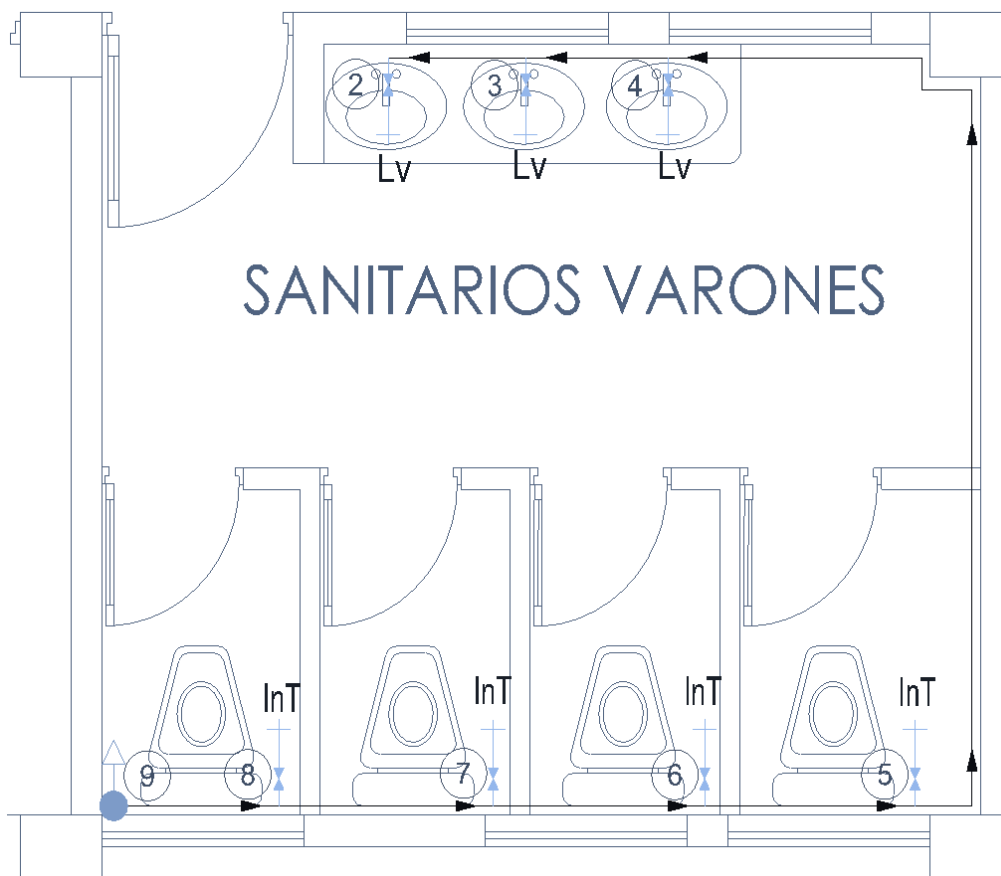
**Elaboración:** *El autor.*

Los nudos se los seleccionan en los puntos de variación de caudal, en orden inverso al flujo en la tubería, desde el más lejano hasta el nudo de acometida, aplicando este criterio la Figura 20 quedaría:

Una vez identificados los nudos en el plano de trabajo y los tramos en la hoja de cálculo, el próximo paso es asignar los consumos de cada tramo, para lo cual se debe ejecutar el botón Muebles Sanitarios de grupo Unidades de Suministro y definirlos en el recuadro Unidades de Suministro (ver **Figura 21**).

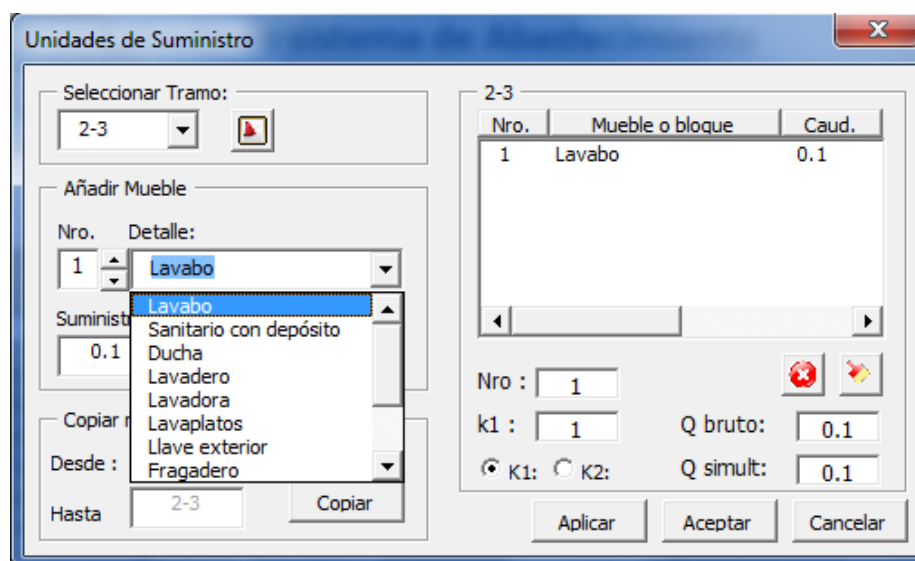


Figura 20 Identificación de nudos en plano de trabajo.



Elaboración: El autor.

Figura 21 Recuadro unidades de suministro.



Elaboración: El autor.

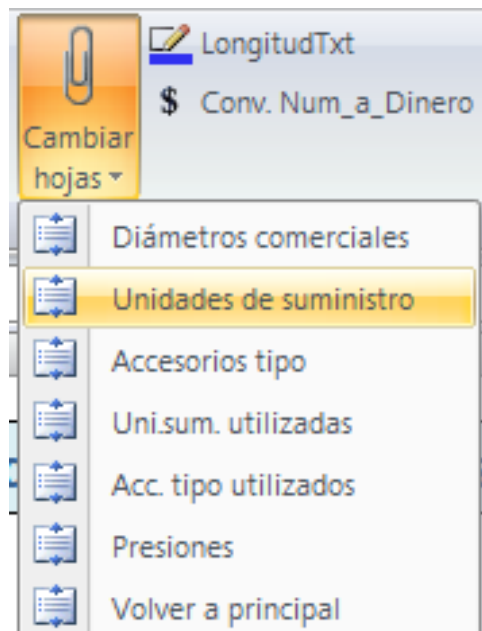


El procedimiento para asignar los consumos a un tramo es el siguiente (siguiendo el ejemplo de la **Figura 20**):

- Primeramente se debe seleccionar el tramo.
- Luego el número y tipo(s) de mueble(s).
- Seleccionar el coeficiente de simultaneidad, K1 entre aparatos y K2 entre grupos de consumos (*ver más adelante*).
- Aplicar y repetir el proceso para los tramos siguientes (acumulando los muebles sanitarios, ej.: tramo 3-4: 2 lavabos, tramo 4-5: 3 lavabos).
- Aceptar los cambios realizados.

Los consumos por defecto adoptados por el complemento son los establecidos por la normativa española, y se pueden editar en la base de datos de Unidades de Suministro en el grupo *Herramientas* (ver **Figura 22**).

**Figura 22** Grupo Herramientas.



**Elaboración:** *El autor.*



Figura 23 Base de datos Unidades de Suministro.

1	2	1	2
1	Aparato Sanitario	Dotación	
2			
3	Lavabo	0.10	Lavabo
4	Sanitario con depósito	0.10	Sanitario con depósito
5	Ducha	0.20	Ducha
6	Lavadero	0.20	Lavadero
7	Lavadora	0.20	Lavadora
8	Lavaplatos	0.20	Lavaplatos
9	Llave exterior	0.25	Llave exterior
10	Fragadero	0.20	Fragadero
11	Bidet	0.10	Bidet
12	Bañera	0.30	Bañera
13	"Oficce"	0.15	"Oficce"
14	Fluxómetros	2.00	Fluxómetros
15			Nuevo Aparato
16			0.23

Elaboración: El autor.

Los consumos ingresados en el proyecto, se guardan en la base de datos *Unidades de Suministro Utilizadas*, o se pueden editar a través del recuadro *Unidades de Suministro*.

Al ingresar las unidades de suministro, se dimensiona la red automáticamente, con lo que se cumple una parte de la solución:

Figura 24 Tabla de cálculo con diseño de diámetros.

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
Tramo	Unidades Totales	Caudal bruto [lt/s]	Coef. simul.	Caudal Simult.[l/s]	Velocidad [m/s]	Fricción C	J [m/m]	Diámetro [mm]
-1								
2-3	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.2
3-4	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.2
4-5	3.000	0.300	0.761	0.30	2.192	0.0001	0.353	13.2
5-6	4.000	0.400	0.640	0.40	1.722	0.0001	0.166	17.2
6-7	5.000	0.500	0.568	0.50	2.152	0.0001	0.246	17.2
7-8	6.000	0.600	0.518	0.60	1.550	0.0001	0.101	22.2
8-9	7.000	0.700	0.482	0.70	1.808	0.0001	0.132	22.2

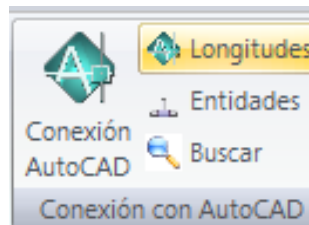
Elaboración: El autor.



Para seguir con el diseño de la red de tuberías se debe determinar las pérdidas de energía y las presiones residuales en los nudos de la red, ingresando primeramente la longitud de los tramos de tubería.

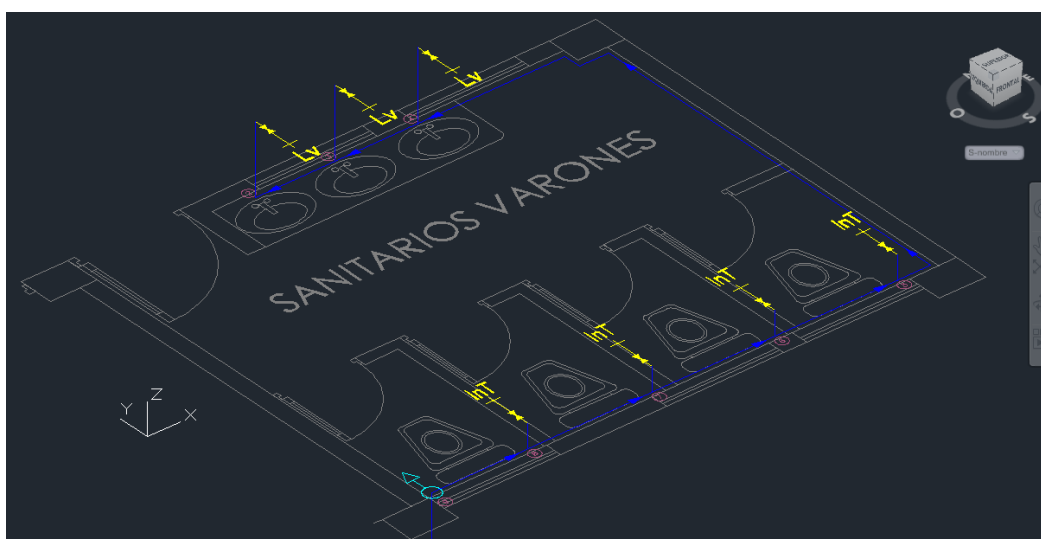
El ingreso de longitudes horizontales y verticales se lo puede hacer de manera manual en las columnas 10 y 11 respectivamente, o utilizar las herramientas del grupo Conexión con AutoCAD® (**Figura 25**), por lo que se debe disponer del plano de trabajo en un documento activo de AutoCAD con el trazado de las tuberías en escala real, y en tres dimensiones (**Figura 26**).

**Figura 25** Grupo Conexión con AutoCAD®.



**Elaboración:** *El autor.*

**Figura 26** Plano de trabajo modelado en 3 dimensiones en el programa AutoCAD®.

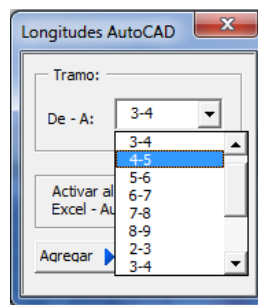


**Elaboración:** *El autor.*



Al presionar el botón *Longitudes* del grupo *Conexión con AutoCAD* (**Figura 23**), aparece el recuadro que nos permite escoger el tramo al cual ingresar las longitudes, como lo muestra la Figura 27, donde se selecciona el tramo 4-5 como ejemplo.

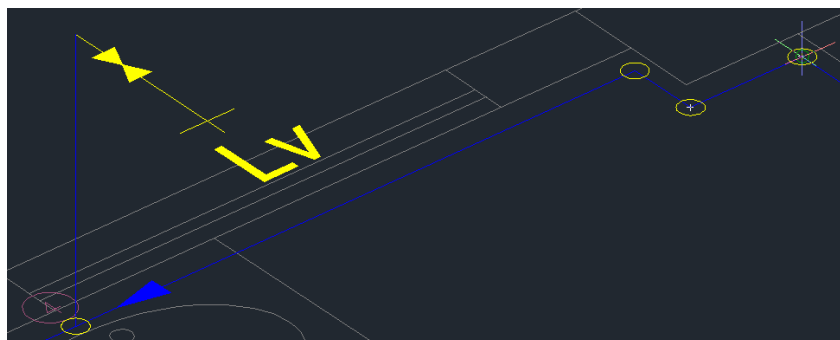
**Figura 27** Recuadro de ingreso de longitudes desde AutoCAD®.



**Elaboración:** *El autor.*

Luego de seleccionar el tramo presionar el botón *Agregar* y automáticamente pasará a primer plano el programa AutoCAD®, con el primer nudo del tramo maximizado en la vista de la pantalla, donde se debe pinchar los vértices de la tubería.

**Figura 28** Recuadro de ingreso de longitudes desde AutoCAD®.



**Elaboración:** *El autor.*



Para determinar las pérdidas localizadas o accidentales se debe hacer el inventario de los accesorios presentes en cada tramo, para lo que se dispone del recuadro *Longitud Equivalente*, del grupo *Accesorios*.

La mecánica de ingreso de datos es similar que en el caso de las unidades de suministro, se dispone de base de datos por defecto y de base de datos de accesorios utilizados en el proyecto.

**Figura 29** Recuadro de longitudes equivalentes.

Nro	Accesorio	C	K1	K2
2	Codo radio largo 90°	150	0.52	0.04
1	Tee paso de lado y salida bilateral	150	1.56	0.37

**Elaboración:** *El autor.*

En la Figura 30 se puede observar los coeficientes de los accesorios más comunes en una red de tuberías, en caso de necesitar accesorios diferentes, se los deberá ingresar con sus respectivos coeficientes.

Una vez ingresados todos los accesorios ya se puede calcular las pérdidas de carga en los tramos y la presión a inyectar en el punto inicial para asegurar el correcto desenvolvimiento del sistema, así como la ruta al aparato más crítico presionando el botón recalcular. Figura 31.



Figura 30 Base de datos coeficientes de accesorios más comunes.

	1	2	3
1	ACCESORIO	COEF K1	COEF K2
2	Codo radio largo 90°	0.52	0.04
3	Codo radio medio 90°	0.67	0.09
4	Codo radio corto 90°	0.76	0.17
5	Codo 45°	0.38	0.02
6	Curva 90° R/D: 1.5	0.3	0.04
7	Curva 90° R/D: 1	0.39	0.11
8	Curva 45°	0.18	0.06
9	Entrada Normal	0.46	-0.08
10	Entrada de borda	0.77	-0.04
11	Válvula de compuerta abierta	0.17	0.03
12	Válvula de globo abierta	8.44	0.5
13	Válvula de ángulo abierta	4.27	0.25
14	Tee paso directo normal	0.53	0.04
15	Tee paso de lado y salida Diagonal	1.56	0.37
16	Tee paso directo con reducción	0.56	0.33
17	Válvula de pie con coladera	6.38	0.4
18	Salida de la tubería	0.77	0.04
19	Válvula de retención tipo liviano	2	0.2
20	Válvula de retención tipo pesado	3.2	0.03
21	Reducción	0.15	0.01
22	Ampliación	0.31	0.01
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			

Elaboración: El autor.

Figura 31 Botón Recalcular y resultados del cálculo de presiones necesarias.

	[14]	[15]	[16]	
	HV	J	Presión	
	m.c.a	m.c.a	m.c.a	
			10	RC
	0.027	0.117	10.744	RC
	0.109	0.194	11.048	RC
	0.245	2.285	13.577	RC
	0.151	0.260	13.988	RC
	0.236	0.386	14.610	RC
	0.122	0.173	14.905	RC
	0.167	0.503	18.575	RC

Rta: 18.575 m.c.a.

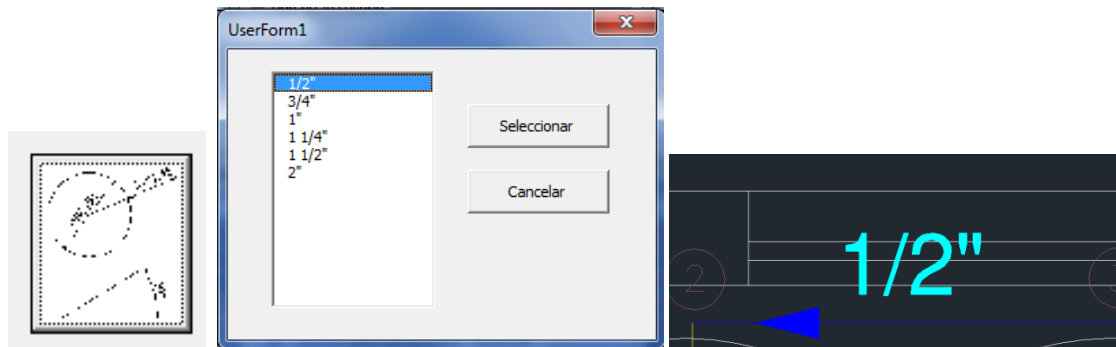
Elaboración: El autor.



Para una mejor presentación en el plano de trabajo se podrá utilizar el menú de entidades, en donde se disponen los siguientes botones para la generación de su respectiva entidad:

El siguiente botón (Figura 32) escribe los diámetros en las tuberías:

Figura 32 Recuadro Diámetros Comerciales.



Elaboración: El autor.

La descripción y resultado de los siguientes botones se resume en el siguiente Cuadro 22:

Cuadro 22 Botones del recuadro Entidades.

Botón	Descripción	Resultados
	Dibuja el accesorio tipo tee.	
	Dibuja el accesorio tipo codo.	
	Dibuja el accesorio tipo válvula.	

(continúa)...



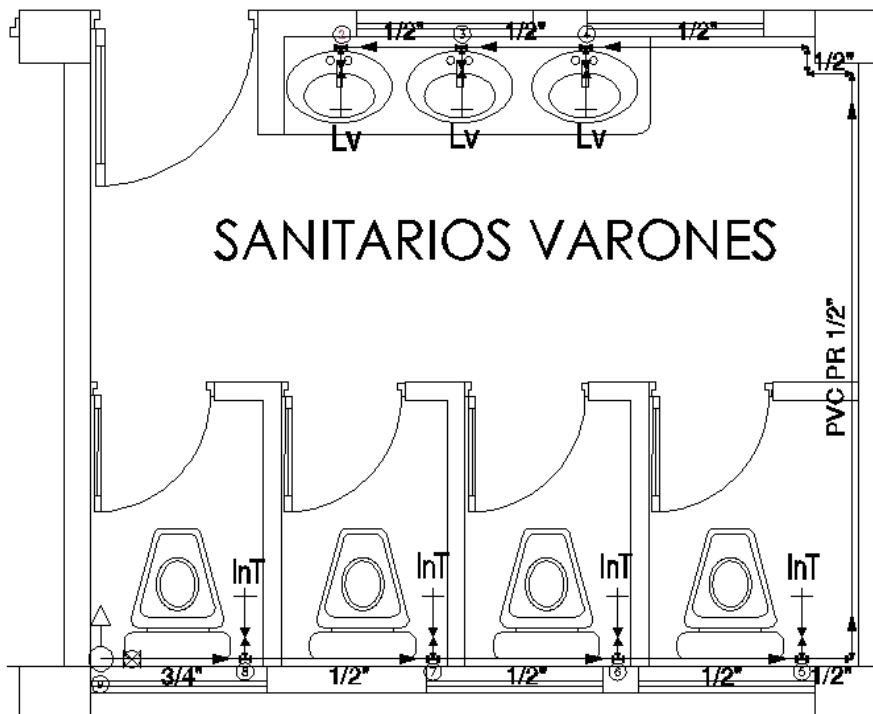
(continuación)...

	<p>Como se señaló anteriormente, etiqueta los nudos de la red de tuberías.</p>	
--	--	--

Elaboración: *El autor.*

Utilizando las herramientas en el ejemplo se obtiene el siguiente resultado  
Figura 33:

**Figura 33** Botón Recalcular y resultados del cálculo de presiones necesarias.



Elaboración: *El autor.*



Finalmente el botón Exportar PDF® presenta la tabla de cálculo en un formato con mejor calidad de presentación.



## 6. PRESUPUESTO REFERENCIAL.

El presupuesto para la red ha sido calculado para los materiales resultantes del diseño descrito en el capítulo 4 y se lo puede observar en los planos de detalle.

El presupuesto total se resume en el siguiente cuadro, donde se describen sus componentes.

**Cuadro 23** Presupuesto referencial del proyecto.

DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL
TANQUE DE RESERVA	11 469.90
RED EXTERNA DE ABASTECIMIENTO	935.33
RED CONTRA INCENDIOS	11 332.16
CISTERNA Y ESTACIÓN DE BOMBEO "A"	4 716.17
INSTALACIONES PARA AGUA POTABLE EDIF. ADMINISTRATIVO Y AUDITORIO	1 854.47
CISTERNA Y ESTACIÓN DE BOMBEO "B"	6 923.81
INSTALACIONES PARA AGUA POTABLE BLOQUE DE VARONES Y DE MUJERES	3 934.88
<b>TOTAL</b>	<b>41 166.72</b>

Son: **CUARENTA Y UN MIL CIENTO SESENTA Y SEIS con 72/100 DÓLARES...** no incluye IVA ni porcentaje por costos indirectos.

**Elaboración:** *El autor.*

En el anexo 6.1 se detalla los rubros que integran cada componente y el análisis de precios unitarios de cada uno de ellos en el anexo 6.2 acotando que los precios ofertados corresponden a los valores directos, no se incluyen los costos indirectos. El análisis de precios unitarios consta de materiales y equipos con precios extraídos de la revista 2011 de la Cámara de la



construcción de Loja, y mano de obra con los salarios proporcionados por la Contraloría General del Estado del Ecuador.



## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó los criterios de diseños más ajustados a la realidad del medio y la finalidad del proyecto utilizando como referencia la Norma NEC-11, y el borrador del Reglamento local de construcciones y ornato para el cantón Loja.
- ✓ La cantidad de agua potable necesaria para el correcto funcionamiento del complejo se calculó mediante la dotación local, y los diferentes caudales de abastecimiento a los aparatos sanitarios mediante el método racional o español, que según el estudio “APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PROBABLES INSTANTÁNEOS, EN EDIFICACIONES DE DIFERENTE TIPO”, realizado en Bogotá en el año 2006 por los ingenieros Castro Nelson, Garzón Jorge y Ortiz Rafael, es el método más cercano a los consumos reales en los aparatos sanitarios.
- ✓ Para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías, se utilizaron los métodos de Flamant para diámetros pequeños, y Hazen-Williams para diámetros mayores a 2”, obteniendo un resultado menor de presión necesaria para el funcionamiento de los sistemas, la misma que se ve compensada en la presión residual mínima, lo que evita un sobredimensionamiento de los equipos de presión. El análisis de las fórmulas de cálculo se lo puede observar en el anexo correspondiente.
- ✓ Los software: CYPECAD 2012.a, módulo Instalaciones del edificio, versión de prueba y EpaNET V2.0, facilitan el proceso de diseño y análisis de instalaciones de abastecimiento de agua y sistemas contra incendios en edificios, pero no reemplazan el criterio del técnico.
- ✓ El complemento de Excel®, Diseño Hidráulico, desarrollado mediante el lenguaje de programación VBa (Visual Basic for applications) a lo largo



del trabajo de fin de carrera, cumple a satisfacción con los objetivos propuestos, resaltando que es una herramienta que ayuda a agilizar los procesos, pero al igual que todos los software de diseño y análisis, no reemplaza el criterio que debe tener un buen diseñador. Entre otras ventajas del complemento esta la total interacción del usuario, interfaz gráfica intuitiva, enlace directo con el plano en AutoCAD®, diseño de la red, cálculo de pérdidas de carga mediante las fórmulas de Darcy-Weisbach, Hazen-Williams y Flamant.

- ✓ Del presente proyecto se pone a disposición los cálculos y dimensionamiento de la red de tuberías, los planos de trabajo, memoria técnica y presupuesto general del “CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL LOJA”
- ✓ El proyecto beneficiará a 350 personas aproximadamente, entre los cuales se encuentran niños y jóvenes de condiciones vulnerables, por lo que su ejecución debe ser considerada como una prioridad.

## **7.2. RECOMENDACIONES**

Finalizado el trabajo de fin de carrera se recomienda lo siguiente:

- ✓ En todo proyecto de extensión en el cual intervengan varios frentes de diseño, se debe tener muy en cuenta la comunicación entre ellos, ya que el producto integral se puede ver afectado en alguna de sus partes.
- ✓ Se debe estudiar una propuesta de red de abastecimiento (acometida) que se adapte a los diseños presentados en este trabajo de fin de carrera, para asegurar un correcto desempeño de las redes internas.
- ✓ Los diseños arquitectónicos como distribución de espacios, niveles de plantas estética de un proyecto deben de ser analizadas en su posibilidad conjuntamente con los encargados de los diseños técnicos,



ya que inciden directamente en los costos de las obras que integran el proyecto.

- ✓ Las alternativas de diseño de un sistema de abastecimiento de agua en edificaciones pueden ser varias, pero se debe tener en cuenta la disponibilidad de recursos del beneficiario, y la mano de obra local entre otros criterios, para seleccionar un diseño óptimo.
- ✓ Para asegurar la vida útil del sistema se debe cumplir con las especificaciones señaladas en los diseños, respetando las características físicas de los elementos que conforman las redes y los depósitos, y en caso de no disponer de estos elementos, reemplazarlos con sus equivalentes comerciales.
- ✓ Las investigaciones en la rama de la hidráulica en edificaciones, al igual que en todo campo investigativo, son perfectibles y se actualizan todo el tiempo, por lo que se debe investigar los métodos más recientes de cálculo, no sin antes hacer un análisis de la compatibilidad de dichos métodos con el medio de implantación.
- ✓ Los software de diseño y análisis de de redes son una herramienta de aporte muy eficaz en la ingeniería, siempre y cuando se los maneje de forma adecuada.
- ✓ El complemento de Excel® presentado en este trabajo de fin de carrera es un modelo inicial de lo que se puede convertir en una software de cálculo de redes de abastecimiento en edificaciones, por lo que se recomienda proponer temas de investigación relacionados a este rama.
- ✓ Al mencionado complemento se le pueden añadir mejoras por parte de los usuarios, por lo que se comparte el código de programación, dejándolo como un software de código abierto.



## 8. BIBLIOGRAFÍA

- PÉREZ CARMONA Rafael. 2005. “AGUA, DESAGÜES Y GAS PARA EDIFICACIONES”. 5ª.ed. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- SILVA Milton. 1996. “INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS EN EDIFICIOS”.
- SALDARRIAGA Juan. 2007. “HIDRÁULICA DE TUBERÍAS, ABASTECIMIENTO DE AGUA, REDES, RIEGO”. Alfaomega Bogotá, D.C.
- MATAIX Claudio. 1982. “MECÁNICA DE FLUIDOS Y MÁQUINAS HIDRÁULICAS”. Segunda edición. Editorial Harla-México
- “REGLAMENTO LOCAL DE CONSTRUCCIONES Y ORNATO PARA EL CANTÓN LOJA” (borrador). 2007.
- “NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN” (NEC-11), Capítulo 16: Norma hidrosanitaria NHE agua. 2011.
- CASTRO Nelson, GARZÓN Jorge, ORTIZ Rafael; “APLICACIÓN DE MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PROBABLES INSTANTÁNEOS, EN EDIFICACIONES DE DIFERENTE TIPO”; VI SEREA – Seminario Iberoamericano sobre Abastecimiento Urbano de Agua Joao Pessoa (Brasil), 5 a 7 de junio de 2006.
- Cámara de la Construcción de Loja, “REVISTA TÉCNICA N°36”, noviembre 2011.
- TAJADURA José, LÓPEZ Javier. 2006. “AUTOCAD 2006/2007 AVANZADO”. McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U.
- CHARTE Francisco. 2011. “PROGRAMACIÓN CON VISUAL BASIC 2010”. Ediciones Anaya Multimedia.



- JALEN Bill, SYRSTAD Tracy. 2010. "EXCEL MACROS Y VBA". Ediciones Anaya Multimedia.
- WALKENBACH Jhon. 2011. "EXCEL 2010 PROGRAMACIÓN CON VBA". Ediciones Anaya Multimedia.
- DE BRUIN Ron, Excel Automation, <http://www.rondebruin.nl/>.
- PLASTIGAMA, Tuberías y accesorios, <http://sitio.plastigama.com/>.



# ANEXOS





## **ANEXOS**

**Anexo 1.-** Cálculo de volúmenes y depósitos.

**Anexo 2.-** Cálculo Selección del método de cálculo pérdidas de carga por fricción.

**Anexo 3.-** Cálculo del sistema de abastecimiento.

*Anexo 3.1 Cálculo del sistema de abastecimiento para el edificio administrativo y auditorio.*

*Anexo 3.2 Cálculo del sistema de abastecimiento bloque de varones y de mujeres.*

**Anexo 4.-** Cálculo de sistema de bombeo para el edificio administrativo y auditorio.

**Anexo 5.-** Cálculo de sistema de bombeo para bloque de varones y de mujeres.

**Anexo 6.-** Cálculo de sistema contra incendios.

**Anexo 7.-** Presupuesto General.

**Anexo 8.-** Planos.

**Plano N° 1:** *Implantación general del proyecto.*

**Plano N° 2:** *Distribución de sistemas en el subsuelo del edificio administrativo.*

**Plano N° 3:** *Distribución de sistemas en planta baja del edificio administrativo.*

**Plano N° 4:** *Distribución de sistemas en 1ra planta alta del edificio administrativo.*

**Plano N° 5:** *Distribución de sistemas en 2da planta alta del edificio administrativo.*

**Plano N° 6:** *Distribución de sistemas en sala de uso múltiple.*

**Plano N° 7:** *Axonometría edificio administrativo y sala de uso múltiple.*

**Plano N° 8:** *Distribución de sistemas en planta baja bloque de varones.*

**Plano N° 9:** *Distribución de sistemas en 1ra planta de bloque de varones.*

**Plano N° 10:** *Distribución de sistemas en 2da planta de bloque de varones.*

**Plano N° 11:** *Axonometría bloque de varones.*

**Plano N° 12:** *Distribución de sistemas en planta baja bloque de mujeres.*

**Plano N° 13:** *Distribución de sistemas en 1ra planta de bloque de mujeres.*

**Plano N° 14:** *Distribución de sistemas en 2da planta de bloque de mujeres.*

**Plano N° 15:** *Axonometría bloque de mujeres.*

**Plano N° 16:** *Estación de bombeo "A".*

**Plano N° 17:** *Estación de bombeo "B".*

**Plano N° 18:** *Tanque de reserva.*

**Plano N° 19:** *Detalles estructurales de tanque de reserva 30 m<sup>3</sup>.*

**Plano N° 20:** *Detalles constructivos de tanque de reserva 30 m<sup>3</sup>.*





# **Anexo 1**

Cálculo de volúmenes y depósitos.



## Cálculo de volúmenes y depósitos

### Volúmenes de diseño.

Para el cálculo de volúmenes se determinó los consumos máximos probables de los sistemas que lo componen:

### Volumen de diseño para el edificio administrativo y auditorio

Según las dotaciones de diseño y el número de habitantes se determinó:

CLASIFICACIÓN	Dot(litros)	UNIDAD (por día)	Núm.	litros/día
Vivienda	250	Habitantes por día	4	1000
Flotante	4	Habitantes por día	50	200
Oficinas	90	Habitantes por día	8	720
Auditorios(NEC-16)	4	Asistente	20	80
Restaurantes	12	comida/día	70	840

$$\text{Volumen de reserva} = 1000 + 200 + 720 + 80 + 840 = 2840 \text{ l} = 2.84 \text{ m}^3$$

### Volumen de diseño para bloques de varones y mujeres

Para los bloques de varones y mujeres se determinó las siguientes poblaciones:

CLASIFICACION	LITROS	UNIDAD (por día)	Num	Dot(l/hab/dia)
Universidades	40	Estudiantes por día	140	5600
Internados	200	Personas por día	60	12000

$$\text{Caudal medio diario} = 5600 + 12000 = 17600 \text{ l} = 17.60 \text{ m}^3$$

Los bloques tienen una capacidad máxima de 200 estudiantes y 60 de ellos estarán en condición de internados.

### Volumen de diseño para sistema contra incendios.

Se considera que el depósito de reserva contra incendios debe tener un volumen mínimo que permita suministrar un caudal de 6.3 l/s durante 30 min.

$$V_i = \text{dot} * t$$

$$V_i = 6.3 \frac{\text{l}}{\text{s}} \times 30 \text{ min} \times 60 \frac{\text{s}}{\text{min}} \times 1 \frac{\text{m}^3}{\text{l}} = 11.34 \text{ m}^3$$

## Dimensionamiento de depósitos

Se diseñó un sistema de depósitos que permita asegurar la cantidad de agua para abastecer los sistemas de agua potable y los gabinetes contra incendio así como la calidad para el consumo humano.

Debido a la distribución arquitectónica y al diseño estructural de las edificaciones, se condicionaron las dimensiones de las cisternas, por lo que se optó por ubicar un tanque reservorio externo para almacenar el equivalente al consumo máximo diario del proyecto más el volumen contra incendios.

El tanque de reserva abastecerá a las cisternas de bombeo.

### Dimensionamiento de tanque de reserva

El tanque de reserva se diseñó para almacenar el volumen total del proyecto y un tiempo de 24 horas.

Volumen total de reserva		
Volumen edificio administrativo y auditorio	2.84	m <sup>3</sup>
Volumen bloque de varones y de mujeres	17.60	m <sup>3</sup>
Volumen contra incendios	11.34	m <sup>3</sup>

$$\text{Caudal medio diario} = 2.84 + 17.6 + 11.34 = 31.78 \text{ l} = 31.7 \text{ m}^3$$

$$\text{Caudal adoptado} = 30.0 \text{ m}^3 \quad (\text{para asegurar la calidad del agua})$$

El tanque de reserva se diseñó en ferro-cemento con sección circular (*Ver cálculo al final de este anexo*), y su ubicación y especificaciones constructivas se pueden observar en los planos N° 15 y 16.

### Dimensionamiento de cisterna para edificio administrativo y auditorio (Cisterna A)

La cisterna alimentará la estación de bombeo para el sistema de agua potable, con un volumen equivalente a la dotación de consumo para 12h.

$$\text{Volumen de diseño } V_c = 2.84 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times 12h \times \frac{1\text{día}}{24h} = 1.42\text{m}^3$$

Dimensiones de la cisterna		
largo:	1.5	m
ancho:	1.5	m
profundidad:	0.7	m

Los detalles constructivos se detallan en el plano N°13.

### Dimensionamiento de cisterna para bloque de varones y mujeres (Cisterna B)

La cisterna alimentará la estación de bombeo para el sistema de agua potable para el edificio de varones y de mujeres, con un volumen equivalente a la dotación de consumo para 8h.

$$\text{Volumen de diseño } V_c = 17.6 \frac{m^3}{\text{día}} \times 8h \times \frac{1\text{día}}{24h} = 5.67 m^3$$

Dimensiones de la cisterna		
largo:	1.4	m
ancho:	3.5	m
profundidad:	1.2	m

Los detalles constructivos se detallan en el plano N°14.

### Dimensionamiento de tirante de reserva contra incendios

La estación de bombeo contra incendios se encuentra ubicada en la caseta de control del tanque de reserva, para aprovechar la altura geométrica y el tanque como reserva para el sistema, por lo que se diseño el almacenamiento contra incendios en el mismo tanque, determinándose un tirante para reserva contra incendios.

$$\text{Área del depósito } A_d = \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{3.14 \times 4.16^2}{4} = 13.6 m^2$$

$$\text{Altura de tirante contra incendios } V_i = A_d \times h_i \rightarrow h_i = \frac{V_i}{A_d} = \frac{11.34}{13.6} = 0.83 \cong 0.85 m$$

### Cálculo de red de abastecimiento externa

Las pérdidas de la red externa de abastecimiento se calcularon mediante la fórmula de Hazen-Williams, las tuberías y accesorios serán de PVC con un coeficiente de rugosidad para la fórmula de Hazen de  $C = 150$ .

En el siguiente cuadro se resumen los cálculos del dimensionamiento de la red.

Punto o Tramo	Diam [mm]	Caudal [l/s]	Veloc. [m/s]	Fricción C	J [m/m]	LONG (m)	LONG EQUI (m)	LONG TOTAL (m)	Nivel (m)	J	Presion
										m.c.a	m.c.a
RE4									1.850		
RE4-RE3	48	1.64	0.906	150	0.018	4.150	10.951	15.101	0.000	0.275	1.575
RE3-RE1	37.4	1.24	1.129	150	0.037	63.698	9.298	76.396	-3.400	2.796	2.178
RE3-RE2	28.6	0.40	0.623	150	0.017	31.763	5.386	37.149	0.000	0.618	0.956

Se adoptan los diámetros derivados del cálculo. El trazado de la red se muestra en el plano N°1.

### **Cálculo de tubería de alimentación de tanque de reserva**

Se empleará tubería PVC con un coeficiente de Hazen-Williams de  $C = 150$ , una velocidad cercana a  $1.5 \text{ m/s}$ , y un caudal que permita almacenar el volumen máximo diario en un tiempo de  $6\text{h}$ .

$$\text{Volumen (Vol)} = 30 \text{ m}^3$$

$$\text{Tiempo (t)} = 8\text{h} = 28800\text{s}$$

$$\text{Caudal de diseño } Q_d = \frac{\text{Vol}}{t} = \frac{30}{28800} = 0.001041667 \text{ m}^3/\text{s} = 1.042 \text{ l/s}$$

#### **Diámetro de tubería:**

Velocidad de diseño:  $1.5 \text{ m/s}$

$$Q = A \times V = \frac{\pi \times D^2}{4} \times V$$

$$D = \sqrt{\frac{Q \times 4}{\pi \times V}} = \sqrt{\frac{0.00104 \times 4}{\pi \times 1.5}} = 0.0297 \text{ m} \quad \text{Diámetro comercial adoptado} = 0.0286 \text{ m}$$

Comprobación de velocidad:

$$Q = A \times V$$

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = \frac{4 \times 0.00104}{\pi \times 0.0286^2} = 1.62 \text{ m/s} \quad \text{Se aprueba el diámetro comercial de } 1 \frac{1}{4}''$$



# **Anexo 2**

Selección del método de cálculo para  
pérdidas de carga por fricción.

## SELECCIÓN DE MÉTODO DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS

Para seleccionar el método más conveniente en el proyecto descrito en este trabajo de fin de carrera, se recopiló diferentes criterios que algunos autores recomiendan aplicar para entornos similares a la zona de implantación del proyecto.

Se analizaron los resultados de tres fórmulas para el cálculo de pérdidas descritas en el marco teórico. El resumen se describe en el siguiente cuadro:

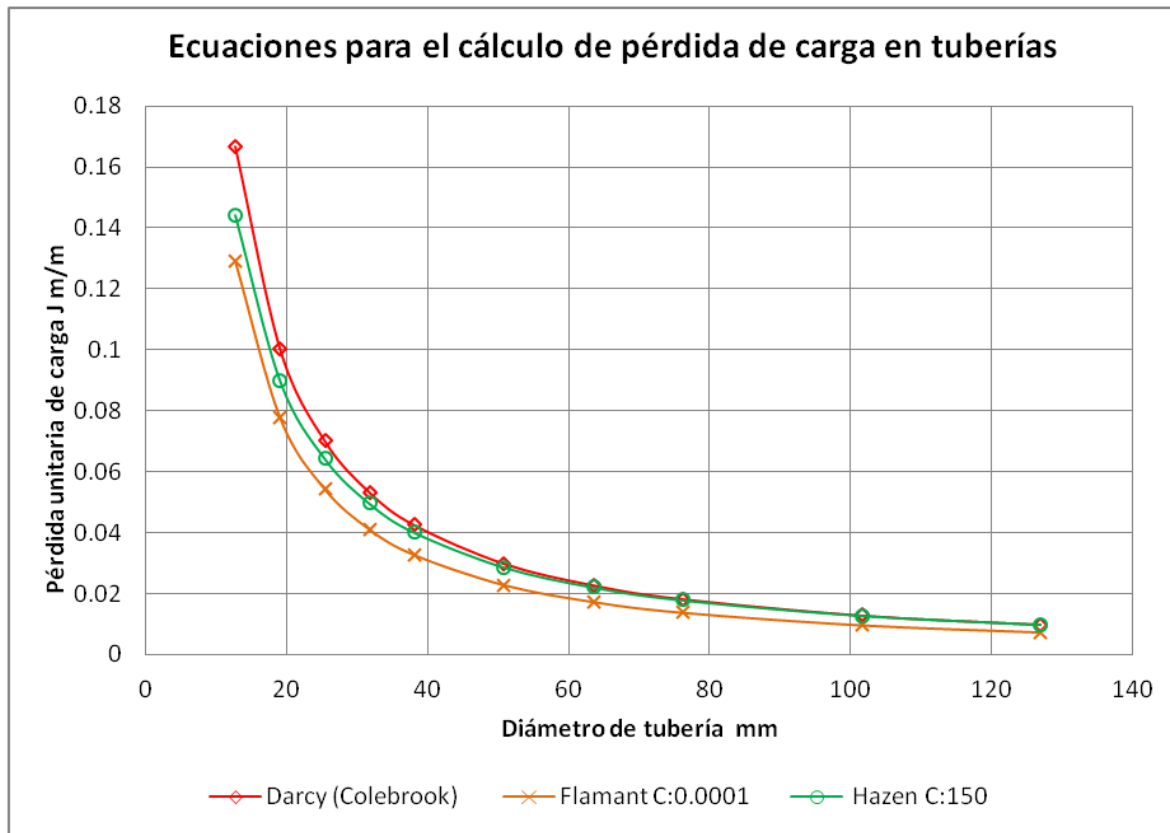
**Cuadro Nro. 23** Resumen cálculo de pérdida de carga.

		PÉRDIDA UNITARIA DE CARGA m/m		
Caudal l/s	Diámetro mm	Darcy f:Colebrook	Flamant C:0.0001	Hazen C:150
0.1520	12.7	0.167	0.129	0.144
0.3420	19.05	0.100	0.078	0.090
0.6080	25.4	0.070	0.054	0.064
0.9501	31.75	0.053	0.041	0.050
1.3681	38.1	0.043	0.033	0.040
2.4322	50.8	0.030	0.023	0.029
3.8003	63.5	0.023	0.017	0.022
5.4724	76.2	0.018	0.014	0.018
9.7288	101.6	0.013	0.010	0.013
15.2012	127	0.010	0.007	0.010

**Nota:** Se adoptaron los caudales de tal forma que en todos los cálculos se provea una velocidad de 1.2 m/s, para emparejar las características del flujo.

**Elaboración:** *El autor.*

En la siguiente gráfica se puede observar la diferencia en los resultados del cálculo de pérdidas según el diámetro de la tubería y la fórmula empleada.



De la gráfica Fig. 33 se puede deducir que el método con resultados más altos es el de Darcy-Weisbach, seguido por la fórmula de Hazen-Williams y que el método de Flamant nos da resultados más bajos, lo que significa que es el más conservador, y a su vez con diseños más económicos.

Para los sistemas de tuberías del proyecto se obtuvieron las presiones residuales descritas en el Cuadro Nro. 24:

Administrativo-Sala de uso múltiple		Bloque varones-Bloque mujeres	
Método	Presión residual m.c.a.	Método	Presión residual m.c.a.
Darcy	39.945	Darcy	30.381
Flamant	33.159	Flamant	28.463
H-W	37.405	H-W	30.012
Flamant-Hazen	33.159	Flamant-Hazen	28.516

**Elaboración:** *El autor.*

Tomando las recomendaciones: "...para el caso de instalaciones sanitarias en edificios, en las cuales predominan diámetros de pequeña magnitud, se ha desarrollado la fórmula de Flamant, de amplia aplicación en el campo;..."<sup>1</sup> y "la fórmula de Flamant ha sido la más comúnmente adaptada para tuberías de pequeño diámetro, de acero, cobre, hierro galvanizado y PVC... y ...Otra fórmula de uso cotidiano empleada para diámetros de dos pulgadas (2") en adelante, fue desarrollada empíricamente por los investigadores Hazen y Williams y aplica para agua de 15°C,..."<sup>2</sup> se adoptó para el proyecto la fórmula de Flamant para diámetros menores a 2", y Hazen Williams para mayores o iguales a 2".

---

<sup>1</sup> SILVA Milton, Instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificios, 1996; pág. 34.

<sup>2</sup> PÉREZ Rafael, Agua desagües y gas para edificaciones, 2005, pág. 47



# **Anexo 3**

Cálculo del sistema de abastecimiento.



# **Anexo 3.1**

Cálculo del sistema de abastecimiento  
para el edificio administrativo y  
auditorio.

## Cálculo de sistema de Abastecimiento

**Proyecto:** Centro de Formación y Capacitación Don Bosco  
**Edificación:** Administrativo - Sala de uso múltiple  
**Dirección:** Barrio Punzara Bajo

**Fecha:** lunes, 27 de febrero de 2012  
**Observaciones:** Para detalles de cálculo referirse a memoria técnica

**Tipo de Tubería:** PVC PR.  
**Cálculo:** Universidad Técnica Particular de Loja  
**Tipo de Sistema:** Abastecimiento a Presión

Punto o Tramo	Unidades Totales	Caudal bruto [lt/s]	Coef. simul.	Caudal Simult.[l/s]	Velocidad [m/s]	Fricción C	J [m/m]	Diámetro [mm.]	LONGITUD DE LA TUBERIA (m)		Accesorios Long. Equi.	Total	HV m.c.a	J m.c.a	Presión m.c.a	
									Horizontal	Vertical						
-1																10
1-2	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	1.621	2.000	0.619	4.240	0.109	0.736	12.845	
2-3	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	5.606	0.000	2.078	7.684	0.085	0.772	13.702	
4-5	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.964	0.500	0.619	2.083	0.109	0.362	10.971	
5-6	2.000	0.400	1.000	0.40	1.722	0.0001	0.166	17.20	0.794	0.000	0.264	1.058	0.151	0.176	11.298	
6-3	3.000	0.600	0.761	0.46	1.181	0.0001	0.062	22.20	0.450	0.000	0.451	0.901	0.071	0.056	11.425	
3-9	5.000	0.900	0.568	0.51	1.320	0.0001	0.076	22.20	0.147	0.000	0.333	0.480	0.089	0.036	13.827	
7-8	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	1.602	2.000	0.619	4.221	0.109	0.733	12.842	
8-9	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	1.265	0.000	1.299	2.564	0.085	0.258	13.185	
9-10	7.000	1.200	0.482	0.58	1.496	0.0001	0.094	22.20	7.910	0.000	0.988	8.898	0.114	0.840	14.782	
11-12	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	1.734	2.000	0.619	4.353	0.109	0.756	12.865	
12-15	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	3.083	0.000	1.299	4.382	0.085	0.440	13.390	
13-14	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	1.560	2.000	0.619	4.179	0.109	0.726	12.835	
14-15	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	0.958	0.000	0.360	1.318	0.085	0.132	13.052	
15-10	4.000	0.600	0.640	0.38	1.653	0.0001	0.155	17.20	3.982	0.000	0.783	4.765	0.139	0.737	14.266	
10-34	11.000	1.800	0.398	0.72	1.115	0.0001	0.041	28.60	0.760	2.500	0.000	3.260	0.063	0.134	17.479	
16-17	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	1.128	2.000	0.619	3.747	0.109	0.651	12.760	
17-18	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	0.445	0.000	0.264	0.709	0.085	0.071	12.916	
18-25	3.000	0.400	0.761	0.31	1.313	0.0001	0.103	17.20	5.754	0.000	2.078	7.832	0.088	0.810	13.813	
19-20	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.825	0.000	0.619	1.444	0.109	0.251	10.360	
20-21	2.000	0.400	1.000	0.40	1.722	0.0001	0.166	17.20	0.794	0.000	0.264	1.058	0.151	0.176	10.687	
21-25	3.000	0.600	0.761	0.46	1.181	0.0001	0.062	22.20	0.461	0.000	0.451	0.912	0.071	0.057	10.815	
25-26	6.000	1.000	0.518	0.52	1.338	0.0001	0.078	22.20	0.147	0.000	0.333	0.480	0.091	0.037	13.942	
22-23	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.383	2.000	0.619	3.002	0.109	0.521	12.630	
23-24	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	1.252	0.000	0.264	1.516	0.085	0.152	12.868	
24-26	3.000	0.400	0.761	0.31	1.313	0.0001	0.103	17.20	1.010	0.000	1.299	2.309	0.088	0.239	13.194	
26-35	9.000	1.400	0.432	0.61	1.563	0.0001	0.102	22.20	4.010	0.000	0.660	4.670	0.125	0.476	14.543	
27-28	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	1.193	2.000	0.619	3.812	0.109	0.662	12.771	
28-29	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	0.487	0.000	0.264	0.751	0.085	0.075	12.931	
29-30	3.000	0.400	0.761	0.31	1.313	0.0001	0.103	17.20	3.037	0.000	1.299	4.336	0.088	0.448	13.467	
31-32	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.413	2.000	0.619	3.032	0.109	0.527	12.636	
32-33	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	1.296	0.000	0.659	7.355	0.085	0.739	13.459	
33-30	3.000	0.400	0.761	0.31	1.313	0.0001	0.103	17.20	0.806	0.000	8.014	8.820	0.088	0.912	14.459	
30-34	6.000	0.800	0.518	0.42	1.786	0.0001	0.177	17.20	4.468	0.000	17.950	22.418	0.163	0.973	17.603	
34-35	13.000	2.000	0.372	0.75	1.160	0.0001	0.044	28.60	3.514	0.000	1.407	4.921	0.069	0.217	17.764	
35-36	15.000	2.200	0.353	0.78	1.208	0.0001	0.047	28.60	3.069	2.790	0.835	6.694	0.074	0.317	20.946	
37-38	1.000	0.100	1.000	0.10	1.313	0.0001	0.052	13.20	0.799	0.650	17.987	19.436	0.027	1.004	11.681	
38-39	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.819	0.000	13.794	14.613	0.109	2.558	14.328	
39-40	3.000	0.300	0.761	0.23	1.666	0.0001	0.218	13.20	3.003	0.000	18.363	21.366	0.141	4.667	19.136	
40-41	4.000	0.400	0.640	0.26	1.102	0.0001	0.076	17.20	1.050	0.000	6.059	7.109	0.062	0.541	19.739	
41-42	5.000	0.500	0.568	0.28	1.222	0.0001	0.091	17.20	0.716	0.000	6.059	6.775	0.076	0.618	20.433	
43-44	1.000	0.150	1.000	0.15	1.096	0.0001	0.105	13.20	0.735	1.080	13.794	15.609	0.061	1.639	12.780	
44-42	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	2.111	0.000	18.002	20.113	0.085	2.020	14.885	

## Cálculo de sistema de Abastecimiento

**Proyecto:** Centro de Formación y Capacitación Don Bosco  
**Edificación:** Administrativo - Sala de uso múltiple  
**Dirección:** Barrio Punzara Bajo

**Tipo de Tubería:** PVC PR.  
**Cálculo:** Universidad Técnica Particular de Loja  
**Tipo de Sistema:** Abastecimiento a Presión

**Fecha:** lunes, 27 de febrero de 2012  
**Observaciones:** Para detalles de cálculo referirse a memoria técnica

Punto o Tramo	Unidades Totales	Caudal bruto [lt/s]	Coef. simul.	Caudal Simult.[l/s]	Velocidad [m/s]	Fricción C	J [m/m]	Diámetro [mm.]	LONGITUD DE LA TUBERIA (m)		Accesorios		Total	HV m.c.a	J m.c.a	Presión m.c.a
									Horizontal	Vertical	Long. Equi.					
42-45	7.000	0.800	0.482	0.39	1.661	0.0001	0.156	17.20	2.364	0.000	8.014	10.378	0.141	1.620	22.194	
46-47	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.651	0.650	13.794	15.095	0.027	0.779	11.457	
47-48	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	1.169	0.000	4.656	5.825	0.109	1.012	12.577	
48-49	3.000	0.300	0.761	0.23	1.666	0.0001	0.218	13.20	0.965	0.000	4.656	5.621	0.141	1.228	13.947	
49-45	4.000	0.400	0.640	0.26	1.102	0.0001	0.076	17.20	0.060	0.000	19.957	20.017	0.062	1.523	15.531	
45-36	11.000	1.200	0.398	0.48	1.232	0.0001	0.067	22.20	0.257	0.000	23.164	23.421	0.077	1.576	23.847	
36-50	26.000	3.400	0.292	0.99	1.546	0.0001	0.073	28.60	0.000	0.000	3.421	3.421	0.122	0.278	24.746	
51-52	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	2.068	0.280	27.501	29.849	0.027	1.541	11.848	
52-53	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.883	0.000	4.656	5.539	0.109	0.962	12.919	
53-54	3.000	0.300	0.761	0.23	1.666	0.0001	0.218	13.20	0.897	0.000	4.656	5.553	0.141	1.213	14.274	
55-54	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	1.329	0.780	23.010	25.119	0.027	1.297	12.104	
54-56	4.000	0.400	0.640	0.26	1.102	0.0001	0.076	17.20	1.547	0.000	25.902	27.449	0.062	2.089	16.424	
57-59	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.983	0.280	27.579	28.842	0.027	1.489	11.796	
58-59	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	1.057	0.780	23.010	24.847	0.027	1.283	12.090	
59-56	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.100	0.000	6.161	6.261	0.109	1.087	13.286	
56-60	6.000	0.600	0.518	0.31	1.338	0.0001	0.107	17.20	4.825	0.000	17.950	22.775	0.091	2.436	18.952	
61-60	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	1.606	0.780	24.515	26.901	0.109	4.672	15.561	
60-50	7.000	0.800	0.482	0.39	1.661	0.0001	0.156	17.20	0.285	0.000	18.002	18.287	0.141	2.855	21.947	
62-63	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.474	0.780	13.794	15.048	0.027	0.777	11.584	
63-64	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	3.479	0.000	10.730	14.209	0.109	2.468	14.161	
65-66	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	1.065	0.780	13.794	15.639	0.027	0.807	11.615	
66-64	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.267	0.000	19.900	20.167	0.109	3.502	15.226	
64-50	4.000	0.400	0.640	0.26	1.102	0.0001	0.076	17.20	4.356	0.000	18.002	22.358	0.062	1.701	15.924	
50-67	37.000	4.600	0.262	1.21	1.099	0.0001	0.029	37.40	0.000	3.230	1.765	4.995	0.062	0.143	28.181	
68-69	1.000	0.150	1.000	0.15	1.096	0.0001	0.105	13.20	0.687	1.150	13.794	15.631	0.061	1.641	12.852	
69-70	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	0.748	0.000	6.059	6.807	0.085	0.684	13.621	
70-71	3.000	0.450	0.761	0.34	1.476	0.0001	0.127	17.20	1.140	0.000	6.059	7.199	0.111	0.914	14.646	
71-72	4.000	0.550	0.640	0.35	1.515	0.0001	0.133	17.20	1.012	0.000	6.059	7.071	0.117	0.939	15.702	
72-73	5.000	0.650	0.568	0.37	1.588	0.0001	0.144	17.20	0.982	0.000	6.059	7.041	0.129	1.016	16.847	
73-74	6.000	0.750	0.518	0.39	1.674	0.0001	0.158	17.20	3.418	0.000	25.902	29.320	0.143	4.640	21.629	
75-76	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.711	1.000	13.794	15.505	0.027	0.801	11.828	
76-77	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.701	0.000	4.656	5.357	0.109	0.930	12.867	
77-74	3.000	0.300	0.761	0.23	1.666	0.0001	0.218	13.20	1.669	0.000	6.161	7.830	0.141	1.710	14.719	
74-81	9.000	1.050	0.432	0.45	1.173	0.0001	0.062	22.20	0.200	0.000	7.813	8.013	0.070	0.494	22.194	
78-79	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.702	1.000	13.794	15.496	0.027	0.800	11.827	
79-80	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.712	0.000	4.656	5.368	0.109	0.932	12.869	
80-81	3.000	0.300	0.761	0.23	1.666	0.0001	0.218	13.20	3.689	0.000	19.946	23.635	0.141	5.163	18.173	
81-85	12.000	1.350	0.384	0.52	1.341	0.0001	0.078	22.20	2.945	0.000	28.760	31.705	0.092	2.473	24.758	
82-83	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	2.156	0.220	32.070	34.446	0.027	1.779	12.026	
83-84	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.980	0.000	4.656	5.636	0.109	0.979	13.113	
84-85	3.000	0.300	0.761	0.23	1.666	0.0001	0.218	13.20	0.284	0.000	15.377	15.661	0.141	3.421	16.676	
85-86	15.000	1.650	0.353	0.58	1.504	0.0001	0.095	22.20	0.635	-2.880	15.332	18.847	0.115	1.796	23.789	
86-87	15.000	1.650	0.353	0.58	1.504	0.0001	0.095	22.20	0.374	0.000	6.705	7.079	0.115	0.675	24.579	

## Cálculo de sistema de Abastecimiento

**Proyecto:** Centro de Formación y Capacitación Don Bosco  
**Edificación:** Administrativo - Sala de uso múltiple  
**Dirección:** Barrio Punzara Bajo

**Tipo de Tubería:** PVC PR.  
**Cálculo:** Universidad Técnica Particular de Loja  
**Tipo de Sistema:** Abastecimiento a Presión

**Fecha:** lunes, 27 de febrero de 2012  
**Observaciones:** Para detalles de cálculo referirse a memoria técnica

Punto o Tramo	Unidades Totales	Caudal bruto [lt/s]	Coef. simul.	Caudal Simult.[l/s]	Velocidad [m/s]	Fricción C	J [m/m]	Diámetro [mm.]	LONGITUD DE LA TUBERIA (m)		Accesorios Long. Equi.	Total	HV		Presión m.c.a
									Horizontal	Vertical			m.c.a	J	
87-88	15.000	1.650	0.353	0.58	1.504	0.0001	0.095	22.20	28.684	-0.500	39.933	69.117	0.115	6.587	30.781
89-90	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	1.008	0.220	13.794	15.022	0.027	0.776	11.023
90-91	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.995	0.000	4.656	5.651	0.109	0.981	12.113
91-92	3.000	0.300	1.000	0.23	1.666	0.0001	0.218	13.20	1.335	0.000	4.656	5.991	0.141	1.309	13.563
92-93	4.000	0.500	0.640	0.32	1.377	0.0001	0.112	17.20	1.000	0.000	6.059	7.059	0.097	0.794	14.454
93-94	5.000	0.700	0.568	0.40	1.709	0.0001	0.164	17.20	2.701	0.000	12.005	14.706	0.149	2.411	17.014
94-95	6.000	0.850	0.518	0.44	1.139	0.0001	0.059	22.20	0.839	0.000	7.813	8.652	0.066	0.507	17.587
95-96	7.000	1.000	0.482	0.48	1.245	0.0001	0.069	22.20	0.823	0.000	7.813	8.636	0.079	0.592	18.258
96-88	8.000	1.150	0.454	0.52	1.351	0.0001	0.079	22.20	0.202	0.000	33.347	33.549	0.093	2.652	21.003
88-67	23.000	2.800	0.304	0.85	1.325	0.0001	0.056	28.60	0.337	0.000	10.058	10.395	0.089	0.578	31.449
97-98	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.707	0.500	13.794	15.001	0.027	0.775	11.302
98-99	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.719	0.000	4.656	5.375	0.109	0.934	12.344
99-100	3.000	0.300	0.761	0.23	1.666	0.0001	0.218	13.20	0.736	0.000	4.656	5.392	0.141	1.178	13.664
100-101	4.000	0.400	0.640	0.26	1.102	0.0001	0.076	17.20	4.989	0.000	12.005	16.994	0.062	1.293	15.018
102-103	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	1.007	0.220	13.794	15.021	0.027	0.776	11.023
103-104	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.998	0.000	4.656	5.654	0.109	0.982	12.114
104-105	3.000	0.300	0.761	0.23	1.666	0.0001	0.218	13.20	0.815	0.000	4.656	5.471	0.141	1.195	13.450
105-101	4.000	0.500	0.640	0.32	1.377	0.0001	0.112	17.20	0.495	0.000	18.002	18.497	0.097	2.080	15.627
101-112	8.000	0.900	0.454	0.41	1.760	0.0001	0.173	17.20	0.457	0.000	8.014	8.471	0.158	1.463	16.640
106-107	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.678	5.000	13.794	19.472	0.027	1.005	16.033
107-108	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.786	0.000	4.656	5.442	0.109	0.945	17.087
108-109	3.000	0.300	0.761	0.23	1.666	0.0001	0.218	13.20	1.144	0.000	4.656	5.800	0.141	1.267	18.495
109-110	4.000	0.400	0.640	0.26	1.102	0.0001	0.076	17.20	0.709	0.000	6.059	6.768	0.062	0.515	19.072
110-111	5.000	0.500	0.568	0.28	1.222	0.0001	0.091	17.20	0.941	0.000	17.950	18.891	0.076	1.724	20.872
111-112	6.000	0.600	0.518	0.31	1.338	0.0001	0.107	17.20	0.651	0.000	25.902	26.553	0.091	2.840	23.803
112-67	14.000	1.500	0.362	0.54	1.403	0.0001	0.084	22.20	2.864	0.000	23.164	26.028	0.100	2.197	26.100
67-HN	74.000	8.900	0.219	1.95	1.772	0.0001	0.066	37.40	2.685	1.100	3.017	6.802	0.160	0.450	29.891



# **Anexo 3.2**

*Cálculo del sistema de abastecimiento  
bloque de varones y de mujeres.*

## Cálculo de sistema de Abastecimiento

**Proyecto:** Centro de Formación y Capacitación Don Bosco      **Tipo de Tubería:** PVC PR.      **Fecha:** lunes, 27 de febrero de 2012  
**Edificación:** Bloque de Varones y Mujeres      **Cálculo:** Universidad Técnica Particular de Loja  
**Dirección:** Barrio Punzara Bajo      **Tipo de Sistema:** Abastecimiento a Presión      **Observaciones:** Para detalles de cálculo referirse a memoria técnica

Tablas 3.1 - 3.7

Punto o Tramo	Muebles Sanitarios				Velocidad [m/s]	Fricción C	J [m/m]	Diámetro ["]	LONGITUD DE LA TUBERIA (m)		Accesorios Long. Equi.	Total	HV m.c.a	J m.c.a	Presion m.c.a
	Unidades Totales	Caudal bruto [lt/s]	Coef. simul.	Caudal Simult.[l/s]					Horizontal	Vertical					
1-2	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.776	-2.250	0.825	3.851	0.027	0.199	7.976
2-3	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	5.447	0.000	0.903	6.350	0.109	1.103	9.188
4-5	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.776	-2.250	0.781	3.807	0.027	0.197	7.974
5-3	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.397	0.000	0.906	1.303	0.109	0.226	8.309
3-6	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	5.050	0.000	0.783	5.833	0.062	0.443	9.693
7-8	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.776	-2.250	0.781	3.807	0.027	0.197	7.974
8-6	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.397	0.000	0.698	1.095	0.109	0.190	8.273
6-9	6.000	0.600	0.518	0.31	1.339	0.0001	0.107	17.20	5.050	0.000	0.783	5.833	0.091	0.624	10.409
10-11	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.776	-2.250	0.781	3.807	0.027	0.197	7.974
11-9	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.397	0.000	0.492	0.889	0.109	0.154	8.237
9-12	8.000	0.800	0.454	0.36	1.565	0.0001	0.141	17.20	4.700	0.000	0.783	5.483	0.125	0.771	11.304
13-14	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.776	-2.250	0.987	4.013	0.027	0.207	7.984
14-12	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.747	0.000	1.270	2.017	0.109	0.350	8.444
12-15	10.000	1.000	0.413	0.41	1.779	0.0001	0.176	17.20	7.105	0.000	1.302	8.407	0.161	1.479	12.945
16-17	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	1.630	-0.750	0.825	3.205	0.109	0.557	9.915
17-18	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	3.543	0.000	0.264	3.807	0.085	0.382	10.383
18-19	3.000	0.500	0.761	0.38	1.638	0.0001	0.152	17.20	1.728	0.000	0.264	1.992	0.137	0.304	10.823
19-20	4.000	0.700	0.640	0.45	1.157	0.0001	0.060	22.20	0.702	0.000	1.147	1.849	0.068	0.111	11.003
20-15	5.000	0.900	0.568	0.51	1.320	0.0001	0.076	22.20	0.457	0.000	1.427	1.884	0.089	0.143	11.234
15-80	15.000	1.900	0.353	0.67	1.732	0.0001	0.122	22.20	1.016	2.500	1.642	5.158	0.153	0.630	16.227
74-75	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	1.229	-0.750	0.209	2.188	0.109	0.380	9.739
75-76	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	0.371	0.000	1.042	1.413	0.085	0.142	9.966
76-77	3.000	0.400	0.761	0.30	1.311	0.0001	0.103	17.20	3.675	0.000	0.264	3.939	0.088	0.406	10.459
77-78	4.000	0.600	0.640	0.38	1.652	0.0001	0.155	17.20	1.732	0.000	0.264	1.996	0.139	0.309	10.907
78-79	5.000	0.800	0.568	0.45	1.173	0.0001	0.062	22.20	0.702	0.000	0.333	1.035	0.070	0.064	11.041
79-80	6.000	1.000	0.518	0.52	1.340	0.0001	0.078	22.20	1.225	0.000	1.106	2.331	0.091	0.181	11.314
80-81	16.000	2.000	0.345	0.69	1.781	0.0001	0.128	22.20	4.655	3.000	0.988	8.643	0.162	1.107	20.496
47-48	1.000	0.150	1.000	0.15	1.096	0.0001	0.105	13.20	0.532	-1.600	0.209	2.341	0.061	0.246	8.707
48-49	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	0.664	0.000	0.264	0.928	0.085	0.093	8.885
49-50	3.000	0.500	0.761	0.38	1.638	0.0001	0.152	17.20	0.800	0.000	0.264	1.064	0.137	0.162	9.184
50-51	4.000	0.700	0.640	0.45	1.157	0.0001	0.060	22.20	0.823	0.000	0.660	1.483	0.068	0.089	9.342
51-52	5.000	0.900	0.568	0.51	1.320	0.0001	0.076	22.20	3.852	0.000	1.106	4.958	0.089	0.376	9.806
53-54	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.994	-2.530	0.209	3.733	0.027	0.193	7.690
54-55	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	1.353	0.000	0.209	1.562	0.109	0.271	8.070
55-56	3.000	0.300	0.761	0.23	1.669	0.0001	0.219	13.20	0.776	0.000	0.990	1.766	0.142	0.387	8.599
56-52	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	0.337	0.000	1.299	1.636	0.062	0.124	8.785
52-57	9.000	1.300	0.432	0.56	1.451	0.0001	0.090	22.20	1.600	0.000	0.988	2.588	0.107	0.232	10.145

## Cálculo de sistema de Abastecimiento

**Proyecto:** Centro de Formación y Capacitación Don Bosco      **Tipo de Tubería:** PVC PR.      **Fecha:** lunes, 27 de febrero de 2012  
**Edificación:** Bloque de Varones y Mujeres      **Cálculo:** Universidad Técnica Particular de Loja  
**Dirección:** Barrio Punzara Bajo      **Tipo de Sistema:** Abastecimiento a Presión      **Observaciones:** Para detalles de cálculo referirse a memoria técnica

Punto o Tramo	Muebles Sanitarios										LONGITUD DE LA TUBERIA (m)				Total	HV m.ca	J m.ca	Presion m.ca
	Unidades Totales	Caudal bruto [lt/s]	Coef. simul.	Caudal Simult.[l/s]	Velocidad [m/s]	Fricción C	J [m/m]	Diámetro ["]	Horizontal	Vertical	Long. Equi.	Accesorios						
58-59	1.000	0.150	1.000	0.15	1.096	0.0001	0.105	13.20	-1.600	0.209	2.341	0.061	0.246	8.707				
59-60	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	0.000	0.264	0.928	0.085	0.093	8.885				
60-61	3.000	0.500	0.761	0.38	1.638	0.0001	0.152	17.20	0.000	0.264	1.064	0.137	0.162	9.184				
61-62	4.000	0.700	0.640	0.45	1.157	0.0001	0.060	22.20	0.000	1.480	2.303	0.068	0.139	9.391				
62-57	5.000	0.900	0.568	0.51	1.320	0.0001	0.076	22.20	0.000	0.451	0.853	0.089	0.065	9.544				
57-63	14.000	2.200	0.362	0.80	1.240	0.0001	0.050	28.60	0.000	1.249	4.699	0.078	0.233	10.456				
64-65	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	-2.530	0.209	3.733	0.027	0.193	7.690				
65-66	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.000	0.209	1.562	0.109	0.271	8.070				
66-67	3.000	0.300	0.761	0.23	1.669	0.0001	0.219	13.20	0.000	0.781	1.557	0.142	0.341	8.553				
67-63	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	0.000	0.620	0.957	0.062	0.073	8.688				
63-73	18.000	2.600	0.330	0.86	1.337	0.0001	0.057	28.60	0.000	0.835	5.796	0.091	0.328	10.875				
68-69	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.000	0.209	1.032	0.109	0.179	10.288				
69-70	2.000	0.400	1.000	0.40	1.722	0.0001	0.166	17.20	0.000	0.264	1.064	0.151	0.177	10.616				
70-71	3.000	0.600	0.761	0.46	1.180	0.0001	0.062	22.20	0.000	0.333	0.997	0.071	0.062	10.749				
71-72	4.000	0.750	0.640	0.48	1.240	0.0001	0.068	22.20	0.000	1.147	1.679	0.078	0.114	10.942				
72-73	5.000	0.900	0.568	0.51	1.320	0.0001	0.076	22.20	0.000	1.920	2.091	0.089	0.159	11.189				
73-82	23.000	3.500	0.304	1.06	1.656	0.0001	0.082	28.60	8.750	1.249	10.638	0.140	0.874	20.640				
21-22	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	-2.530	0.209	3.733	0.027	0.193	7.690				
22-23	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.000	0.209	1.562	0.109	0.271	8.070				
23-24	3.000	0.300	0.761	0.23	1.669	0.0001	0.219	13.20	0.000	1.192	1.968	0.142	0.431	8.643				
24-25	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	0.000	0.879	1.216	0.062	0.092	8.798				
26-27	1.000	0.200	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	-2.530	0.209	3.733	0.027	0.193	7.690				
27-28	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.000	0.209	1.562	0.109	0.271	8.070				
28-29	3.000	0.300	0.761	0.23	1.669	0.0001	0.219	13.20	0.000	1.192	1.968	0.142	0.431	8.643				
29-30	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	0.000	0.879	2.816	0.062	0.214	8.919				
31-32	1.000	0.150	1.000	0.15	1.096	0.0001	0.105	13.20	-1.600	0.209	2.341	0.061	0.246	8.707				
32-33	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	0.000	0.264	0.928	0.085	0.093	8.885				
33-34	3.000	0.500	0.761	0.38	1.638	0.0001	0.152	17.20	0.000	0.264	1.064	0.137	0.162	9.184				
34-35	4.000	0.700	0.640	0.45	1.157	0.0001	0.060	22.20	0.000	1.147	1.970	0.068	0.119	9.371				
35-30	5.000	0.900	0.568	0.51	1.320	0.0001	0.076	22.20	0.000	0.451	0.853	0.089	0.065	9.524				
30-36	9.000	1.300	0.432	0.56	1.451	0.0001	0.090	22.20	0.000	0.988	4.438	0.107	0.397	9.424				
37-38	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	-2.530	0.209	3.733	0.027	0.193	7.690				
38-39	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.000	0.209	1.562	0.109	0.271	8.070				
39-40	3.000	0.300	0.761	0.23	1.669	0.0001	0.219	13.20	0.000	0.781	1.557	0.142	0.341	8.553				
40-36	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	0.000	1.299	1.636	0.062	0.124	8.740				
36-41	13.000	1.700	0.372	0.63	1.636	0.0001	0.110	22.20	0.000	0.988	2.588	0.136	0.286	9.846				
42-43	1.000	0.150	1.000	0.15	1.096	0.0001	0.105	13.20	-1.600	0.209	2.341	0.061	0.246	8.707				
43-44	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	0.000	0.264	0.928	0.085	0.093	8.885				

## Cálculo de sistema de Abastecimiento

**Proyecto:** Centro de Formación y Capacitación Don Bosco      **Tipo de Tubería:** PVC PR.      **Fecha:** lunes, 27 de febrero de 2012  
**Edificación:** Bloque de Varones y Mujeres      **Cálculo:** Universidad Técnica Particular de Loja  
**Dirección:** Barrio Punzara Bajo      **Tipo de Sistema:** Abastecimiento a Presión      **Observaciones:** Para detalles de cálculo referirse a memoria técnica

Punto o Tramo	Muebles Sanitarios										LONGITUD DE LA TUBERIA (m)				Accesorios Long. Equi.	Total	HV		J		Presion	
	Unidades Totales	Caudal bruto [lt/s]	Coef. simul.	Caudal Simult.[l/s]	Velocidad [m/s]	Fricción C	J	[m/m]	Diámetro ["]	Horizontal	Vertical	m.c.a	m.c.a	m.c.a			m.c.a	m.c.a	m.c.a			
44-45	3.000	0.500	0.761	0.38	1.638	0.0001	0.152	17.20	0.800	0.000	0.264	1.064	0.137	0.162	9.184	9.371						
45-46	4.000	0.700	0.640	0.45	1.157	0.0001	0.060	22.20	0.823	0.000	1.147	1.970	0.068	0.119	9.549	9.549						
46-41	5.000	0.900	0.568	0.51	1.320	0.0001	0.076	22.20	0.402	0.000	0.778	1.180	0.089	0.090	10.258	10.258						
41-25	18.000	2.600	0.330	0.86	1.337	0.0001	0.057	28.60	3.450	0.000	2.235	5.685	0.091	0.322	20.069	20.069						
25-83	22.000	3.000	0.308	0.93	1.440	0.0001	0.064	28.60	4.829	8.750	1.249	14.828	0.106	0.955	7.939	7.939						
84-85	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.682	-2.250	0.209	3.141	0.027	0.162	8.350	8.350						
85-86	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.705	0.000	1.030	1.735	0.109	0.301	9.684	9.684						
86-87	3.000	0.300	0.761	0.23	1.669	0.0001	0.219	13.20	5.235	0.000	0.209	5.444	0.142	1.193	9.846	9.846						
87-88	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	1.042	0.000	0.264	1.306	0.062	0.099	10.041	10.041						
88-89	5.000	0.500	0.568	0.28	1.221	0.0001	0.091	17.20	1.047	0.000	0.264	1.311	0.076	0.119	10.347	10.347						
89-90	6.000	0.600	0.518	0.31	1.339	0.0001	0.107	17.20	1.062	0.000	0.944	2.006	0.091	0.215	10.851	10.851						
90-81	7.000	0.700	0.482	0.34	1.453	0.0001	0.124	17.20	0.818	0.000	2.392	3.210	0.108	0.396	27.716	27.716						
81-82	23.000	2.700	0.304	0.82	1.277	0.0001	0.052	28.60	18.818	5.750	2.000	26.568	0.083	1.387	28.194	28.194						
82-92	42.000	5.800	0.253	1.47	1.336	0.0001	0.040	37.40	7.959	0.000	1.609	9.568	0.091	0.386	10.601	10.601						
93-94	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.724	0.500	0.209	1.433	0.027	0.074	11.011	11.011						
94-95	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.704	0.000	1.030	1.734	0.109	0.301	12.198	12.198						
95-96	3.000	0.300	0.761	0.23	1.669	0.0001	0.219	13.20	4.560	0.000	0.209	4.769	0.142	1.045	12.352	12.352						
96-97	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	0.941	0.000	0.264	1.205	0.062	0.092	12.535	12.535						
97-98	5.000	0.500	0.568	0.28	1.221	0.0001	0.091	17.20	0.909	0.000	0.264	1.173	0.076	0.107	12.776	12.776						
98-99	6.000	0.600	0.518	0.31	1.339	0.0001	0.107	17.20	0.882	0.000	0.523	1.405	0.091	0.150	13.328	13.328						
99-83	7.000	0.700	0.482	0.34	1.453	0.0001	0.124	17.20	3.234	0.000	0.360	3.594	0.108	0.444	20.305	20.305						
83-92	29.000	3.700	0.282	1.04	1.625	0.0001	0.080	28.60	1.271	0.000	0.000	1.271	0.135	0.101	28.317	28.317						
92-HN	65.000	8.900	0.226	2.01	1.110	0.0001	0.021	48.00	0.578	0.000	2.275	2.853	0.063	0.061	7.976	7.976						
201-202	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.781	-2.250	0.825	3.856	0.027	0.199	9.134	9.134						
202-203	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	5.341	0.000	0.698	6.039	0.109	1.049	7.974	7.974						
204-205	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.781	-2.250	0.781	3.812	0.027	0.197	8.255	8.255						
205-203	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.291	0.000	0.698	9.889	0.109	0.172	10.356	10.356						
203-206	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	5.020	0.000	0.783	5.803	0.062	0.441	9.637	9.637						
207-208	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.781	-2.250	0.781	3.812	0.027	0.197	8.255	8.255						
208-206	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.291	0.000	0.698	9.889	0.109	0.172	10.356	10.356						
206-209	6.000	0.600	0.518	0.31	1.339	0.0001	0.107	17.20	5.080	0.000	0.783	5.863	0.091	0.627	7.974	7.974						
210-211	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.781	-2.250	0.781	3.812	0.027	0.197	8.255	8.255						
211-209	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.291	0.000	0.698	9.889	0.109	0.172	10.356	10.356						
209-212	8.000	0.800	0.454	0.36	1.565	0.0001	0.141	17.20	5.050	0.000	0.783	5.833	0.125	0.820	7.974	7.974						
213-214	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.781	-2.250	0.781	3.812	0.027	0.197	8.290	8.290						
214-212	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.290	0.000	0.903	1.193	0.109	0.207	13.403	13.403						
212-215	10.000	1.000	0.413	0.41	1.779	0.0001	0.176	17.20	10.250	0.000	0.783	11.033	0.161	1.941	8.945	8.945						
216-217	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.700	-1.600	0.209	2.509	0.109	0.436								

## Cálculo de sistema de Abastecimiento

**Proyecto:** Centro de Formación y Capacitación Don Bosco      **Tipo de Tubería:** PVC PR.      **Fecha:** lunes, 27 de febrero de 2012  
**Edificación:** Bloque de Varones y Mujeres      **Cálculo:** Universidad Técnica Particular de Loja  
**Dirección:** Barrio Punzara Bajo      **Tipo de Sistema:** Abastecimiento a Presión      **Observaciones:** Para detalles de cálculo referirse a memoria técnica

Punto o Tramo	Muebles Sanitarios										LONGITUD DE LA TUBERIA (m)				Total	HV m.ca	J m.ca	Presion m.ca
	Unidades Totales	Caudal bruto [lt/s]	Coef. simul.	Caudal Simult.[l/s]	Velocidad [m/s]	Fricción C	J [m/m]	Diámetro ["]	Horizontal	Vertical	Long. Equi.	Accesorios						
217-218	2.000	0.400	1.000	0.40	1.722	0.0001	0.166	17.20	2.458	0.000	0.944	3.402	0.151	0.565	9.661			
218-215	3.000	0.600	0.761	0.46	1.180	0.0001	0.062	22.20	0.203	0.000	0.451	0.654	0.071	0.041	9.773			
215-219	13.000	1.600	0.372	0.60	1.539	0.0001	0.099	22.20	1.091	0.000	2.296	3.387	0.121	0.336	13.860			
220-221	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	2.948	-0.750	0.209	3.907	0.109	0.678	10.037			
221-219	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	2.499	0.000	1.040	3.539	0.085	0.355	10.478			
219-225	15.000	1.900	0.353	0.67	1.732	0.0001	0.122	22.20	1.051	2.500	1.731	5.282	0.153	0.645	17.158			
222-223	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	2.514	-0.750	0.209	3.473	0.109	0.603	9.962			
223-224	2.000	0.300	1.000	0.30	1.291	0.0001	0.100	17.20	0.338	0.000	0.360	0.698	0.085	0.070	10.117			
224-225	3.000	0.400	0.761	0.30	1.311	0.0001	0.103	17.20	3.294	0.000	0.620	3.914	0.088	0.404	10.608			
225-226	16.000	2.000	0.345	0.69	1.781	0.0001	0.128	22.20	4.164	0.000	0.988	5.152	0.162	0.660	17.980			
227-228	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	2.458	-1.600	0.209	4.267	0.109	0.741	9.250			
228-229	2.000	0.400	1.000	0.40	1.722	0.0001	0.166	17.20	0.700	0.000	1.203	1.903	0.151	0.316	9.717			
229-226	3.000	0.600	0.761	0.46	1.180	0.0001	0.062	22.20	0.349	0.000	1.433	1.782	0.071	0.111	9.899			
226-230	16.000	2.000	0.345	0.69	1.781	0.0001	0.128	22.20	6.820	2.950	0.988	10.758	0.162	1.379	22.470			
231-232	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.630	-2.250	0.209	3.089	0.027	0.159	7.937			
232-233	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.711	0.000	0.209	0.920	0.109	0.160	8.205			
233-234	3.000	0.300	0.761	0.23	1.669	0.0001	0.219	13.20	0.691	0.000	0.209	0.900	0.142	0.197	8.544			
234-235	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	0.695	0.000	1.203	1.898	0.062	0.144	8.751			
235-240	5.000	0.500	0.568	0.28	1.221	0.0001	0.091	17.20	4.522	0.000	0.783	5.305	0.076	0.483	9.310			
236-237	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.980	-2.530	0.209	3.719	0.027	0.192	7.689			
237-238	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.994	0.000	0.209	1.203	0.109	0.209	8.007			
238-239	3.000	0.300	0.761	0.23	1.669	0.0001	0.219	13.20	0.995	0.000	0.209	1.204	0.142	0.264	8.413			
239-240	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	0.717	0.000	1.040	1.757	0.062	0.134	8.608			
240-230	9.000	0.900	0.432	0.39	1.673	0.0001	0.158	17.20	0.150	0.000	1.299	1.449	0.143	0.229	9.682			
230-241	25.000	2.900	0.296	0.86	1.335	0.0001	0.056	28.60	0.000	5.750	1.249	6.999	0.091	0.395	28.706			
242-243	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	1.000	-2.530	0.209	3.739	0.027	0.193	7.690			
243-244	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.581	0.000	0.209	0.790	0.109	0.137	7.936			
244-245	3.000	0.300	0.761	0.23	1.669	0.0001	0.219	13.20	0.781	0.000	1.065	1.846	0.142	0.405	8.483			
245-246	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	3.890	0.000	1.398	5.288	0.062	0.402	8.947			
247-248	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.950	-0.750	0.209	1.909	0.109	0.331	9.690			
248-249	2.000	0.400	1.000	0.40	1.722	0.0001	0.166	17.20	0.900	0.000	0.264	1.164	0.151	0.193	10.035			
249-250	3.000	0.600	0.761	0.46	1.180	0.0001	0.062	22.20	0.900	0.000	0.451	1.351	0.071	0.084	10.190			
250-246	4.000	0.800	0.640	0.51	1.322	0.0001	0.076	22.20	0.414	0.000	0.778	1.192	0.089	0.091	10.370			
246-251	8.000	1.200	0.454	0.55	1.409	0.0001	0.085	22.20	1.600	0.000	0.988	2.588	0.101	0.220	9.268			
252-253	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	1.000	-2.530	0.209	3.739	0.027	0.193	7.690			
253-254	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.535	0.000	0.209	0.744	0.109	0.129	7.928			
254-255	3.000	0.300	0.761	0.23	1.669	0.0001	0.219	13.20	0.782	0.000	0.000	0.782	0.142	0.171	8.242			
255-251	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	0.444	0.000	1.040	1.484	0.062	0.113	8.416			

## Cálculo de sistema de Abastecimiento

**Proyecto:** Centro de Formación y Capacitación Don Bosco      **Tipo de Tubería:** PVC PR.      **Fecha:** lunes, 27 de febrero de 2012  
**Edificación:** Bloque de Varones y Mujeres      **Cálculo:** Universidad Técnica Particular de Loja  
**Dirección:** Barrio Punzara Bajo      **Tipo de Sistema:** Abastecimiento a Presión      **Observaciones:** Para detalles de cálculo referirse a memoria técnica

Punto o Tramo	Muebles Sanitarios										LONGITUD DE LA TUBERIA (m)				HV m.ca	J m.ca	Presion m.ca
	Unidades Totales	Caudal bruto [lt/s]	Coef. simul.	Caudal Simult.[l/s]	Velocidad [m/s]	Fricción C	J [m/m]	Diámetro ["]	Horizontal	Vertical	Accesorios Long. Equi.	Total					
251-256	12.000	1.600	0.384	0.61	1.588	0.0001	0.105	22.20	3.450	0.000	1.642	5.092	0.129	0.534	9.930		
257-258	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.950	-0.750	0.209	1.909	0.109	0.331	9.690		
258-259	2.000	0.400	1.000	0.40	1.722	0.0001	0.166	17.20	0.900	0.000	0.264	1.164	0.151	0.193	10.035		
259-260	3.000	0.600	0.761	0.46	1.820	0.0001	0.062	22.20	0.900	0.000	0.451	1.351	0.071	0.084	10.190		
260-256	4.000	0.800	0.640	0.51	1.322	0.0001	0.076	22.20	0.414	0.000	1.106	1.520	0.089	0.116	10.395		
256-261	16.000	2.400	0.345	0.83	1.288	0.0001	0.053	28.60	4.699	0.000	1.249	5.948	0.084	0.315	10.330		
262-263	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.782	0.000	0.209	0.991	0.027	0.051	10.078		
263-264	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.535	0.000	0.209	0.744	0.109	0.129	10.316		
264-265	3.000	0.300	0.761	0.23	1.669	0.0001	0.219	13.20	1.000	0.000	1.065	2.065	0.142	0.453	10.911		
265-261	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	0.365	0.000	1.042	1.407	0.062	0.107	11.080		
261-266	20.000	2.800	0.319	0.89	1.388	0.0001	0.060	28.60	1.051	8.700	2.077	11.828	0.098	0.714	19.842		
267-268	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.950	-0.750	0.209	1.909	0.109	0.331	9.690		
268-269	2.000	0.400	1.000	0.40	1.722	0.0001	0.166	17.20	0.900	0.000	0.264	1.164	0.151	0.193	10.035		
269-270	3.000	0.600	0.761	0.46	1.180	0.0001	0.062	22.20	0.900	0.000	0.778	1.678	0.071	0.105	10.211		
270-271	4.000	0.800	0.640	0.51	1.322	0.0001	0.076	22.20	3.864	0.000	1.106	4.970	0.089	0.378	10.678		
272-273	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	1.000	-2.530	0.209	3.739	0.027	0.193	7.690		
273-274	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.535	0.000	0.209	0.744	0.109	0.129	7.928		
274-275	3.000	0.300	0.761	0.23	1.669	0.0001	0.219	13.20	0.782	0.000	0.860	1.642	0.142	0.360	8.430		
275-271	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	0.444	0.000	0.620	1.064	0.062	0.081	8.573		
271-276	8.000	1.200	0.454	0.55	1.409	0.0001	0.085	22.20	1.600	0.000	0.000	1.600	0.101	0.136	10.915		
277-278	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.950	-0.750	0.209	1.909	0.109	0.331	9.690		
278-279	2.000	0.400	1.000	0.40	1.722	0.0001	0.166	17.20	0.900	0.000	0.264	1.164	0.151	0.193	10.035		
279-280	3.000	0.600	0.761	0.46	1.180	0.0001	0.062	22.20	0.900	0.000	0.778	1.678	0.071	0.105	10.211		
280-281	4.000	0.800	0.640	0.51	1.322	0.0001	0.076	22.20	2.014	0.000	1.106	3.120	0.089	0.237	10.537		
282-283	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	1.000	-2.530	0.209	3.739	0.027	0.193	7.690		
283-284	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.535	0.000	0.209	0.744	0.109	0.129	7.928		
284-285	3.000	0.300	0.761	0.23	1.669	0.0001	0.219	13.20	0.782	0.000	0.860	1.642	0.142	0.360	8.430		
285-281	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	0.444	0.000	1.040	1.484	0.062	0.113	8.605		
281-276	8.000	1.200	0.454	0.55	1.409	0.0001	0.085	22.20	3.450	0.000	0.333	3.783	0.101	0.322	10.960		
276-286	16.000	2.400	0.345	0.83	1.288	0.0001	0.053	28.60	3.308	0.000	2.077	5.385	0.084	0.285	11.329		
287-288	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.950	-0.750	0.209	1.909	0.109	0.331	9.690		
288-289	2.000	0.400	1.000	0.40	1.722	0.0001	0.166	17.20	0.900	0.000	0.264	1.164	0.151	0.193	10.035		
289-290	3.000	0.600	0.761	0.46	1.180	0.0001	0.062	22.20	0.900	0.000	1.593	2.493	0.071	0.155	10.261		
290-286	4.000	0.800	0.640	0.51	1.322	0.0001	0.076	22.20	0.224	0.000	1.593	1.817	0.089	0.138	10.489		
286-291	20.000	3.200	0.319	1.02	1.587	0.0001	0.076	28.60	0.192	8.700	1.249	10.141	0.128	0.774	20.931		
292-293	1.000	0.100	1.000	0.10	0.731	0.0001	0.052	13.20	0.912	0.220	0.209	1.341	0.027	0.069	10.316		
293-294	2.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.913	0.000	0.209	1.122	0.109	0.195	10.620		
294-295	3.000	0.300	0.761	0.23	1.669	0.0001	0.219	13.20	0.912	0.000	0.987	1.899	0.142	0.416	11.178		

## Cálculo de sistema de Abastecimiento

**Proyecto:** Centro de Formación y Capacitación Don Bosco      **Tipo de Tubería:** PVC PR.      **Fecha:** lunes, 27 de febrero de 2012  
**Edificación:** Bloque de Varones y Mujeres      **Cálculo:** Universidad Técnica Particular de Loja  
**Dirección:** Barrio Punzara Bajo      **Tipo de Sistema:** Abastecimiento a Presión      **Observaciones:** Para detalles de cálculo referirse a memoria técnica

Punto o Tramo	Muebles Sanitarios										LONGITUD DE LA TUBERIA (m)		Accesorios Long. Equi.	Total	HV m.c.a	J m.c.a	Presion m.c.a
	Unidades Totales	Caudal bruto [lt/s]	Coef. simul.	Caudal Simult.[l/s]	Velocidad [m/s]	Fricción C	J [m/m]	Diámetro ["]in.]	Horizontal	Vertical							
295-296	4.000	0.400	0.640	0.26	1.101	0.0001	0.076	17.20	3.661	0.000	1.463	5.124	0.062	0.390	11.630		
297-296	1.000	0.200	1.000	0.20	1.461	0.0001	0.174	13.20	0.717	0.500	0.209	1.426	0.109	0.248	10.856		
296-298	5.000	0.600	0.568	0.34	1.466	0.0001	0.125	17.20	0.347	0.000	0.264	0.611	0.109	0.077	11.816		
298-299	6.000	0.700	0.518	0.36	1.562	0.0001	0.140	17.20	0.705	0.000	0.264	0.969	0.124	0.136	12.076		
299-300	7.000	0.800	0.482	0.39	1.661	0.0001	0.156	17.20	0.778	0.000	0.803	1.581	0.141	0.247	12.463		
300-291	8.000	0.900	0.454	0.41	1.760	0.0001	0.173	17.20	2.986	0.000	1.224	4.210	0.158	0.727	13.348		
291-266	28.000	4.100	0.285	1.17	1.065	0.0001	0.027	37.40	7.766	0.000	2.376	10.142	0.058	0.275	21.265		
266-241	48.000	6.900	0.244	1.68	1.532	0.0001	0.051	37.40	13.249	0.000	0.533	13.782	0.120	0.707	20.669		
241-HN	63.000	8.800	0.227	2.00	1.106	0.0001	0.021	48.00	13.149	-1.500	0.232	14.881	0.062	0.316	27.584		
HN-BM	128.000	17.700	0.200	3.54	1.140	130	0.027	62.88	0.450	0.000	4.557	5.007	0.066	0.133	27.783		



# **Anexo 4**

Cálculo de sistema de bombeo para el edificio administrativo y auditorio.

## CÁLCULO DE SISTEMA DE BOMBEO PARA EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO Y AUDITORIO

### CÁLCULO DE SUCCIÓN.

#### Dimensionamiento de tubería de succión.

Longitud (L) =	2.10m
Ancho (A) =	3.00m
Altura (H) =	0.30m
Altura estática de succión =	0.95m

Los datos para el cálculo de la altura de succión e impulsión se los obtiene del esquema de dimensionamiento de la red.

#### Pérdidas en tubería:

CAUDAL TOTAL DE AGUA POTABLE REQUERIDO POR EL EDIFICIO = 1.95 L/s

TRAMO	q (l/s)	Diámetro mm	Long. H(m)	Long. V(m)	V (m/s)	hv (m)	Coef. C	Pérdida j (m/m)	Long. Total (m)	Pérdida J(m)	Pérdida Tot. J + HV
S1-S2	1.950	40.94	0.25	0.95	1.482	0.11	120	0.08231	1.20	0.099	0.211

La tubería de succión será de acero galvanizado con un coeficiente de rugosidad para la fórmula de Hazen-Williams de 120, y un diámetro de 1 ½", asegurando una velocidad dentro del rango.

#### Pérdidas en accesorios:

TIPO DE ACCESORIO	DIÁMETRO (mm)	CANTIDAD	PÉRDIDAS
Codo de 90	1 1/2	1	0.82
Válvula de retención	1 1/2	1	3.20
Unión	1 1/2	1	0.84

Longitud equivalente (m)	4.855
Perdidas por accesorios (m)	0.400

**Altura de succión = Long V + Pérdidas en tuberías + Pérdidas en accesorios = 1.562 m**

## CÁLCULO DE IMPULSIÓN.

Las tuberías y los accesorios en la etapa de impulsión serán de PVC PR roscable, con un coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams de 150. Se seleccionó la ruta directa al aparato más crítico como sistema de impulsión.

TRAMO	q (l/s)	Diámetro mm	Long. H(m)	Long. V(m)	Long. Equi(m)	V (m/s)	hv (m)	Coef. C	Pérdida j (m/m)	Long. Total (m)	Pérdida J(m)	Pérdida Tot. J + HV
HN-67	1.950	37.4	2.69	0.00	3.017	1.776	0.161	150	0.085	5.70	0.482	0.643
67-50	1.210	37.4	0.00	3.23	1.765	1.102	0.062	150	0.035	4.99	0.175	0.237
50-36	0.990	28.6	0.00	3.40	0.421	1.542	0.121	150	0.089	3.82	0.340	0.461
36-35	0.780	28.6	3.07	2.79	0.137	1.215	0.075	150	0.057	6.00	0.343	0.419
35-34	0.750	28.6	3.51	0.00	0.388	1.168	0.070	150	0.053	3.90	0.208	0.277
34-10	0.720	28.6	0.76	2.50	0.000	1.121	0.064	150	0.049	3.26	0.161	0.225
10-9	0.580	22.2	7.91	0.00	0.403	1.499	0.115	150	0.114	8.31	0.944	1.058
9-3	0.510	22.2	0.15	0.00	0.029	1.318	0.089	150	0.089	0.18	0.016	0.104
3-2	0.300	17.2	5.61	0.00	0.927	1.292	0.085	150	0.116	6.53	0.758	0.843
2-1	0.200	13.2	1.621	2.00	0.619	1.462	0.109	150	0.199	4.24	0.843	0.952

**Altura de succión = Long V + Pérdidas en tuberías + Pérdidas en accesorios = 28.14 m**

## CÁLCULO DEL NPSH DISPONIBLE (Altura de succión positiva)

**NPSH.-** Puede ser disponible cuando se ha considerado todas las alturas de una instalación.

$$NPSH = P_b - TVATA - ADS$$

Pb = Presión barométrica en el sitio (m)

TVATA = Tensión de vapor del agua a la temperatura ambiente (m)

ADS = Altura dinámica de succión (m)

### Presión barométrica

$$P_b = 10.33 - J_a (\text{para la altura sobre el nivel del mar})$$

**Ja:** para 2268.5 msnm = 2.542m

**Pb:** 10.33 - 2.542 = 7.788m

Pérdidas por altura Ja sobre el nivel del mar en metros					
Altura	Ja	Altura	Ja	Altura	Ja
100	0.125	1100	1.330	2100	2.384
200	0.250	1200	1.440	<b>2200</b>	<b>2.478</b>
300	0.375	1300	1.550	<b>2300</b>	<b>2.572</b>
400	0.500	1400	1.600	2400	2.666
500	0.625	1500	1.770	2500	2.760
600	0.750	1600	1.880	2600	2.854
700	0.870	1700	1.990	2700	2.948
800	0.990	1800	2.090	2800	3.042
900	1.110	1900	2.190	2900	3.136
1000	1.220	2000	2.290	3000	3.230

**Fuente:** PÉREZ CARMONA Rafael. 2002. Diseño de Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones, 2 ed. Bogotá - Colombia, ECOE Ediciones. Pág. 82.

### TENSIÓN DE VAPOR DEL AGUA A TEMPERATURA AMBIENTE

TVDA= 0.170m

Pérdidas por temperatura Jt en metros			
°C	Jt	°C	Jt
5	0.090	30	0.430
10	0.130	35	0.550
<b>15</b>	<b>0.170</b>	40	0.750
20	0.240	45	0.990
25	0.320	50	1.250

**Fuente:** PÉREZ CARMONA Rafael. 2002. Diseño de Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones, 2 ed. Bogotá - Colombia, ECOE Ediciones.

### Altura Dinámica de Succión (ADS)

ADS= 1.5662m

NPSH(disponible)= Pb-ADS-TVDA

NPSH(disponible)= 7.788 - 1.562 - 0.17 = 6.056m

### CÁLCULO DEL NPSH REQUERIDO

NPSH requerida, es la presión mínima que necesita la bomba para operar con éxito

$$NPSH \text{ disponible} > NPSH \text{ requerida}$$

NPSH (requerida) = 0.95 m.c.a. (altura vertical)

NPSH (disponible)= 6.06m.c.a.                      6.06 > 0.95    **“LA BOMBA NO CAVITA”**

## CÁLCULO ALTURA MÁXIMA DE SUCCIÓN (AMS)

$$AMS = 10.33 - (a + b + c + e + f)$$

a). Pérdida por altura sobre el nivel del mar (2250) =	2.54 m
b). Pérdida por temperatura (15°C) =	0.17 m
c). Pérdidas por depresiones barométricas (Steel) =	0.36 m
d). Pérdidas por vacío imperfecto (1.8 - 2.4m Steel)=	2.40 m
e). Pérdida por fricción y accesorios (J) =	0.10 m
f). Pérdidas por cabeza de velocidad hv =	<u>0.11 m</u>
<b>TOTAL =</b>	<b>5.68 m</b>

$$AMS = 10.33 - 5.68 = 4.647\text{m}$$

## ALTURA DINÁMICA TOTAL.

$$H_{t\text{máx}} = H_{t\text{mín}} + 20\text{psi}$$

Impulsión + Succión =	29.702 m
Altura dinámica total Ht de diseño(mín)=	29.702 m
Altura dinámica total Ht de diseño(máx)=	43.702 m

## CÁLCULO DE LA POTENCIA.

$$P_{(HP)} = \frac{\gamma * H_t * Q}{76 * n}$$

$\gamma$ = Peso específico del agua=	1.0 Kg/l
Ht = Altura dinámica total=	43.70m
Q = Caudal=	1.95 l/s
Constante de conversión=	76
n = Eficiencia bomba-motor=	40 %

$$\text{Potencia} = 2.803 \quad \text{HP}$$

## CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LA BOMBA

Cantidad:	Dos
Marca:	PEDROLLO
Caudal:	1.95 l/s
TDH:	42.10 mca
Eficiencia:	40%
Diámetro de succión:	1 ½"
Diámetro de descarga:	1"
Potencia:	3 HP
Modelo de la bomba:	CP25 / 200B

## CÁLCULO DEL TANQUE HIDRO-ACUMULADOR.

Para el cálculo del tanque hidro-acumulador se tomará en cuenta la siguiente expresión:

$$W_{thn} = \frac{19 \times R_{aire} \times Q_b \times (P_{OFF} + 10.33)}{N_{bombas} \times N_{ciclos} \times (P_{OFF} - P_{ON})}$$

**Qb:** Caudal de bombeo medio = 117 l/min  
**Nbombas:** Bombas en funcionamiento = 1 (No se toma en cuenta la bomba de reserva)  
**Pon:** Presión de encendido = 28.1m.c.a = 40psi  
**Poff:** Presión de apagado = 42.1m.c.a = 60psi  
**Nciclos:** Número de ciclos por hora = 20 ciclos/hora

Potencia HP	T min	ciclos/h
Hasta 10.0	3.00	20
de 10.0 a 20.0	4.00	15
de 20.0 a 30.0	5.00	12
de 30.0 a 50.0	6.00	10
Desde 50.0	10.00	6

**R aire:** Coef. Tipo de renovación de aire = 1

Tipo de renovación	R aire
-Hidroneumático de membrana con revisión periódica de masa de aire	1.0
-Renovación de aire con compresor automático	1.5
-Renovación de aire mediante inyección manual	2.0

### Volumen total del tanque hidroneumático (Wthn)

Wthn= 416.57 l  
Wthn= 110.06 gl

Volumen adoptado= 110.0 gl  
**Cantidad:** 2  
**Marca:** Challenger  
**Membrana:** Neopreno  
**Conexión:** 1 1/4"  
**Material:** Metálico

Se recomienda dos tanques hidroneumáticos marca Challenger, el uno modelo GWI50 de 53 galones de volumen, y el segundo modelo GWI60 con un volumen de 60 galones

Las bombas deben ser complementadas con un "presostato" con rango 40-60psi.





# **Anexo 5**

Cálculo de sistema de bombeo para  
bloque de varones y de mujeres.



## CÁLCULO DE SISTEMA DE BOMBEO PARA BLOQUE DE VARONES Y DE MUJERES

### CÁLCULO DE SUCCIÓN.

#### Dimensionamiento de tubería de succión.

Longitud (L) =	3.90m
Ancho (A) =	2.70m
Altura (H) =	1.11m
Altura estática de succión =	1.76m

Los datos para el cálculo de la altura de succión e impulsión se los obtiene del esquema de dimensionamiento de la red.

#### Pérdidas en tubería:

CAUDAL TOTAL DE AGUA POTABLE REQUERIDO POR EL EDIFICIO = 3.54 l/s

TRAMO	q (l/s)	Diámetro mm	Long. H(m)	Long. V(m)	V (m/s)	hv (m)	Coef. C	Pérdida j (m/m)	Long. Total (m)	Pérdida J(m)	Pérdida Tot. J + HV
S1-S2	3.540	52.48	0.25	1.76	1.638	0.136	120	0.0741	2.01	0.149	0.286

La tubería de succión será de acero galvanizado con un coeficiente de rugosidad para la fórmula de Hazen-Williams de 120, y un diámetro de 2", asegurando una velocidad dentro del rango.

#### Pérdidas en accesorios:

TIPO DE ACCESORIO	DIÁMETRO (mm)	CANTIDAD	PÉRDIDAS (m)
Codo de 90	2	1	1.08
Válvula de retención	2	1	4.20
Unión	2	1	1.10

Longitud equivalente (m) 6.380

Perdidas por accesorios (m) 0.473

**Altura de succión = Long V + Pérdidas en tuberías + Pérdidas en accesorios = 2.524 m**

### CÁLCULO DE IMPULSIÓN.

Las tuberías y los accesorios en la etapa de impulsión serán de PVC PR roscable, con un coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams de 150. Se seleccionó la ruta directa al aparato más crítico como sistema de impulsión.

TRAMO	q (l/s)	Diámetro mm	Long. H(m)	Long. V(m)	Long. Equi(m)	V (m/s)	hv (m)	Coef. C	Pérdida j (m/m)	Long. Total (m)	Pérdida J(m)	Pérdida Tot. J + HV
BM-HN	3.540	62.88	0.45	0.00	4.557	1.141	0.066	130	0.02651	5.01	0.133	0.199
HN-241	2.000	48.00	13.149	-1.500	0.232	1.106	0.062	150	0.02632	14.88	0.392	0.454
241-230	0.860	28.60	0.000	5.750	1.249	1.339	0.091	150	0.06861	7.00	0.480	0.572
230-226	0.690	22.20	6.820	2.950	0.988	1.784	0.162	150	0.15656	10.76	1.684	1.846
226-225	0.690	22.20	4.164	0.000	0.988	1.784	0.162	150	0.15656	5.15	0.807	0.969
225-219	0.670	22.20	1.051	2.500	1.731	1.732	0.152	150	0.14827	5.28	0.783	0.936
219-215	0.600	22.20	1.091	0.000	2.296	1.551	0.122	150	0.12089	3.39	0.410	0.532
215-212	0.410	17.20	10.250	0.000	0.783	1.766	0.158	150	0.20686	11.03	2.282	2.441
212-209	0.360	17.20	5.050	0.000	0.783	1.550	0.122	150	0.16262	5.83	0.949	1.071
209-206	0.310	17.20	5.080	0.000	0.783	1.335	0.090	150	0.12332	5.86	0.723	0.814
206-203	0.260	17.20	5.020	0.000	0.783	1.120	0.063	150	0.08907	5.80	0.517	0.581
203-202	0.200	13.20	5.341	0.000	0.698	1.462	0.108	150	0.19872	6.04	1.200	1.309
202-201	0.100	13.20	0.781	-2.250	0.825	0.731	0.027	150	0.05512	3.86	0.213	0.240

**Altura de succión = Long V + Pérdidas en tuberías + Pérdidas en accesorios = 28.414 m**

### CÁLCULO DEL NPSH DISPONIBLE (Altura de succión positiva)

**NPSH.-** Puede ser disponible cuando se ha considerado todas las alturas de una instalación.

$$NPSH = P_b - TVATA - ADS$$

P<sub>b</sub> = Presión barométrica en el sitio (m)

TVATA = Tensión de vapor del agua a la temperatura ambiente (m)

ADS = Altura dinámica de succión (m)

#### Presión barométrica

$$P_b = 10.33 - J_a (\text{para la altura sobre el nivel del mar})$$

**J<sub>a</sub>:** para 2265 msnm = 2.539m

**P<sub>b</sub>:** 10.33 - 2.539 = 7.791m



## CÁLCULO ALTURA MÁXIMA DE SUCCIÓN (AMS)

$$AMS = 10.33 - (a + b + c + e + f)$$

a). Pérdida por altura sobre el nivel del mar (2250) =	2.54 m
b). Pérdida por temperatura (15°C) =	0.17 m
c). Pérdidas por depresiones barométricas (Steel) =	0.36 m
d). Pérdidas por vacío imperfecto (1.8 - 2.4m Steel)=	2.40 m
e). Pérdida por fricción y accesorios (J) =	0.15 m
f). Pérdidas por cabeza de velocidad hv =	0.14 m
<b>TOTAL =</b>	<b>5.76 m</b>

$$AMS = 10.33 - 5.76 = 4.575\text{m}$$

## ALTURA DINÁMICA TOTAL.

$$H_{tm\acute{a}x} = H_{tm\acute{i}n} + 20\text{psi}$$

Impulsión + Succión =	30.937 m
Altura dinámica total Ht de diseño(mín)=	30.937 m
Altura dinámica total Ht de diseño(máx)=	44.937 m

## CÁLCULO DE LA POTENCIA.

$$P_{(HP)} = \frac{\gamma * Ht * Q}{76 * n}$$

$\gamma$ = Peso específico del agua=	1.0 Kg/l
Ht = Altura dinámica total=	44.94m
Q = Caudal=	3.54 l/s
Constante de conversión=	76
n = Eficiencia bomba-motor=	40 %

$$\text{Potencia} = 5.233 \quad \text{HP}$$

## CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LA BOMBA

Cantidad:	Dos
Marca:	PEDROLLO
Caudal:	3.54 l/s
TDH:	44.94 mca
Eficiencia:	40%
Diámetro de succión:	2"
Diámetro de descarga:	1 ¼"
Potencia:	7.5 HP
Modelo de la bomba:	F32 / 200B

## CÁLCULO DEL TANQUE HIDRO-ACUMULADOR.

Para el cálculo del tanque hidro-acumulador se tomará en cuenta la siguiente expresión:

$$W_{thn} = \frac{19 \times R_{aire} \times Q_b \times (P_{OFF} + 10.33)}{N_{bombas} \times N_{ciclos} \times (P_{OFF} - P_{ON})}$$

**Qb:** Caudal de bombeo medio = 212.40 l/min  
**Nbombas:** Bombas en funcionamiento = 1 (No se toma en cuenta la bomba de reserva)  
**Pon:** Presión de encendido = 28.4m.c.a = 41psi  
**Poff:** Presión de apagado = 42.4m.c.a = 61psi  
**Nciclos:** Número de ciclos por hora = 20 ciclos/hora

Potencia HP	T min	ciclos/h
Hasta 10.0	3.00	20
de 10.0 a 20.0	4.00	15
de 20.0 a 30.0	5.00	12
de 30.0 a 50.0	6.00	10
Desde 50.0	10.00	6

**R aire:** Coef. Tipo de renovación de aire = 1

Tipo de renovación	R aire
-Hidroneumático de membrana con revisión periódica de masa de aire	1.0
-Renovación de aire con compresor automático	1.5
-Renovación de aire mediante inyección manual	2.0

### Volumen total del tanque hidroneumático (Wthn)

Wthn= 760.19 l

Wthn= 200.84 gl

Volumen adoptado= 200 gl

**Cantidad:** 2  
**Marca:** Challenger  
**Membrana:** Neopreno  
**Conexión:** 1 1/4"  
**Material:** Metálico

Se recomienda dos tanques hidroneumáticos marca Challenger, el uno modelo GWI120 de 120 galones de volumen y el segundo modelo GWI80 con un volumen de 80 galones

Las bombas deben ser complementadas con un "presostato" con rango 41-61psi.





# **Anexo 6**

Cálculo de sistema contra incendios.



## Cálculo de sistema contra incendios

### Diámetro de la boquilla.

Para el cálculo del sistema de gabinetes contra incendio, se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

- Diámetro de la boquilla: 10mm
- Presión de salida( $P_{boq}$ ): 2bar
- Coef. caudal de la boquilla( $K_{boq}$ ): 67.5

### Cálculo de caudales y presiones mínimas.

$$Q = K_{boq} \times \sqrt{10 \times P_{boq}} \quad Q = 67.5 \times \sqrt{2} = 95.46 \text{ lpm}$$

- Coef. Caudal de gabinete( $K_{gab}$ ): 42.0

$$Q = K_{gab} \times \sqrt{P_{gab}} \quad P_{gab} = \left(\frac{Q}{K_{gab}}\right)^2 = \left(\frac{95.46}{42}\right)^2 = 5.17 \text{ bar} \sim 52.7 \text{ m. c. a.}$$

El caudal mínimo será de 95.46 l/min y la presión residual mínima en el gabinete más desfavorable será de 52.7 m.c.a.

### Coefficiente del emisor:

El diseño del sistema contra incendios se lo realizó en el software libre Epanet 2.0, analizando los consumos de los gabinetes como emisores con caudal variable dependiente de la presión remanente.

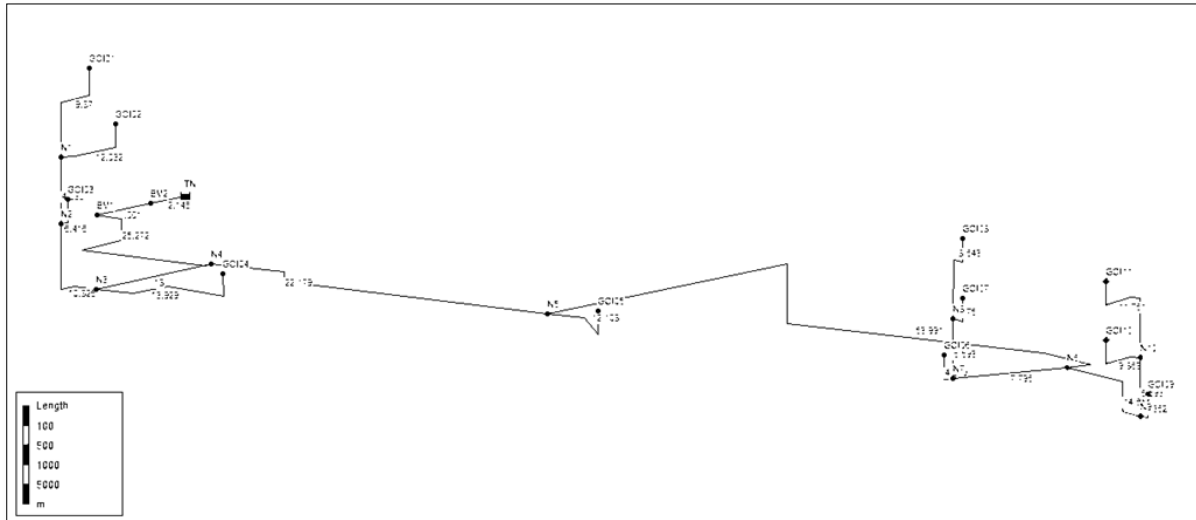
$$\text{Coeficiente del emisor:} \quad 0.313 \times K_{gab} = 0.313 \times 42 = 13.15$$

### Modelación de la red

Se ingresó el modelo de la red en el programa Epanet 2.0 con las longitudes de tubería, longitud equivalente por pérdidas localizadas, diámetros, coeficiente de rugosidad 120 (correspondiente a acero galvanizado).

Para comprobar los resultados del programa, se elaboró una hoja de cálculo con similares procesos de cálculo, obteniendo los resultados esperados.

## Diagrama de red contra incendios con longitudes de tubería+ longitud equivalente



Se analizó el caso más desfavorable para encontrar la altura a la cual debe ingresar el agua para satisfacer el gabinete más crítico con la presión residual mínima, y el escenario más favorable, ya que al disminuir pérdidas aumenta la presión y por ende el caudal.

Se debe variar la altura del tanque de suministro hasta encontrar una altura en la cual se satisfaga a todos los puntos de la red.

Para el estado más desfavorable se obtuvo:

- Caudal de bombeo: 197.66 l/min
- Altura de bombeo: 66 m.c.a.

### **Cálculo de volumen de reserva**

Para el escenario más favorable de funcionamiento de la red, se determinó un nuevo caudal, que resulta de la operación del sistema durante 30 min.

Caudal (Qm): 202.2 l/min

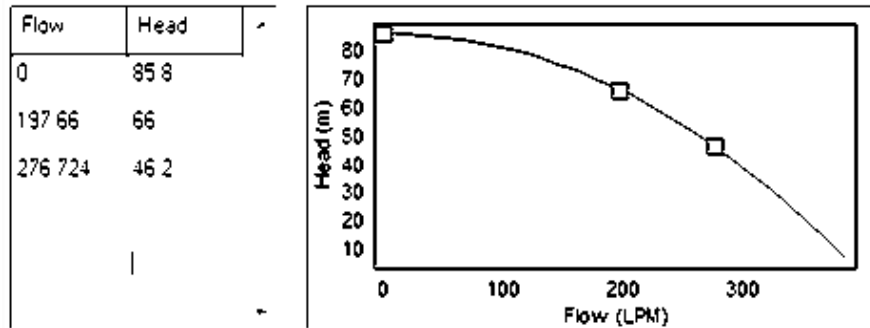
Tiempo(t) :30 min

$$Volumen = Q \times t = 202.2 \times 30 = 6066L = 6.07 m^3$$

El volumen en el escenario más desfavorable es menor que el volumen de diseño de reserva, se conserva el más crítico.

## Dimensionamiento de la bomba

De los resultados se obtuvo el dimensionamiento de la bomba, la cual posee las siguientes características:



Con estos datos se determinó una bomba comercial que cumpla con este comportamiento.

### CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LA BOMBA

Cantidad:	Una
Marca:	PEDROLLO
Caudal:	3.3 l/s
TDH:	66 mca
Eficiencia:	40%
Diámetro de succión ("):	2
Diámetro de descarga ("):	1 ½
Potencia:	7.5 HP
Modelo de la bomba:	2CP40 / 180B





# **Anexo 7**

Presupuesto General.



## PRESUPUESTO REFERENCIAL

PROYECTO: CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL -LOJA-

UBICACIÓN: LOJA, PUNZARA BAJO

Hoja 1 de 3

FECHA: AGOSTO 2012

RUBRO No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>PRESUPUESTO HIDROSANITARIO</b>					<b>41 166.72</b>
<b>TANQUE DE RESERVA</b>					<b>11 469.90</b>
HDB001	LIMPIEZA Y DESBROCE MANUAL DEL TERRENO	m <sup>2</sup>	26.25	1.13	29.66
HDB002	REPLANTEO MANUAL DE EDIFICACIONES	m <sup>2</sup>	26.25	1.01	26.51
HDB003	DESBROCE Y LIMPIEZA A MÁQUINA	m <sup>3</sup>	37.50	0.07	2.63
HDB004	RELLENO COMPACTADO MANUAL	m <sup>3</sup>	10.50	28.41	298.31
HDB005	ENCOFRADO CIRCULAR DE PAREDES RESERVA	m <sup>2</sup>	35.63	42.51	1 514.42
HDB095	ENCOFRADO ESPECIAL EN CÚPULA	m <sup>2</sup>	15.26	47.98	732.20
HDB049	ENLUCIDO VERTICAL + IMPERMEABILIZANTE	m <sup>2</sup>	93.43	5.79	540.96
HDB094	ENLUCIDO EXTERIOR	m <sup>2</sup>	50.45	4.17	210.37
HDB006	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ Kg/cm <sup>2</sup>	kg	37.50	1.72	64.50
HDB007	HORMIGÓN CICLOPEO PARA CIMIENTOS	m <sup>3</sup>	5.22	137.47	717.59
HDB008	REPLANTILLO DE HORMIGÓN $f_c=140$ Kg/cm <sup>2</sup> $e=5$ cm + PIEDRA	m <sup>3</sup>	1.06	106.50	112.54
HDB009	HORMIGÓN SIMPLE EN PISO $f_c=180$ kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	1.37	40.76	55.64
HDB010	HORMIGÓN SIMPLE DE $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	0.51	161.50	82.37
HDB011	MORTERO CEMENTO-ARENA 1:2 + PEGANTE SIKA	m <sup>3</sup>	4.16	140.67	584.48
HDB012	MAMPOSTERÍA DE LADRILLO PEQUEÑO	m <sup>2</sup>	25.58	70.93	1 814.03
HDB013	MALLA ELECTROSOLDADA 15x15x6 mm	m <sup>2</sup>	92.73	10.39	963.46
HDB014	MALLA HEXAGONAL (GALLINERO)	m <sup>2</sup>	305.91	10.42	3 187.53
HDB015	ESCALERA HG 3/4" h=3.00m a=0.4 m	u	2.00	39.63	79.26
HDB016	EMPEDRADO BASE ESPESOR=20CM	m <sup>2</sup>	21.14	6.34	134.03
HDB017	DRENES PVC Ø=110mm	m	17.60	5.67	99.79
HDB018	YEE DOBLE PVC-S 110mm	u	3.00	4.26	12.78
HDB093	PINTURA CON SIKATOP 144 EN CISTERNA	m <sup>2</sup>	50.45	4.10	206.84
<b>RED EXTERNA DE ABASTECIMIENTO</b>					<b>935.33</b>
HDB019	EXCAVACIÓN A MÁQUINA SIN CLASIFICAR	m <sup>3</sup>	1.01	2.37	2.39
HDB020	TUBERÍA PVC PR DE 2"	m	6.27	11.89	74.55
HDB021	TUBERÍA PVC PR DE 1 1/2"	m	66.21	8.69	575.36
HDB022	TUBERÍA PVC PR DE 1 1/4"	m	34.22	7.04	240.91
HDB023	TEE PVC PR DE 2"	u	1.00	6.45	6.45
HDB024	REDUCTOR PVC PR DE 2" X1 1/2"	u	2.00	3.27	6.54
HDB025	CODO PVC PR DE 1 1/2" x 90°	u	5.00	3.24	16.20
HDB026	CODO PVC P 50mm X 45°	u	3.00	4.31	12.93
<b>RED CONTRA INCENDIOS</b>					<b>11 332.16</b>
HDB019	EXCAVACIÓN A MÁQUINA SIN CLASIFICAR	m <sup>3</sup>	1.82	2.37	4.31
HDB027	TUBERÍA HG A-120 1 1/2" PINTADA	m	55.24	8.60	475.02
HDB028	TUBERÍA HG A-120 2" PINTADA	m	132.88	12.78	1 698.17
HDB029	CODO HG 90° 2"	u	13.00	3.94	51.22
HDB030	CODO HG 45° 2"	u	8.00	12.19	97.52
HDB031	CODO HG 90° 1-1/2"	u	11.00	2.15	23.65
HDB032	TEE HG 2"	u	11.00	5.79	63.69
HDB033	REDUCTOR HG DE 2" X 1 1/2"	u	12.00	3.85	46.20
HDB034	GABINETE CONTRA INCENDIOS	u	11.00	655.79	7 213.69
HDB035	VÁLVULA DE PIE CON CANASTILLA BRONCE D=2"	u	2.00	59.17	118.34
HDB036	BOMBA 7.5 HP Q <sub>b</sub> =198 l/min TDH=66m	u	1.00	1 017.95	1 017.95
HDB037	VÁLVULA CHECK BRONCE DE 2"	u	1.00	78.38	78.38
HDB038	VÁLVULA COMPUERTA Y VOLANTE DE BRONCE 2"	u	2.00	99.93	199.86
HDB039	UNIVERSAL HG 2"	u	3.00	7.05	21.15
HDB040	VÁLVULA CORTADORA DE COMPUERTA D=1 1/4"	u	3.00	31.45	94.35
HDB041	REDUCTOR PVC PR DE 1 1/2" X 1"	u	2.00	3.36	6.72
HDB042	UNIVERSAL PVC-P U/Rc 1 1/4"	u	2.00	6.60	13.20
HDB043	VÁLVULA FLOTADORA BRONCE DE 60mm	u	1.00	88.88	88.88
HDB044	CODO PVC PR DE 1 1/4" x 90°	u	4.00	2.67	10.68
HDB045	CODO PVC PR DE 2" x 90°	u	2.00	4.59	9.18
HDB046	UNIVERSAL PVC-P U/Rc 2"	u	1.00	12.30	12.30
<b>CISTERNA Y ESTACIÓN DE BOMBEO "A"</b>					<b>4 716.17</b>
HDB047	REPLANTILLO DE HORMIGÓN SIMPLE 140 KG/CM <sup>2</sup> e=10cm	m <sup>3</sup>	0.83	95.87	79.38
HDB048	HORMIGÓN SIMPLE EN CISTERNA $F_c=240$ Kg./cm <sup>2</sup> + MALLA	m <sup>3</sup>	3.40	182.09	619.11
HDB049	ENLUCIDO VERTICAL + IMPERMEABILIZANTE	m <sup>2</sup>	8.60	5.79	49.79
HDB094	ENLUCIDO EXTERIOR	m <sup>2</sup>	14.61	4.17	60.92
HDB093	PINTURA CON SIKATOP 144 EN CISTERNA	m <sup>2</sup>	8.60	4.10	206.84
HDB050	TAPA DE BOCA DE VISITA TOL 1/16" 0.60X0.60	u	2.00	28.42	56.84
HDB051	VÁLVULA DE PIE CON REJILLA 1 1/4" BRONCE	u	2.00	31.67	63.34
HDB052	CODO HG 90° 1-1/4"	u	2.00	2.25	4.50
HDB053	UNIVERSAL HG 1 1/4"	u	2.00	4.21	8.42

**PRESUPUESTO REFERENCIAL**

**PROYECTO:** CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL -LOJA-

**UBICACIÓN:** LOJA, PUNZARA BAJO

**FECHA:** AGOSTO 2012

Hoja 2 de 3

RUBRO No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>PRESUPUESTO HIDROSANITARIO</b>					<b>41 166.72</b>
HDB054	UNIONES DE HG DE 1 1/4"	u	2.00	1.58	3.16
HDB055	NEPLO DE CINTURA HG Ø=3"	u	2.00	2.82	5.64
HDB056	BOMBA 3 HP Qb=117 l/min TDH=42.10m	u	2.00	606.11	1 212.22
HDB057	REDUCTOR PVC-PR 1 1/4" X 1 "	u	2.00	3.30	6.60
HDB058	CODO PVC DE 1 1/2"	u	4.00	3.86	15.44
HDB059	VÁLVULA CHECK BRONCE DE 1 1/2"	u	2.00	52.88	105.76
HDB060	VÁLVULA COMPUERTA Y VOLANTE DE BRONCE 1 1/2	u	4.00	59.23	236.92
HDB061	UNIÓN UNIVERSAL PVC PR DE 1 1/2"	u	5.00	7.09	35.45
HDB025	CODO PVC PR DE 1 1/2" x 90°	u	5.00	3.24	16.20
HDB062	TEE PVC PR DE 1 1/2"	u	3.00	3.50	10.50
HDB063	TANQUE HIDRONEUMATICO 53 GL.	u	1.00	801.01	801.01
HDB064	TANQUE HIDRONEUMATICO 60 GL.	u	1.00	935.01	935.01
HDB065	VALVULA CORTADORA DE COMPUERTA RW BRONCE 1 1/4"	u	2.00	30.24	60.48
HDB066	UNIÓN UNIVERSAL PVC PR DE 1 1/4"	u	1.00	5.06	5.06
HDB043	VÁLVULA FLOTADORA BRONCE DE 60mm	u	1.00	88.88	88.88
HDB044	CODO PVC PR DE 1 1/4" x 90°	u	1.00	2.67	2.67
HDB029	CODO HG 90° 2"	u	3.00	3.94	11.82
HDB032	TEE HG 2"	u	1.00	5.79	5.79
HDB053	UNIVERSAL HG 1 1/4"	u	2.00	4.21	8.42
<b>INSTALACIONES PARA AGUA POTABLE EDIF. ADMINISTRATIVO Y AUDITORIO</b>					<b>1 854.47</b>
HDB067	TUBERÍA PVC PR DE 1/2"	m	89.64	2.34	209.76
HDB068	TUBERÍA PVC PR DE 3/4"	m	71.59	2.89	206.90
HDB069	TUBERÍA PVC PR DE 1"	m	22.20	4.37	97.01
HDB022	TUBERÍA PVC PR DE 1 1/4"	m	16.37	7.04	115.24
HDB021	TUBERÍA PVC PR DE 1 1/2"	m	7.02	8.69	60.96
HDB070	CALEFON A GAS 26 Lt (Instamatic)	u	1.00	331.66	331.66
HDB071	CODO PVC PR DE 1/2" x 90°	u	45.00	0.81	36.45
HDB072	CODO PVC PR DE 3/4" x 90°	u	26.00	1.18	30.68
HDB073	CODO PVC PR DE 1" x 90°	u	7.00	1.89	13.23
HDB044	CODO PVC PR DE 1 1/4" x 90°	u	1.00	2.67	2.67
HDB025	CODO PVC PR DE 1 1/2" x 90°	u	2.00	3.24	6.48
HDB026	CODO PVC P 50mm X 45°	u	3.00	4.31	12.93
HDB074	TEE PVC PR DE 1/2"	u	42.00	0.95	39.90
HDB075	TEE PVC PR DE 3/4"	u	24.00	1.32	31.68
HDB076	TEE PVC PR DE 1"	u	9.00	2.38	21.42
HDB077	TEE PVC PR DE 1 1/4"	u	3.00	3.47	10.41
HDB062	TEE PVC PR DE 1 1/2"	u	1.00	3.50	3.50
HDB078	REDUCTOR PVC - PR 3/4"X 1/2"	u	24.00	1.73	41.52
HDB079	REDUCTOR PVC PR 1" - 3/4"	u	9.00	0.80	7.20
HDB057	REDUCTOR PVC-PR 1 1/4" X 1 "	u	2.00	3.30	6.60
HDB080	VÁLVULA COMPUERTA Y VOLANTE DE BRONCE 1/2"	u	4.00	13.21	52.84
HDB081	VÁLVULA COMPUERTA Y VOLANTE DE BRONCE 3/4"	u	14.00	28.62	400.68
HDB082	VÁLVULA COMPUERTA Y VOLANTE DE BRONCE 1"	u	3.00	38.25	114.75
<b>CISTERNA Y ESTACIÓN DE BOMBEO "B"</b>					<b>6 923.81</b>
HDB047	REPLANTILLO DE HORMIGÓN SIMPLE 140 KG/CM2 e=10cm	m³	0.83	95.87	79.38
HDB048	HORMIGÓN SIMPLE EN CISTERNA Fc.=240 Kg./cm2 + MALLA	m³	5.47	182.09	996.03
HDB049	ENLUCIDO VERTICAL + IMPERMEABILIZANTE	m²	20.20	5.79	116.96
HDB094	ENLUCIDO EXTERIOR	m²	27.24	4.17	113.59
HDB093	PINTURA CON SIKATOP 144 EN CISTERNA	m²	20.20	4.10	206.84
HDB050	TAPA DE BOCA DE VISITA TOL 1/16" 0.60X0.60	u	2.00	28.42	56.84
HDB035	VÁLVULA DE PIE CON CANASTILLA BRONCE D=2"	u	2.00	59.17	118.34
HDB029	CODO HG 90° 2"	u	2.00	3.94	7.88
HDB039	UNIVERSAL HG 2"	u	2.00	7.05	14.10
HDB083	UNION HG Ø=2"	u	2.00	4.56	9.12
HDB084	NEPLO HG 2" L=20cm	u	2.00	5.70	11.40
HDB085	BOMBA 7.5 HP Qb=332.4 l/min TDH=45m	u	2.00	1 007.57	2 015.14
HDB086	REDUCTOR PVC PR DE 2" X1 1/4"	u	2.00	2.54	5.08
HDB087	CODO PVC 2" X 45°	u	4.00	3.99	15.96
HDB037	VÁLVULA CHECK BRONCE DE 2"	u	2.00	78.38	156.76
HDB038	VÁLVULA COMPUERTA Y VOLANTE DE BRONCE 2"	u	4.00	99.93	399.72
HDB088	UNIÓN UNIVERSAL PVC PR DE 2"	u	5.00	6.92	34.60
HDB045	CODO PVC PR DE 2" x 90°	u	5.00	4.59	22.95
HDB023	TEE PVC PR DE 2"	u	3.00	6.45	19.35
HDB089	TANQUE HIDRONEUMATICO 80 GL.	u	1.00	1 021.01	1 021.01

**PRESUPUESTO REFERENCIAL**

**PROYECTO:** CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL -LOJA-

**UBICACIÓN:** LOJA, PUNZARA BAJO

Hoja 3 de 3

**FECHA:** AGOSTO 2012

RUBRO No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
<b>PRESUPUESTO HIDROSANITARIO</b>					<b>41 166.72</b>
HDB090	TANQUE HIDRONEUMÁTICO 120 GL.	u	1.00	1 338.67	1 338.67
HDB060	VÁLVULA COMPUERTA Y VOLANTE DE BRONCE 1 1/2"	u	1.00	59.23	59.23
HDB061	UNIÓN UNIVERSAL PVC PR DE 1 1/2"	u	1.00	7.09	7.09
HDB091	VÁLVULA FLOTADORA DE BRONCE CON BOLA DE COBRE 1 1/2"	u	1.00	45.71	45.71
HDB029	CODO HG 90° 2"	u	3.00	3.94	11.82
HDB032	TEE HG 2"	u	1.00	5.79	5.79
HDB053	UNIVERSAL HG 1 1/4"	u	1.00	4.21	4.21
HDB065	VALVULA CORTADORA DE COMPUERTA RW BRONCE 1 1/4"	u	1.00	30.24	30.24
<b>INSTALACIONES PARA AGUA POTABLE BLOQUE DE VARONES Y DE MUJERES</b>					<b>3 934.88</b>
HDB067	TUBERÍA PVC PR DE 1/2"	m	159.03	2.34	372.13
HDB068	TUBERÍA PVC PR DE 3/4"	m	112.17	2.89	324.17
HDB069	TUBERÍA PVC PR DE 1"	m	71.28	4.37	311.49
HDB022	TUBERÍA PVC PR DE 1 1/4"	m	93.07	7.04	655.21
HDB021	TUBERÍA PVC PR DE 1 1/2"	m	28.97	8.69	251.75
HDB070	CALEFON A GAS 26 Lt (Instamatic)	u	2.00	331.66	663.32
HDB071	CODO PVC PR DE 1/2" x 90°	u	82.00	0.81	66.42
HDB072	CODO PVC PR DE 3/4" x 90°	u	20.00	1.18	23.60
HDB073	CODO PVC PR DE 1" x 90°	u	17.00	1.89	32.13
HDB044	CODO PVC PR DE 1 1/4" x 90°	u	6.00	2.67	16.02
HDB025	CODO PVC PR DE 1 1/2" x 90°	u	3.00	3.24	9.72
HDB026	CODO PVC P 50mm X 45°	u	11.00	4.31	47.41
HDB074	TEE PVC PR DE 1/2"	u	90.00	0.95	85.50
HDB075	TEE PVC PR DE 3/4"	u	41.00	1.32	54.12
HDB076	TEE PVC PR DE 1"	u	9.00	2.38	21.42
HDB077	TEE PVC PR DE 1 1/4"	u	4.00	3.47	13.88
HDB062	TEE PVC PR DE 1 1/2"	u	1.00	3.50	3.50
HDB078	REDUCTOR PVC - PR 3/4" X 1/2"	u	47.00	1.73	81.31
HDB079	REDUCTOR PVC PR 1" - 3/4"	u	13.00	0.80	10.40
HDB057	REDUCTOR PVC-PR 1 1/4" X 1"	u	4.00	3.30	13.20
HDB092	REDUCTOR PVC-PR 1 1/4" - 1/2"	u	1.00	3.96	3.96
HDB080	VÁLVULA COMPUERTA Y VOLANTE DE BRONCE 1/2"	u	11.00	13.21	145.31
HDB081	VÁLVULA COMPUERTA Y VOLANTE DE BRONCE 3/4"	u	14.00	28.62	400.68
HDB082	VÁLVULA COMPUERTA Y VOLANTE DE BRONCE 1"	u	7.00	38.25	267.75
HDB065	VALVULA CORTADORA DE COMPUERTA RW BRONCE 1 1/4"	u	2.00	30.24	60.48

SUBTOTAL	41 166.72
I.V.A. 0%:	0.00
INDIRECTOS 0%:	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>41 166.72</b>

Son: CUARENTA Y UN MIL CIENTO SESENTA Y SEIS con 72/100 DÓLARES... no incluye IVA ni porcentaje por costos indirectos.





# **Anexo 8**

Planos de detalle.



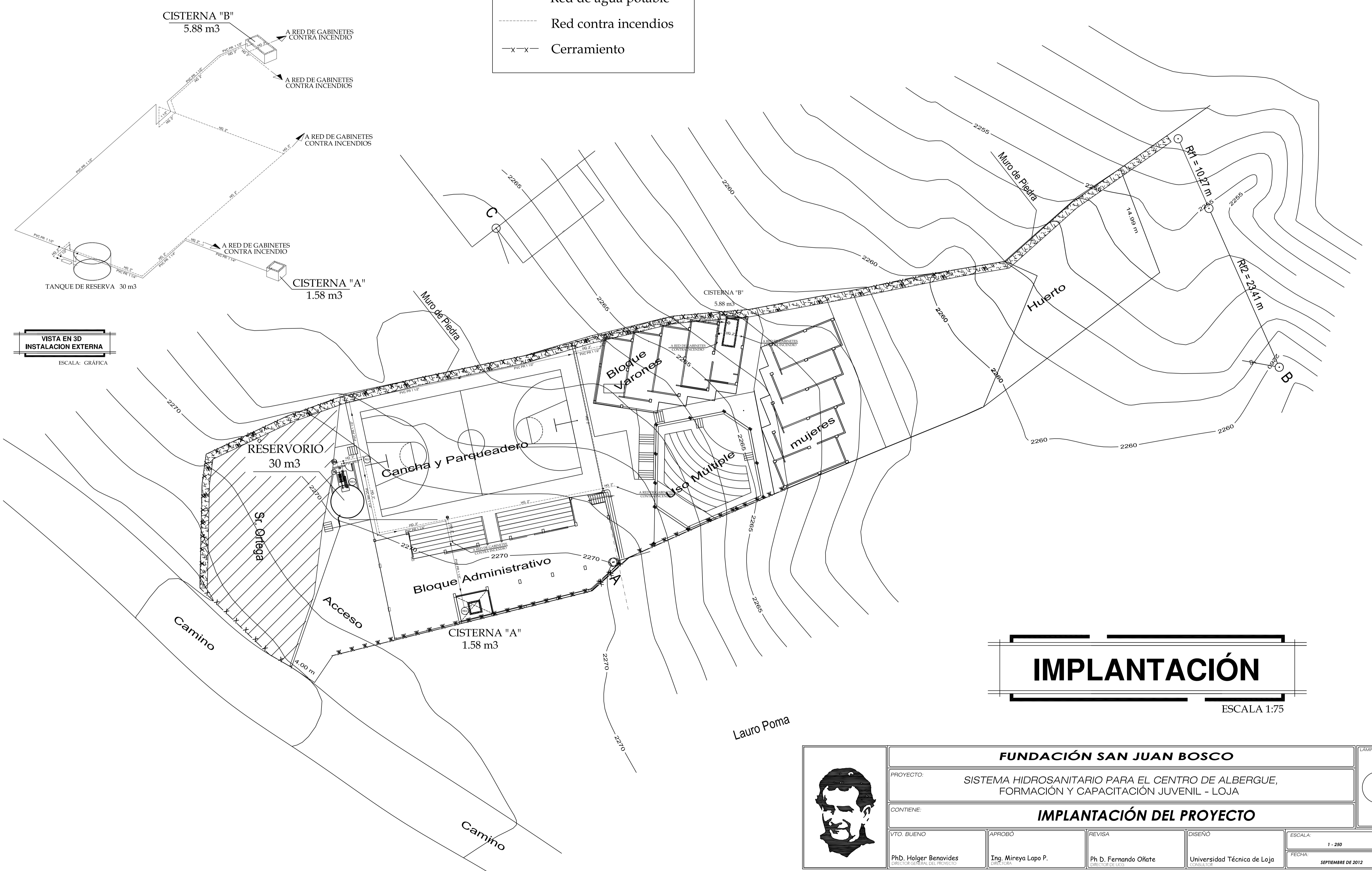


## ÍNDICE DE PLANOS.

- Plano N° 1:** *Implantación general del proyecto.*
- Plano N° 2:** *Distribución de sistemas en el subsuelo del edificio administrativo.*
- Plano N° 3:** *Distribución de sistemas en planta baja del edificio administrativo.*
- Plano N° 4:** *Distribución de sistemas en 1ra planta alta del edificio administrativo.*
- Plano N° 5:** *Distribución de sistemas en 2da planta alta del edificio administrativo.*
- Plano N° 6:** *Distribución de sistemas en sala de uso múltiple.*
- Plano N° 7:** *Axonometría edificio administrativo y sala de uso múltiple.*
- Plano N° 8:** *Distribución de sistemas en planta baja bloque de varones.*
- Plano N° 9:** *Distribución de sistemas en 1ra planta de bloque de varones.*
- Plano N° 10:** *Distribución de sistemas en 2da planta de bloque de varones.*
- Plano N° 11:** *Axonometría bloque de varones.*
- Plano N° 12:** *Distribución de sistemas en planta baja bloque de mujeres.*
- Plano N° 13:** *Distribución de sistemas en 1ra planta de bloque de mujeres.*
- Plano N° 14:** *Distribución de sistemas en 2da planta de bloque de mujeres.*
- Plano N° 15:** *Axonometría bloque de mujeres.*
- Plano N° 16:** *Estación de bombeo "A".*
- Plano N° 17:** *Estación de bombeo "B".*
- Plano N° 18:** *Tanque de reserva.*
- Plano N° 19:** *Detalles estructurales de tanque de reserva 30 m<sup>3</sup>.*
- Plano N° 20:** *Detalles constructivos de tanque de reserva 30 m<sup>3</sup>.*



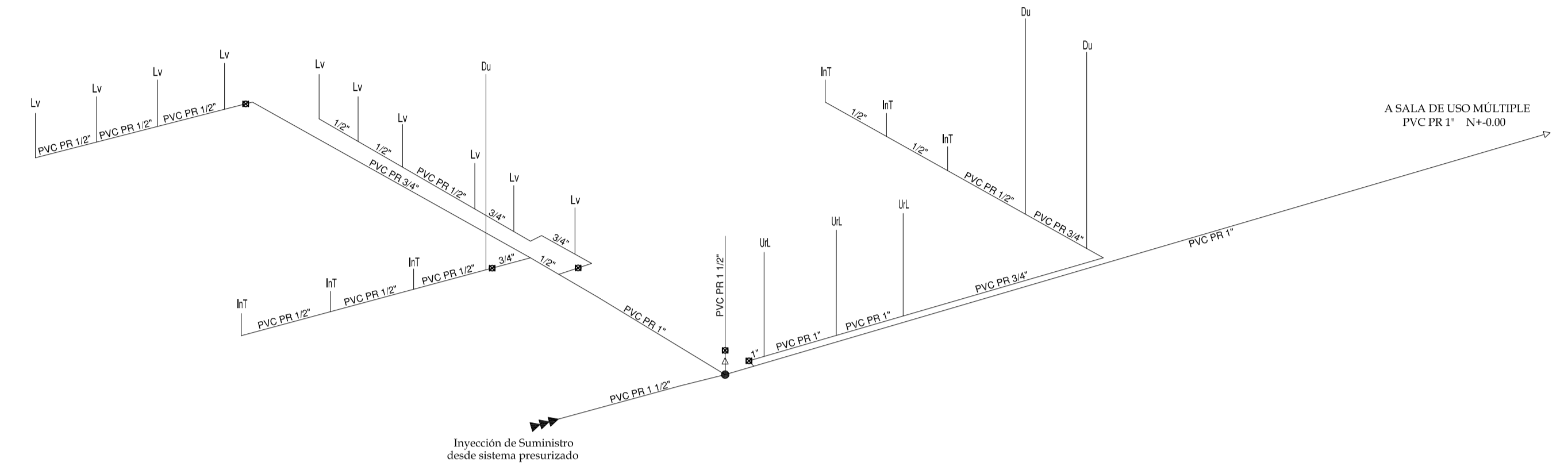
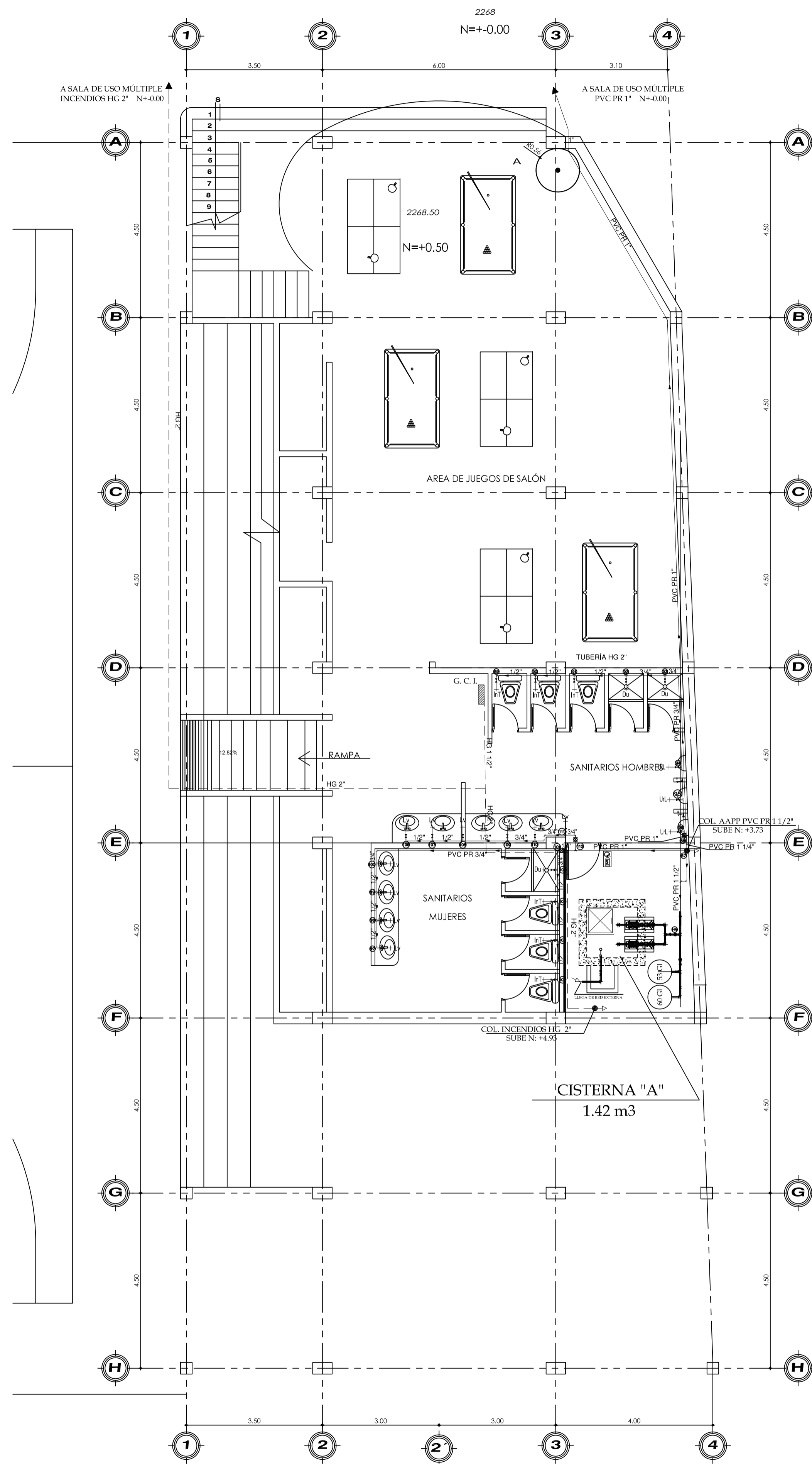
SIMBOLOGIA	
	Red de agua potable
	Red contra incendios
	Cerramiento



# IMPLANTACIÓN

ESCALA 1:75


	<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>			LÁMINA <span style="font-size: 2em; font-weight: bold;">1</span> de 20
	PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA			
<b>CONTIENE: IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO</b>				
VTO. BUENO	APROBO	REVISÓ	DISEÑO	ESCALA: 1 - 250
Ph.D. Holger Benavides DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO	Ing. Mireya Lapo P. DIRECTORA	Ph.D. Fernando Oñate DIRECTOR DE LEGIS.	Universidad Técnica de Loja CONSULTOR	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2012

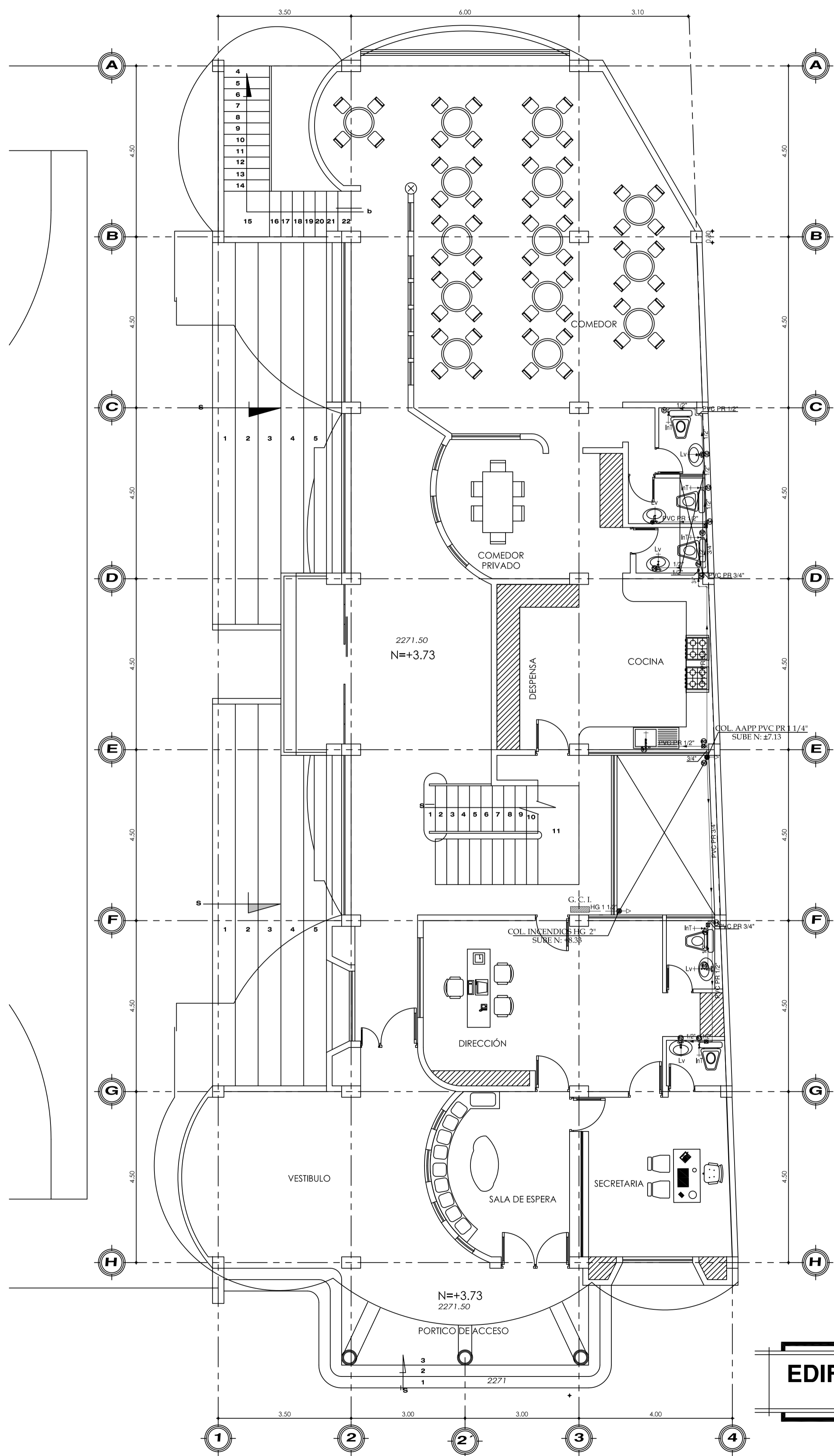


**VISTA EN 3D  
INSTALACIONES DE AGUA**  
ESCALA: GRÁFICA

**EDIFICIO ADMINISTRATIVO  
SUBSUELO N: +0.50**  
ESCALA 1:75

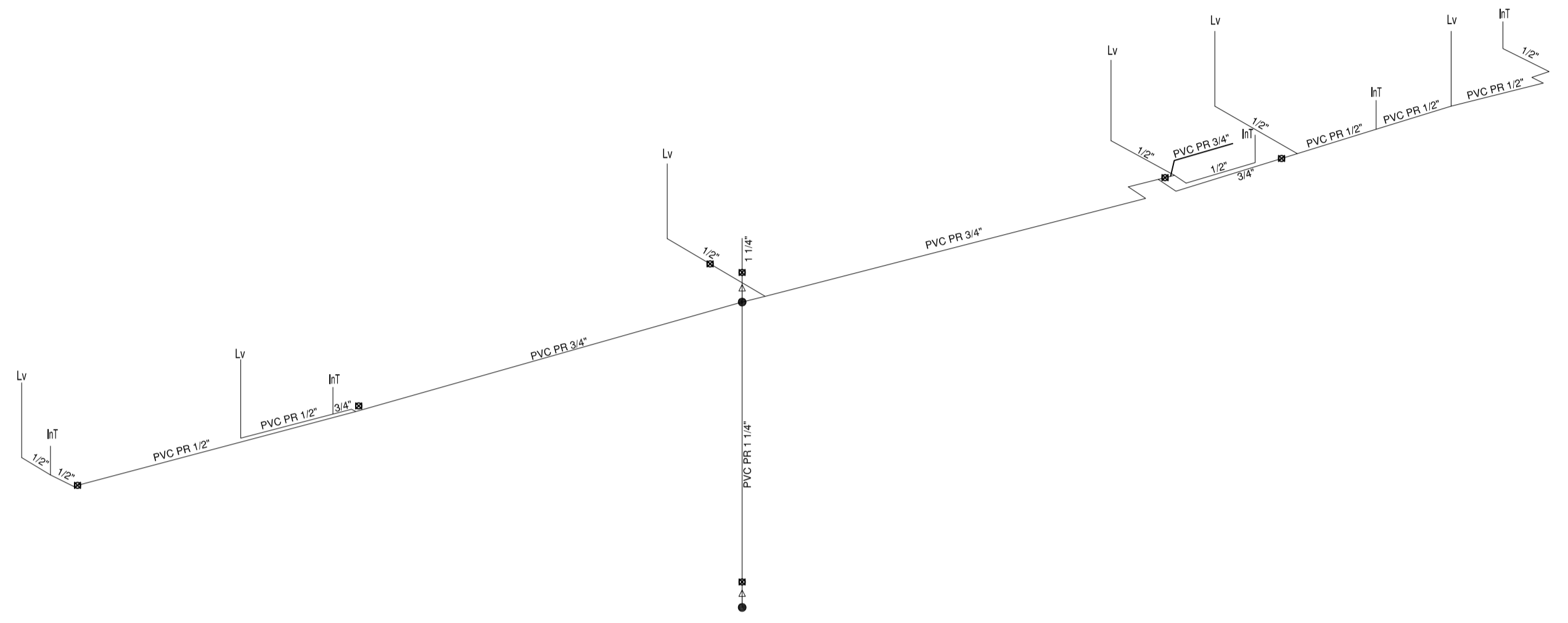
SIMBOLOGIA	
—	Red de agua fría
- - -	Red de agua caliente
- · - · -	Red contra incendios
Lv	Lavabo
Ur	Urinario con llave
InT	Inodoro con depósito
FrC	Fregadero de cocina
Fr	Fregadero
MqR	Máquina Lavaropa
Du	Ducha
→	Consumos
⊞	Llave de paso
■	Gabinete contra incendio
☒	Extintor
●	Montante

	<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>				LÁMINA <b>2</b> de 20
	PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA				
CONTIENE: SUBSUELO EDIFICIO ADMINISTRATIVO - ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE - RED CONTRA INCENDIOS					
VTO. BUENO	APROBO	REVIS	DISEÑO	ESCALA: INDICADAS	
Ph.D. Holger Benavides DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO	Ing. Mireya Lapo P. DIRECTORA	Ph.D. Fernando Oñate DIRECTOR DE L.O.G.	Universidad Técnica de Loja CONSTRUCTORA	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2012	



**EDIFICIO ADMINISTRATIVO  
PLANTA BAJA N: +3.73**

ESCALA 1:75

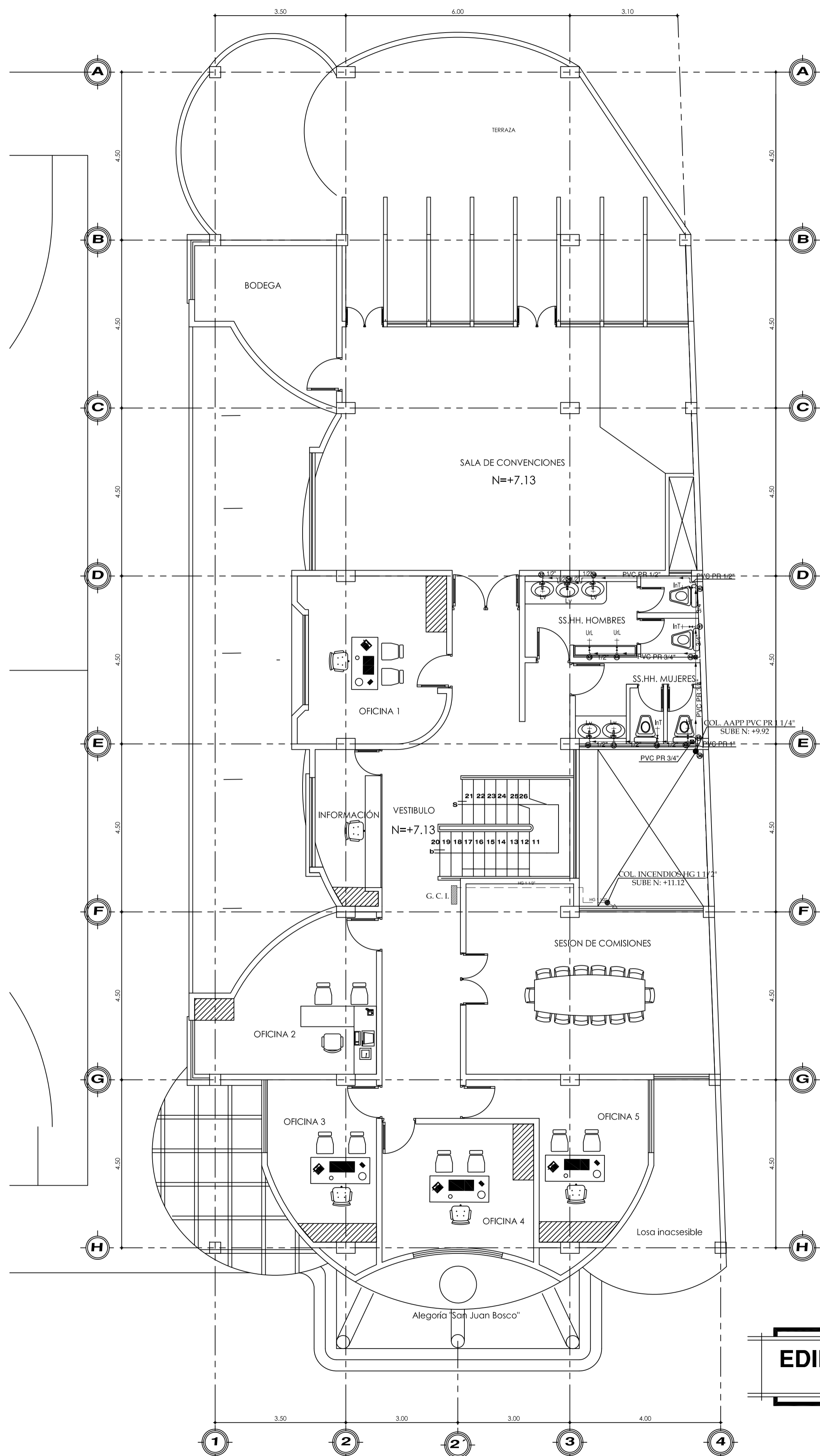


**VISTA EN 3D  
INSTALACIONES DE AGUA**

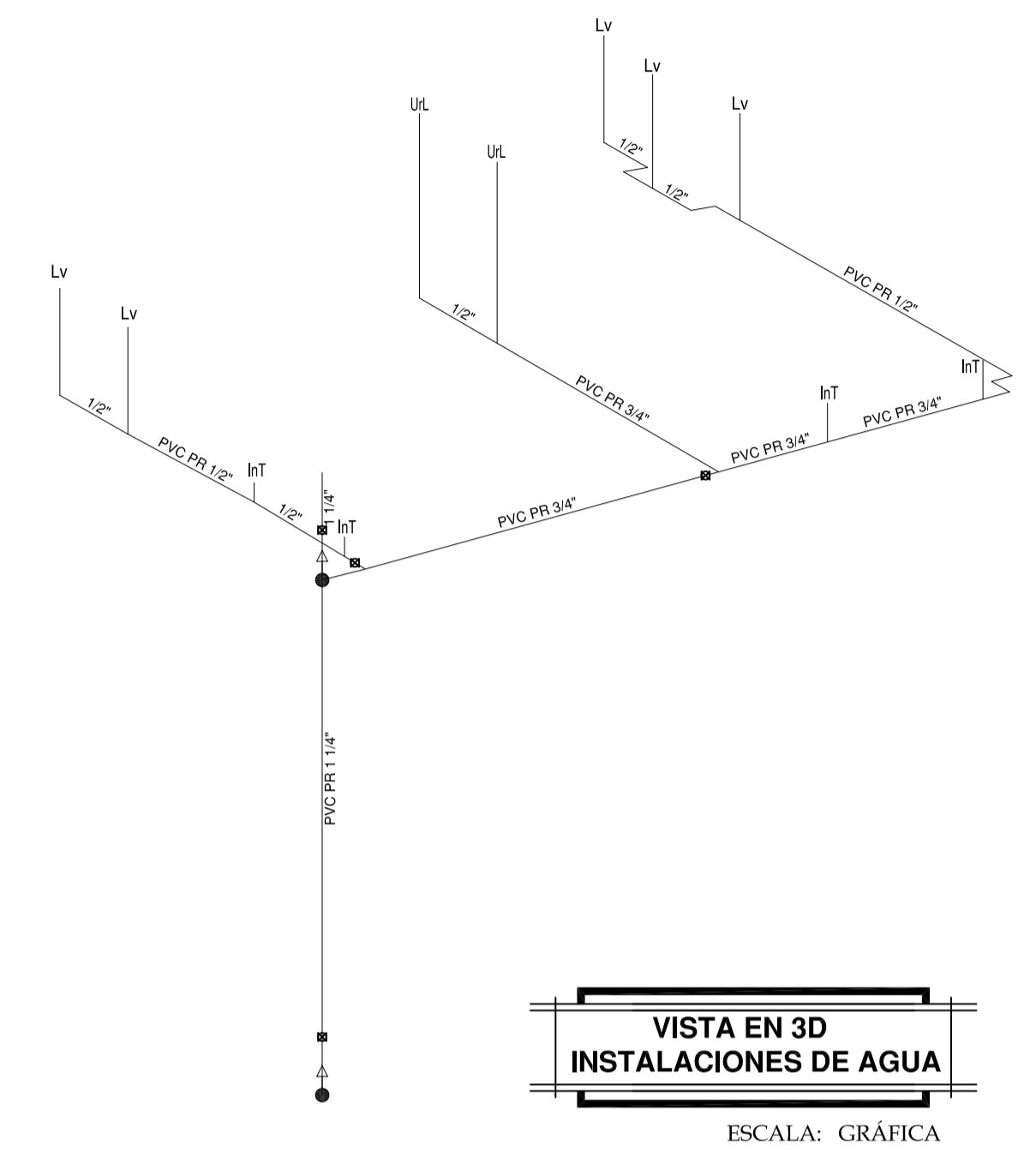
ESCALA: GRÁFICA

SIMBOLOGIA	
	Red de agua fría
	Red de agua caliente
	Red contra incendios
Lv	Lavabo
UrL	Urinario con flave
InT	Inodoro con depósito
FxC	Fregadero de cocina
Fr	Fregadero
MqR	Máquina Lavaropa
Du	Ducha
Consumos	Consumos
	Llave de paso
	Gabinete contra incendio
	Extintor
	Montante

	<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>				LÁMINA <b>3</b> de 20
	PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA				
CONTIENE: PLANTA BAJA EDIFICIO ADMINISTRATIVO - ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE - RED CONTRA INCENDIOS					ESCALA: <b>INDICADAS</b>
VTO. BUENO	APROBO	REVIS	DISENO	FECHA:	
Ph.D. Holger Benavides DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO	Ing. Mireya Lapo P. DIRECTORA	Ph.D. Fernando Oñate DIRECTOR DE L.O.G.	Universidad Técnica de Loja CONSTRUCTORA	SEPTIEMBRE DE 2012	



**EDIFICIO ADMINISTRATIVO**  
1ra PLANTA ALTA N: +7.13  
ESCALA 1:75

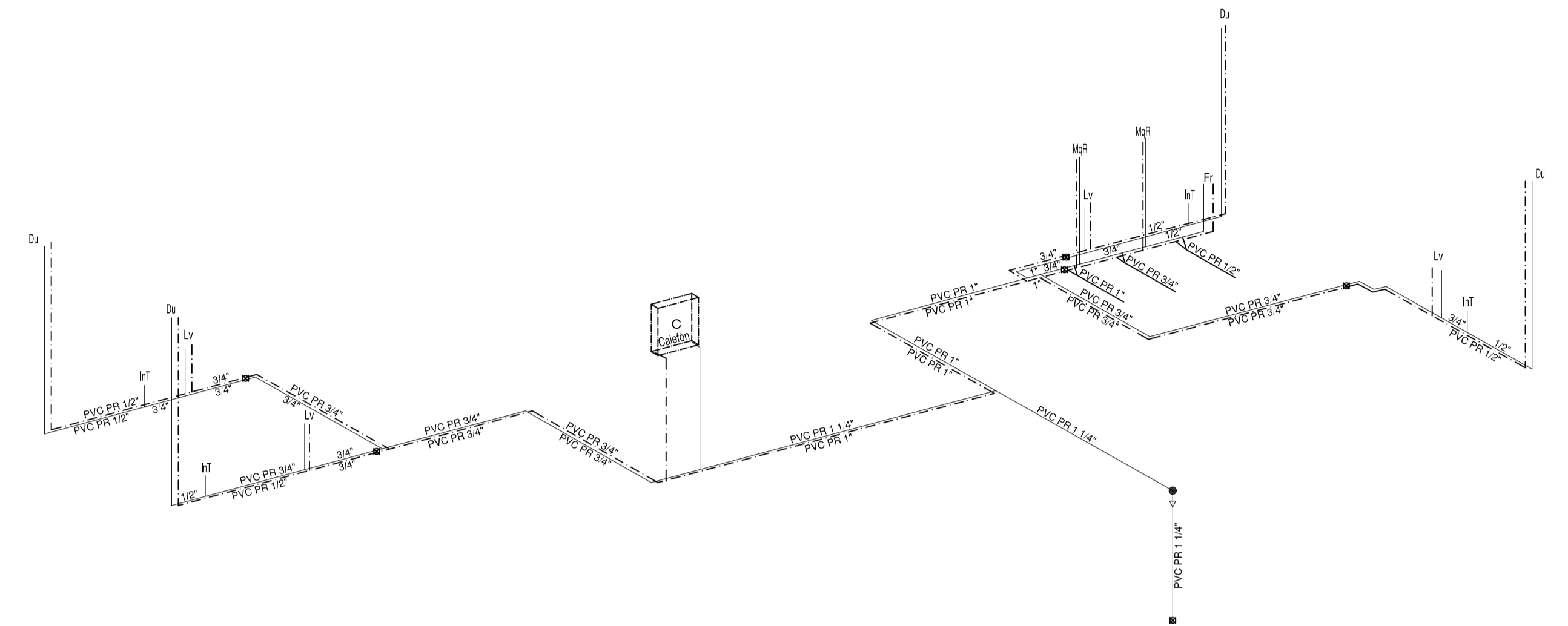
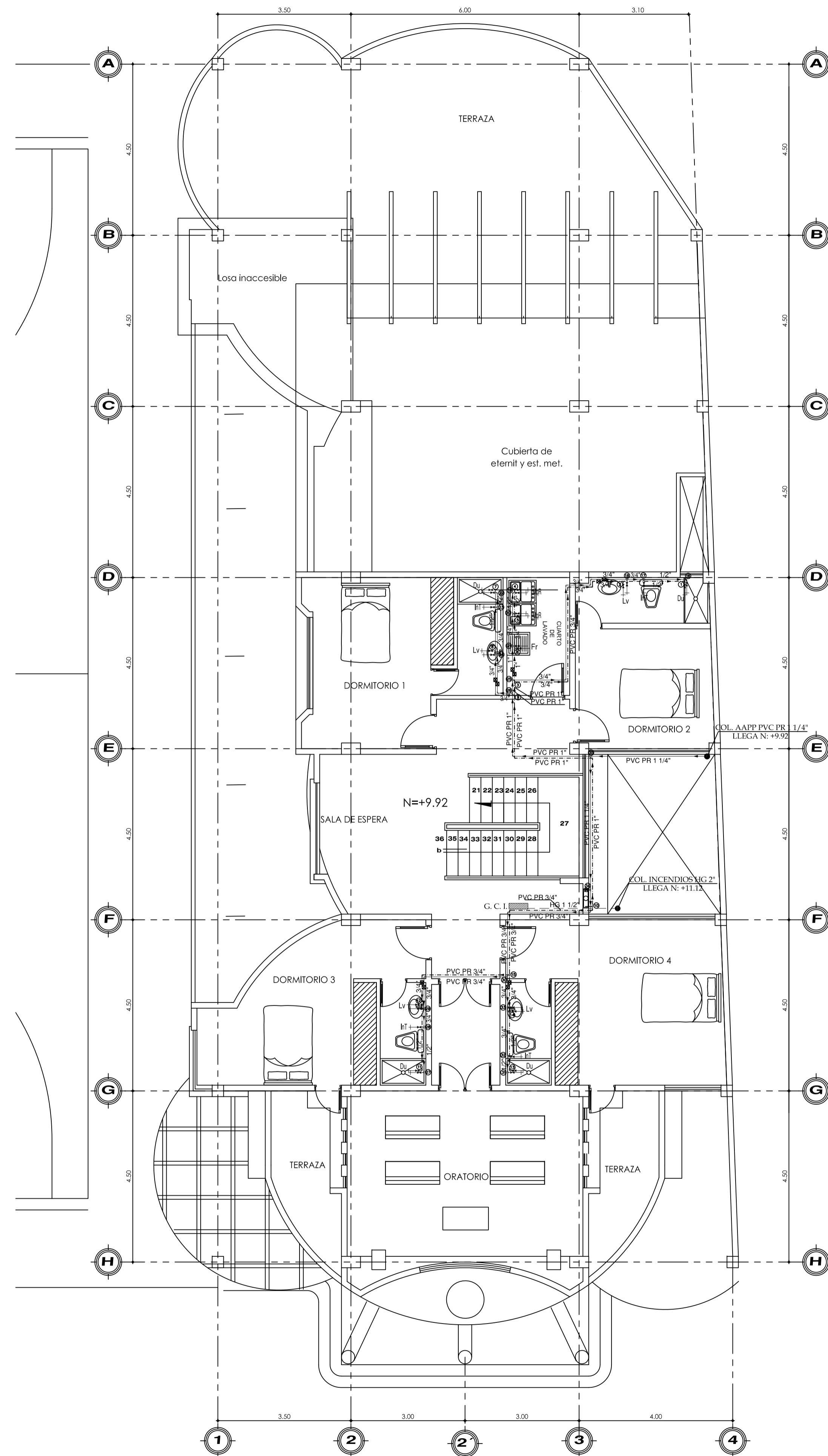


**VISTA EN 3D**  
**INSTALACIONES DE AGUA**  
ESCALA: GRÁFICA

**SIMBOLOGIA**

- Red de agua fría
- - - Red de agua caliente
- - - Red contra incendios
- Lv Lavabo
- UrL Urinario con llave
- InT Inodoro con depósito
- FrC Fregadero de cocina
- Fr Fregadero
- MqR Máquina Lavaropa
- Du Ducha
- ++ Consumos
- ⊗ Llave de paso
- Gabinete contra incendio
- Extintor
- Montante

	<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>				LÁMINA
	PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA				<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <span style="font-size: 24px; font-weight: bold;">4</span>  <span style="font-size: 10px;">de 20</span> </div>
CONTIENE:		PRIMERA PLANTA ALTA EDIFICIO ADMINISTRATIVO		- ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE - RED CONTRA INCENDIOS	
VTO. BUENO	APROBO	REVISAR	DISEÑO	ESCALA: INDICADAS	
Ph.D. Holger Benavides DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO	Ing. Mireya Lapo P. DIRECTORA	Ph.D. Fernando Oñate DIRECTOR DE LEJ	Universidad Técnica de Loja CONSTRUCTORA	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2012	



VISTA EN 3D  
INSTALACIONES DE AGUA

ESCALA: GRÁFICA

SIMBOLOGIA	
	Red de agua fría
	Red de agua caliente
	Red contra incendios
	Lavabo
	Urinario con llave
	Inodoro con depósito
	Fregadero de cocina
	Fregadero
	Máquina Lavaropa
	Ducha
	Consumos
	Llave de paso
	Gabinete contra incendio
	Extintor
	Montante

## EDIFICIO ADMINISTRATIVO

2da PLANTA ALTA N: +9.92

ESCALA 1:75



PROYECTO:

SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE,  
FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA

CONTIENE:

SEGUNDA PLANTA ALTA EDIFICIO ADMINISTRATIVO

- ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
- RED CONTRA INCENDIOS

VTO. BUENO

Ph.D. Holger Benavides  
DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO

APROBO

Ing. Mireya Lapo P.  
DIRECTORA

REVISÓ

Ph D. Fernando Oñate  
DIRECTOR DE U.G.

DISEÑO

Universidad Técnica de Loja  
CONSTRUCTORA

ESCALA:

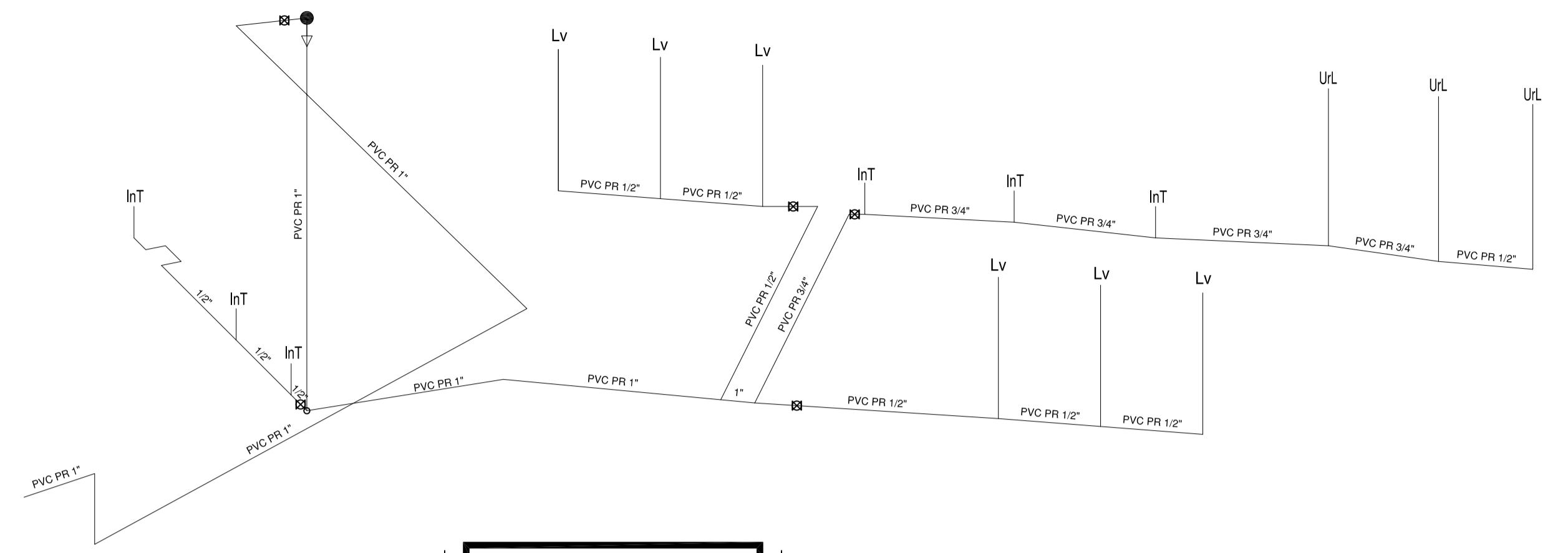
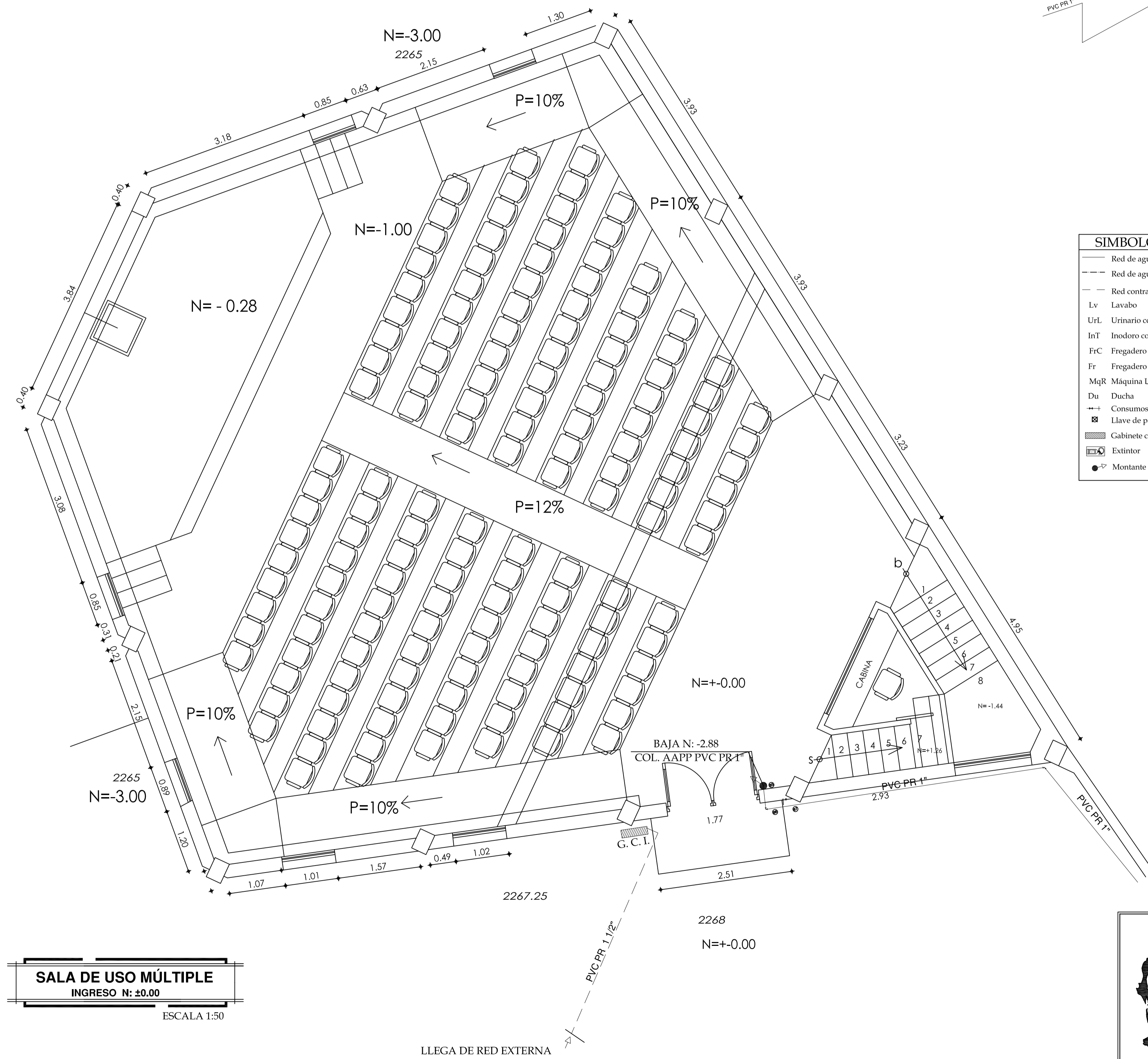
INDICADAS

FECHA:

SEPTIEMBRE DE 2012

LÁMINA

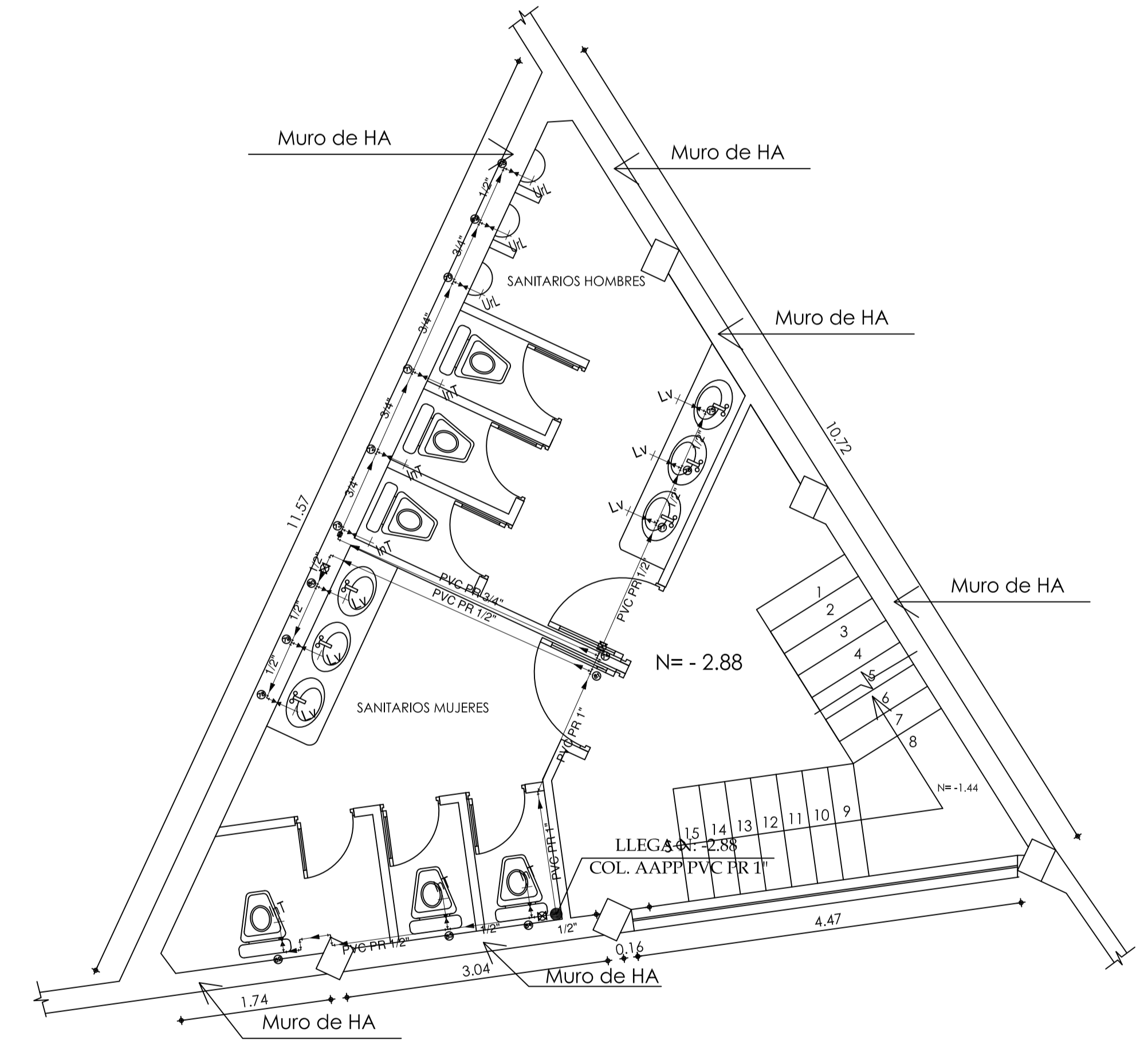
5  
de 20



**VISTA EN 3D  
INSTALACIONES DE AGUA**  
ESCALA: GRÁFICA

**SIMBOLOGIA**

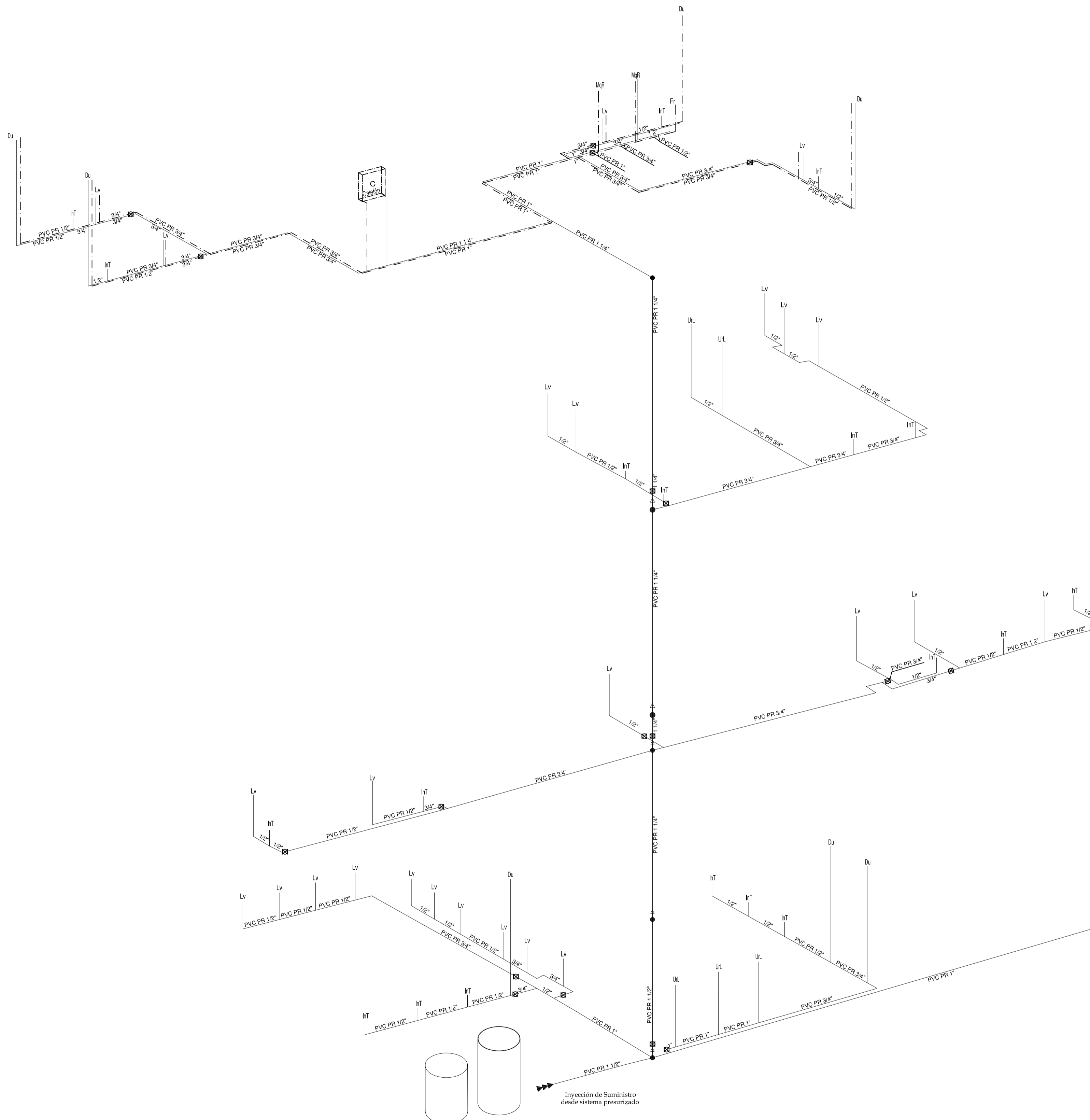
- Red de agua fría
- - - Red de agua caliente
- - - Red contra incendios
- Lv Lavabo
- UrL Urinario con llave
- InT Inodoro con depósito
- FrC Fregadero de cocina
- Fr Fregadero
- MqR Máquina Lavaropa
- Du Ducha
- Consumos
- LLlave de paso
- Gabinete contra incendio
- Extintor
- Montante



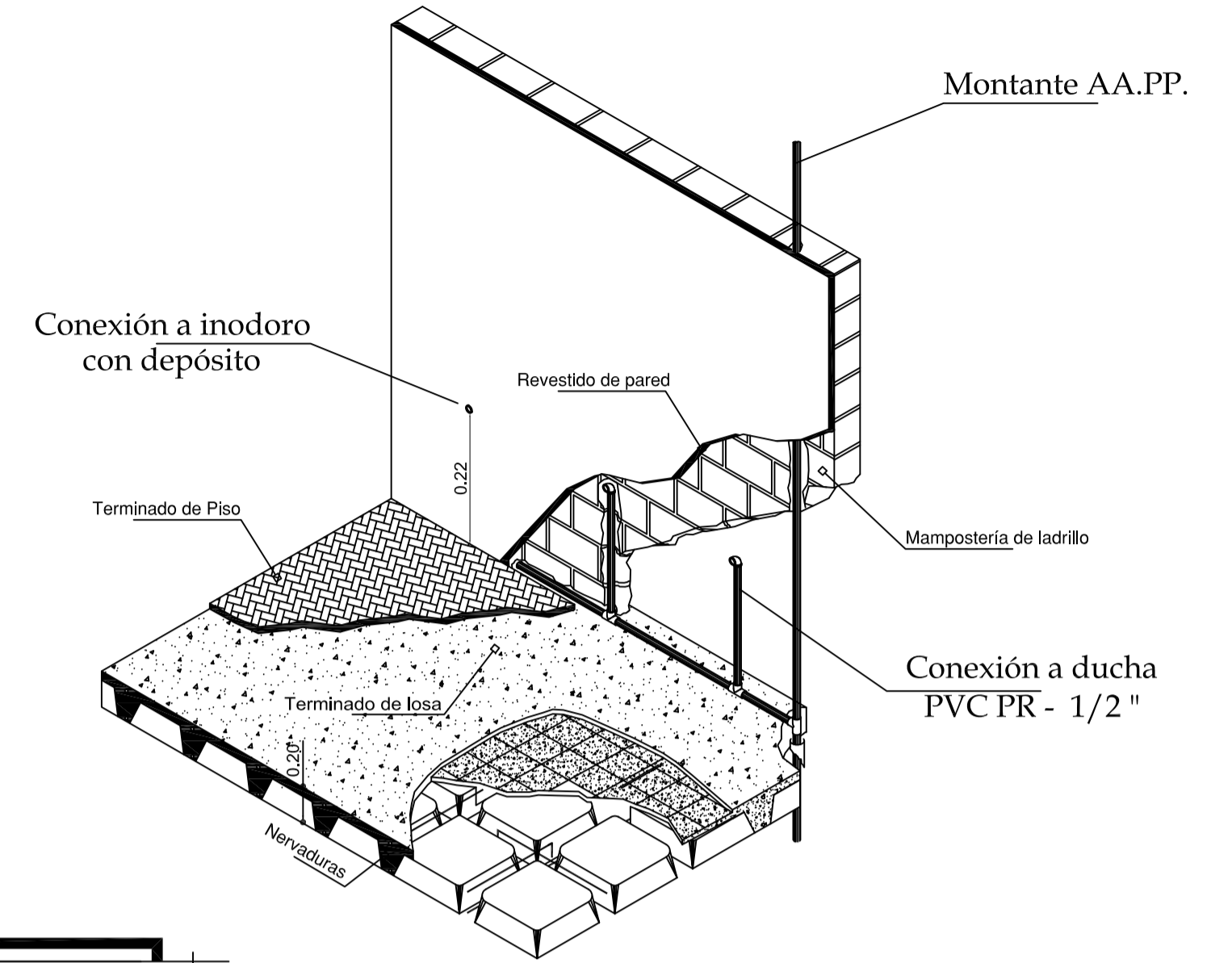
**SALA DE USO MÚLTIPLE  
BATERÍAS SANITARIAS N: -2.88**  
ESCALA 1:50

**SALA DE USO MÚLTIPLE  
INGRESO N: ±0.00**  
ESCALA 1:50

	<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>			LÁMINA <b>6</b> de 20
	PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA			
CONTIENE: <b>SALA DE USO MÚLTIPLE</b> - ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE - RED CONTRA INCENDIOS				
VTO. BUENO <b>Ph.D. Holger Benavides</b> <small>DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO</small>	APROBO <b>Ing. Mireya Lapo P.</b> <small>DISEÑADORA</small>	REVISÓ <b>Ph D. Fernando Oñate</b> <small>DIRECTOR DE LEJES</small>	DISEÑO <b>Universidad Técnica de Loja</b> <small>CONSULTOR</small>	ESCALA: <b>INDICADAS</b> FECHA: <b>SEPTIEMBRE DE 2012</b>



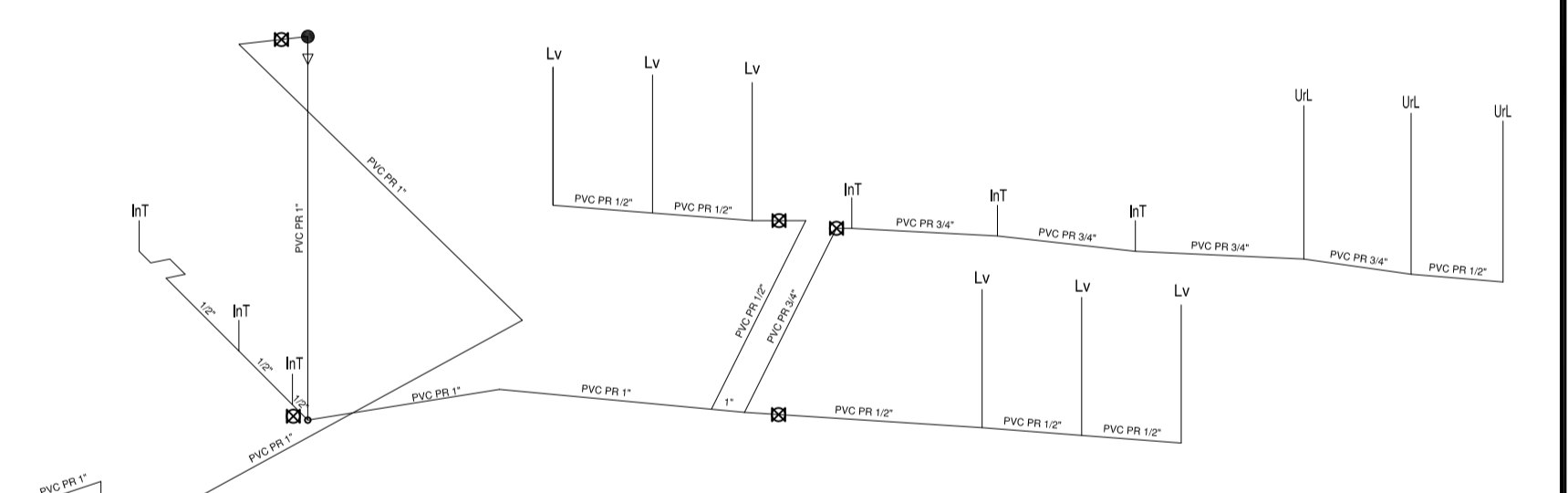
**VISTA EN 3D  
INSTALACIONES DE AGUA**  
ESCALA: GRÁFICA



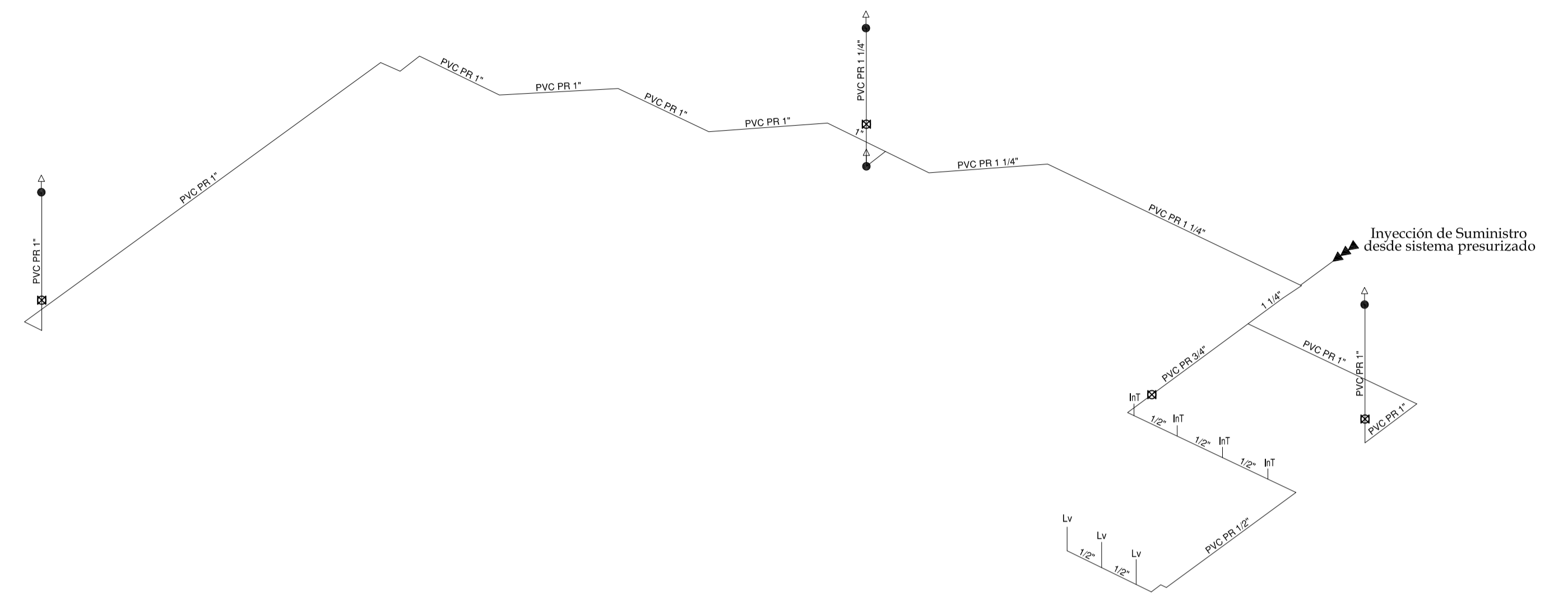
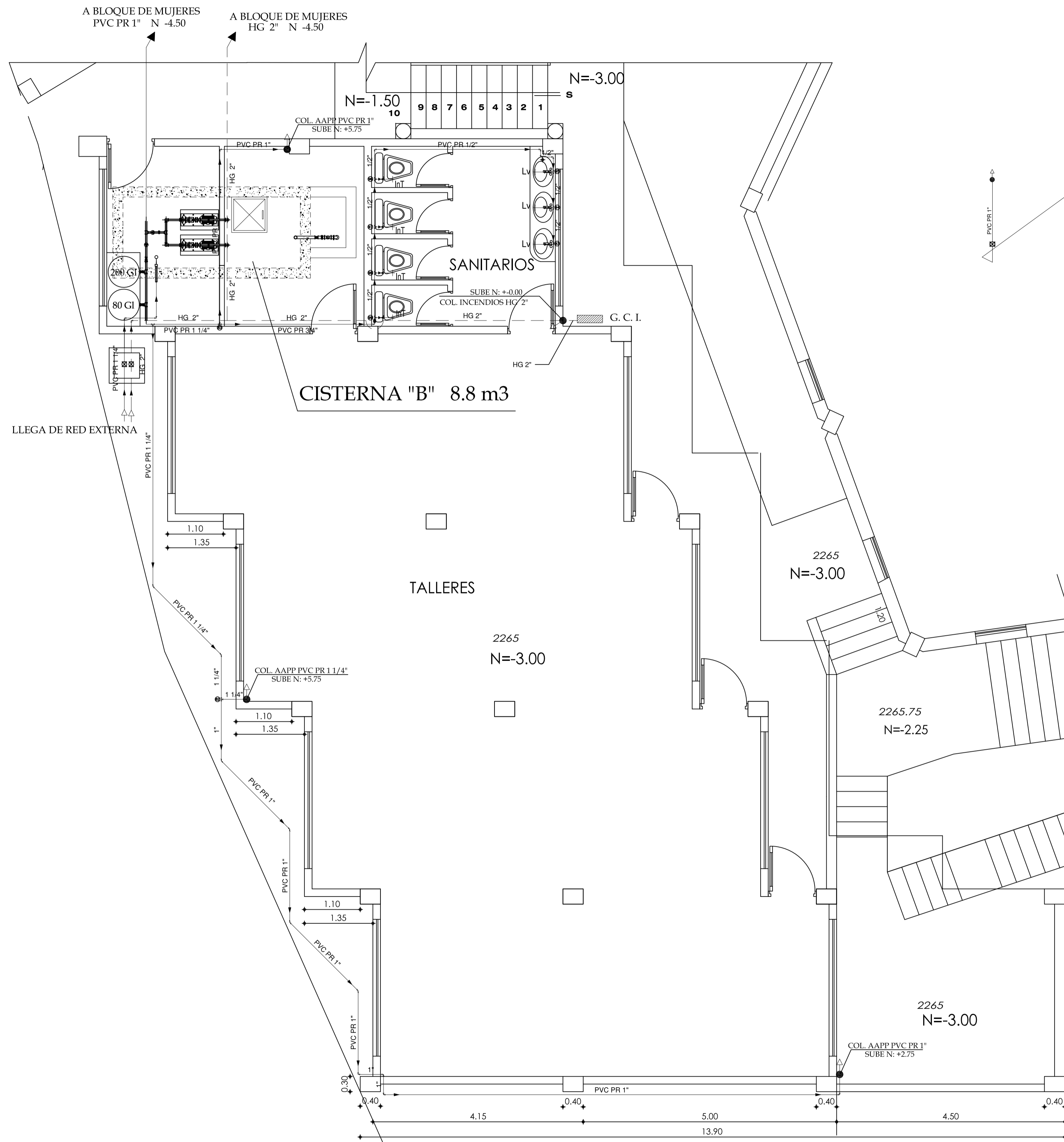
**INSTALACION DE TUBERÍA  
POR ENTREPISO**  
ESCALA: GRÁFICA

**SIMBOLOGIA**

- Red de agua fría
- - - Red de agua caliente
- - - Red contra incendios
- Lv Lavabo
- UvL Urinario con llave
- Int Inodoro con depósito
- FrC Fregadero de cocina
- Fr Fregadero
- MqR Máquina Lavaropa
- Du Ducha
- Consumos
- ⊗ Llave de paso
- Gabinete contra incendio
- Extintor
- Montante



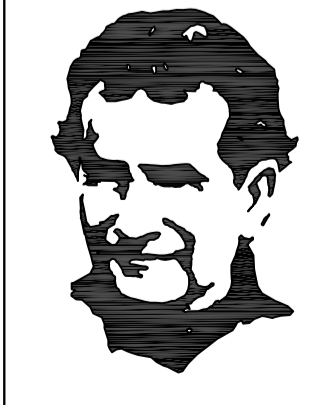
	<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>			LÁMINA <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 5px;"> <b>7</b>  <small>de 20</small> </div>
	PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA			
CONTIENE: AXONOMETRÍA EDIFICIO ADMINISTRATIVO Y AUDITORIO				
VTO. BUENO	(APROBO)	REVISÁ	DISEÑO	ESCALA: INDICADAS
Ph.D. Holger Benavides DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO	Ing. Mireya Lapo P. DIRECTORA	Ph.D. Fernando Oñate DIRECTOR DE LEJES	Universidad Técnica de Loja CONSULTOR	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2012

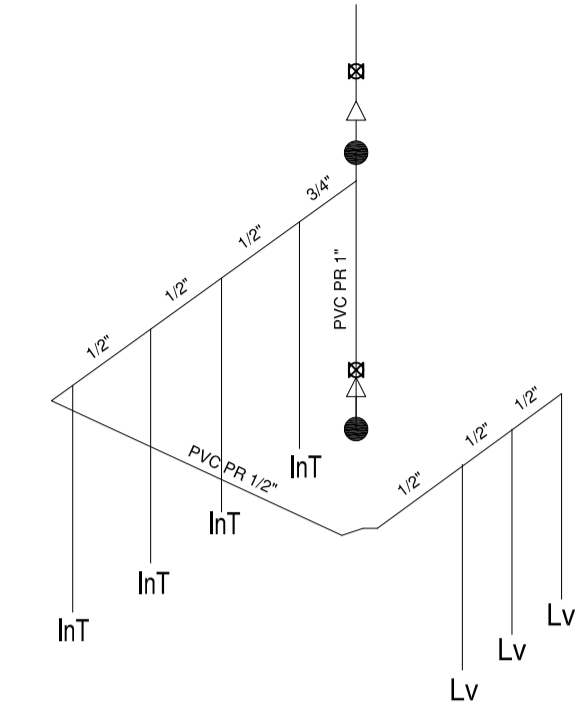
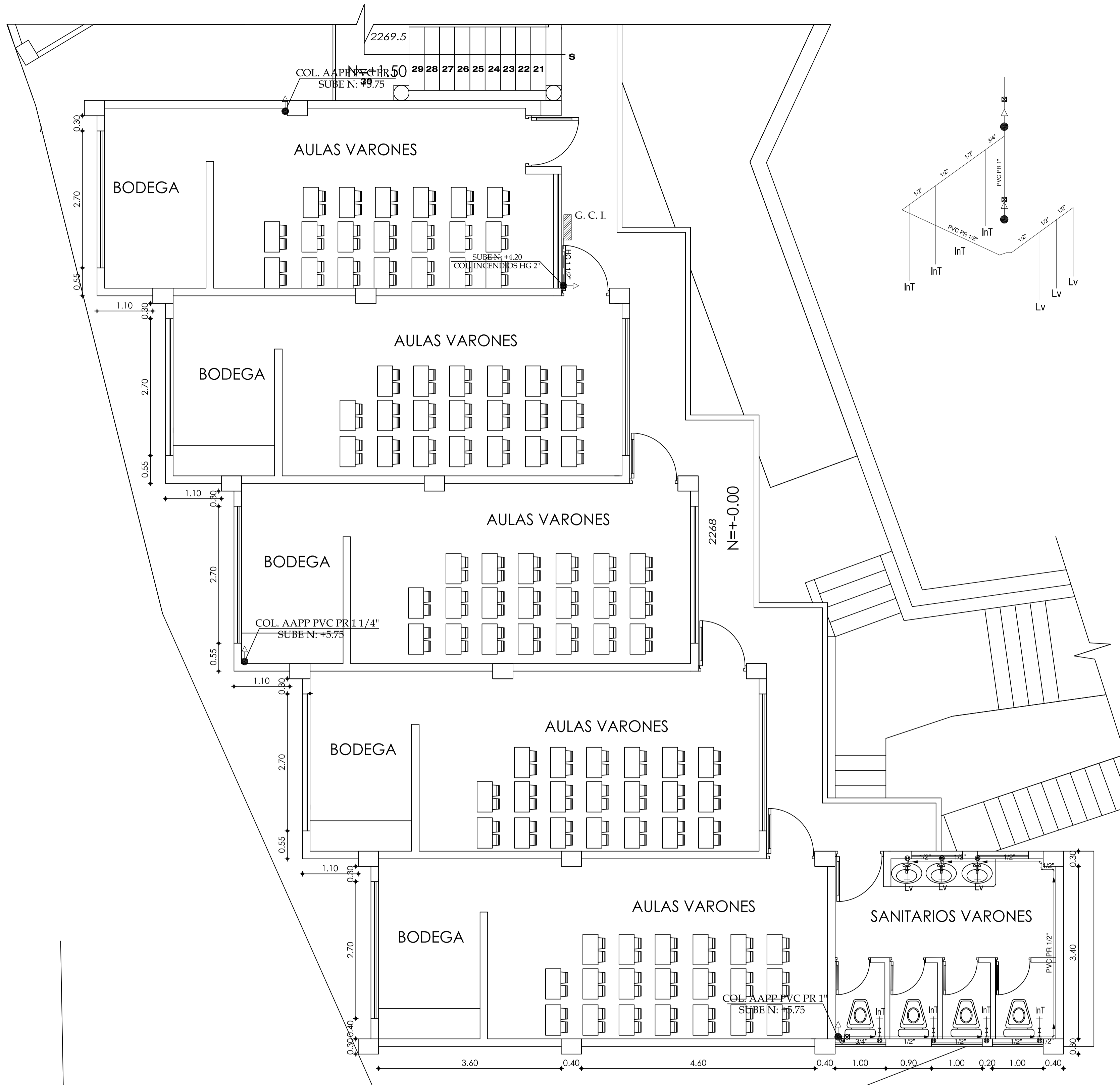


**VISTA EN 3D  
INSTALACIONES DE AGUA**  
ESCALA: GRÁFICA

SIMBOLOGIA	
—	Red de agua fría
- - -	Red de agua caliente
- · - · -	Red contra incendios
Lv	Lavabo
UrL	Urinario con llave
InT	Inodoro con depósito
FrC	Fregadero de cocina
Fr	Fregadero
MqR	Máquina Lavarropa
Du	Ducha
++	Consumos
⊗	Llave de paso
⊠	Gabinete contra incendio
⊠	Extintor
●	Montante

**BLOQUE DE VARONES  
PLANTA BAJA N: -3.00**  
ESCALA 1:50


	<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>				LÁMINA <b>8</b> de 20
	PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA				
CONTIENE: PLANTA BAJA BLOQUE DE VARONES - ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE - RED CONTRA INCENDIOS					<b>INDICADAS</b> FECHA: SEPTIEMBRE DE 2012
VTO. BUENO Ph.D. Holger Benavides DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO	APROBO Ing. Mireya Lapo P. DIRECTORA	REVISÓ Ph D. Fernando Oñate DIRECTOR DE LEJES	DISEÑO Universidad Técnica de Loja CONSULTOR		

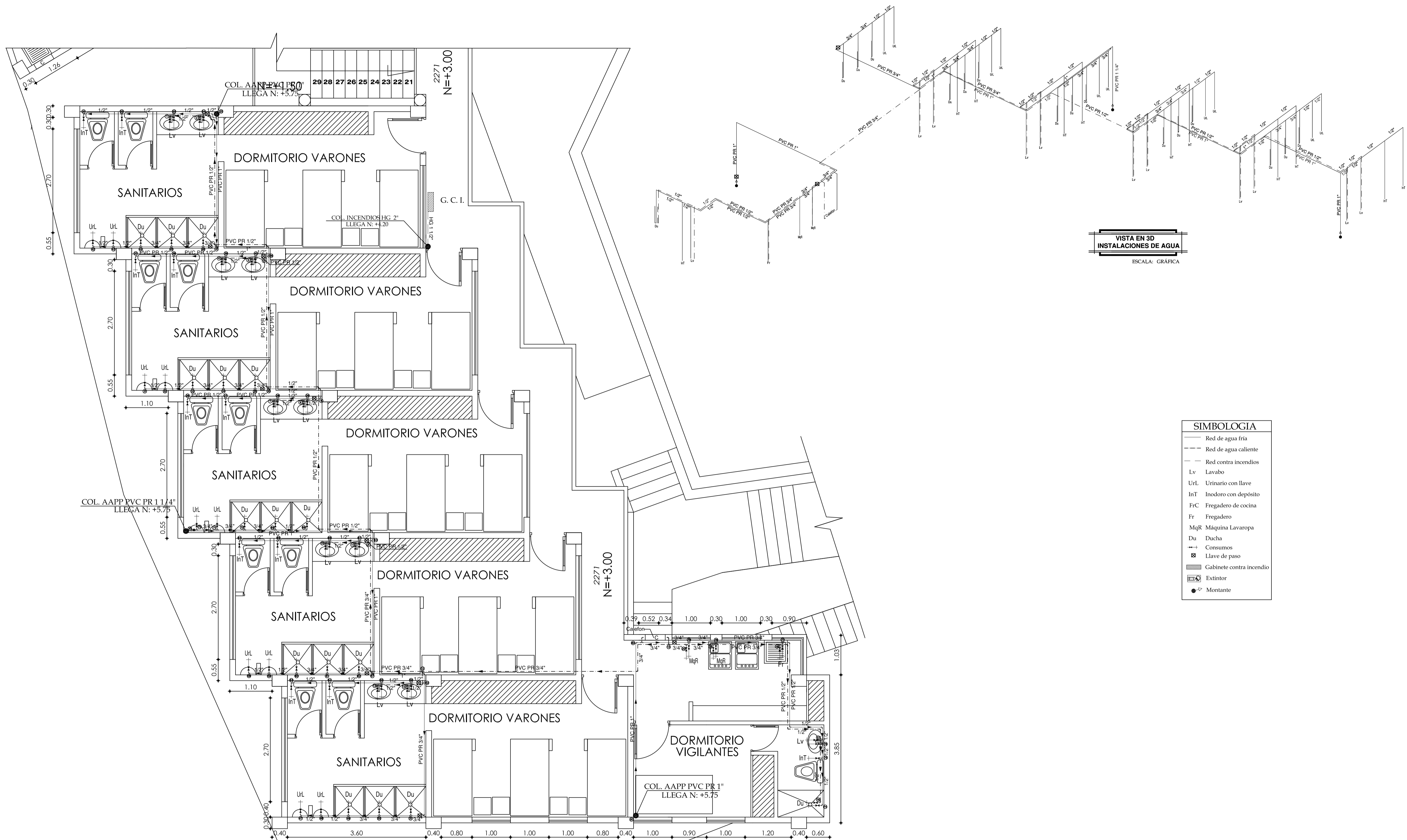


**VISTA EN 3D  
INSTALACIONES DE AGUA**  
ESCALA: GRÁFICA

SIMBOLOGIA	
—	Red de agua fría
- - -	Red de agua caliente
- · - · -	Red contra incendios
Lv	Lavabo
UrL	Urinario con llave
InT	Inodoro con depósito
FrC	Fregadero de cocina
Fr	Fregadero
MqR	Máquina Lavaropa
Du	Ducha
+	Consumos
⊠	Llave de paso
■	Gabinete contra incendio
⊠	Extintor
●	Montante

**BLOQUE DE VARONES**  
1ra PLANTA ALTA N: ±0.00  
ESCALA 1:50


	<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>			LÁMINA <b>9</b> de 20
	PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA			
CONTIENE: 1ra PLANTA ALTA BLOQUE DE VARONES				- ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE - RED CONTRA INCENDIOS
VTO. BUENO	APROBÓ	REVISÓ	DISENÓ	ESCALA: INDICADAS
Ph.D. Holger Benavides DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO	Ing. Mireya Lapo P. DIRECTORA	Ph D. Fernando Oñate DIRECTOR DE LEJES	Universidad Técnica de Loja CONSULTOR	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2012



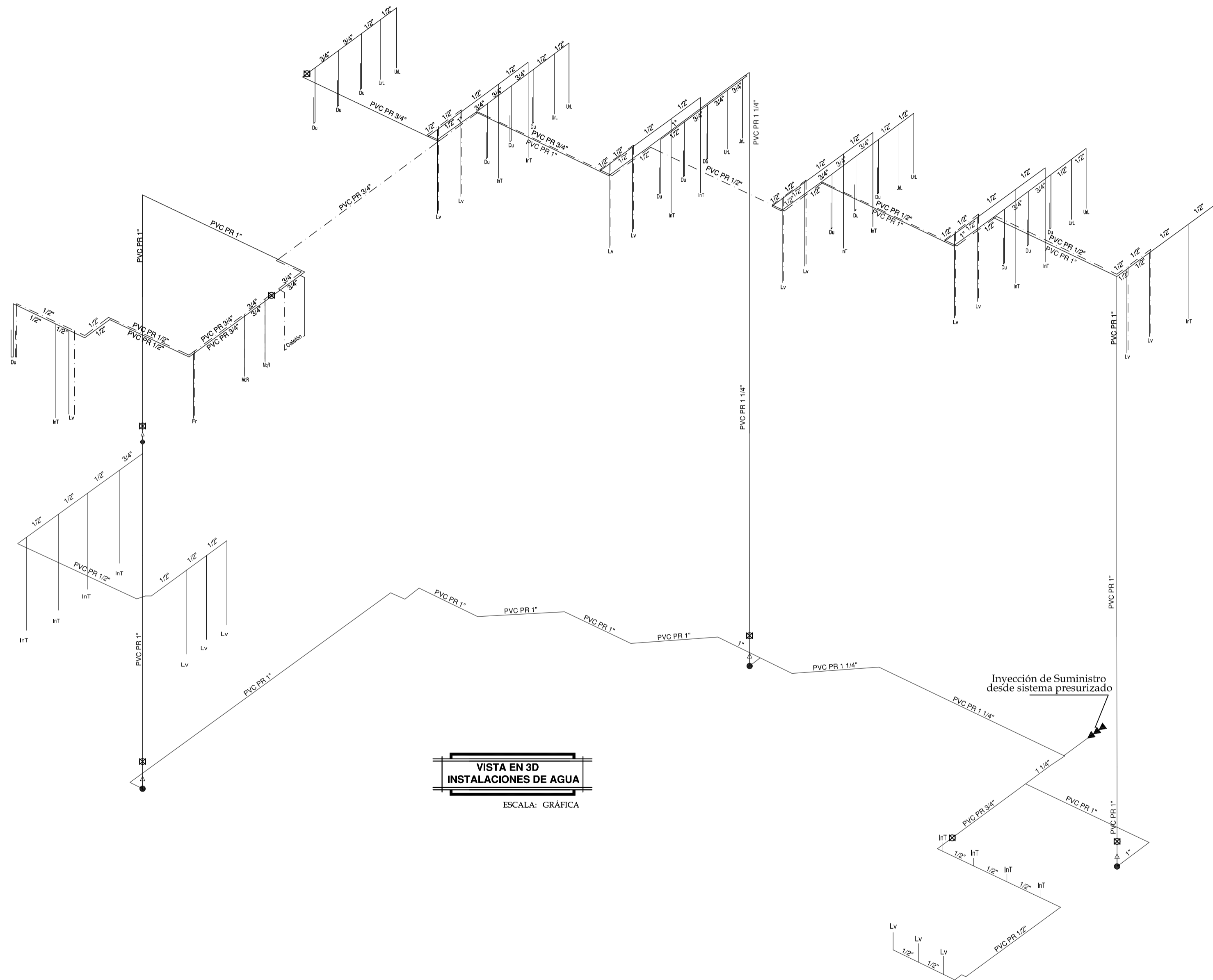
VISTA EN 3D  
INSTALACIONES DE AGUA  
ESCALA: GRAFICA

SIMBOLOGIA	
—	Red de agua fria
- - -	Red de agua caliente
- · - · -	Red contra incendios
Lv	Lavabo
UrL	Urinario con llave
InT	Inodoro con depósito
FrC	Fregadero de cocina
Fr	Fregadero
MqR	Máquina Lavaropa
Du	Ducha
+	Consumos
⊗	Llave de paso
■	Gabinete contra incendio
☒	Extintor
●	Montante

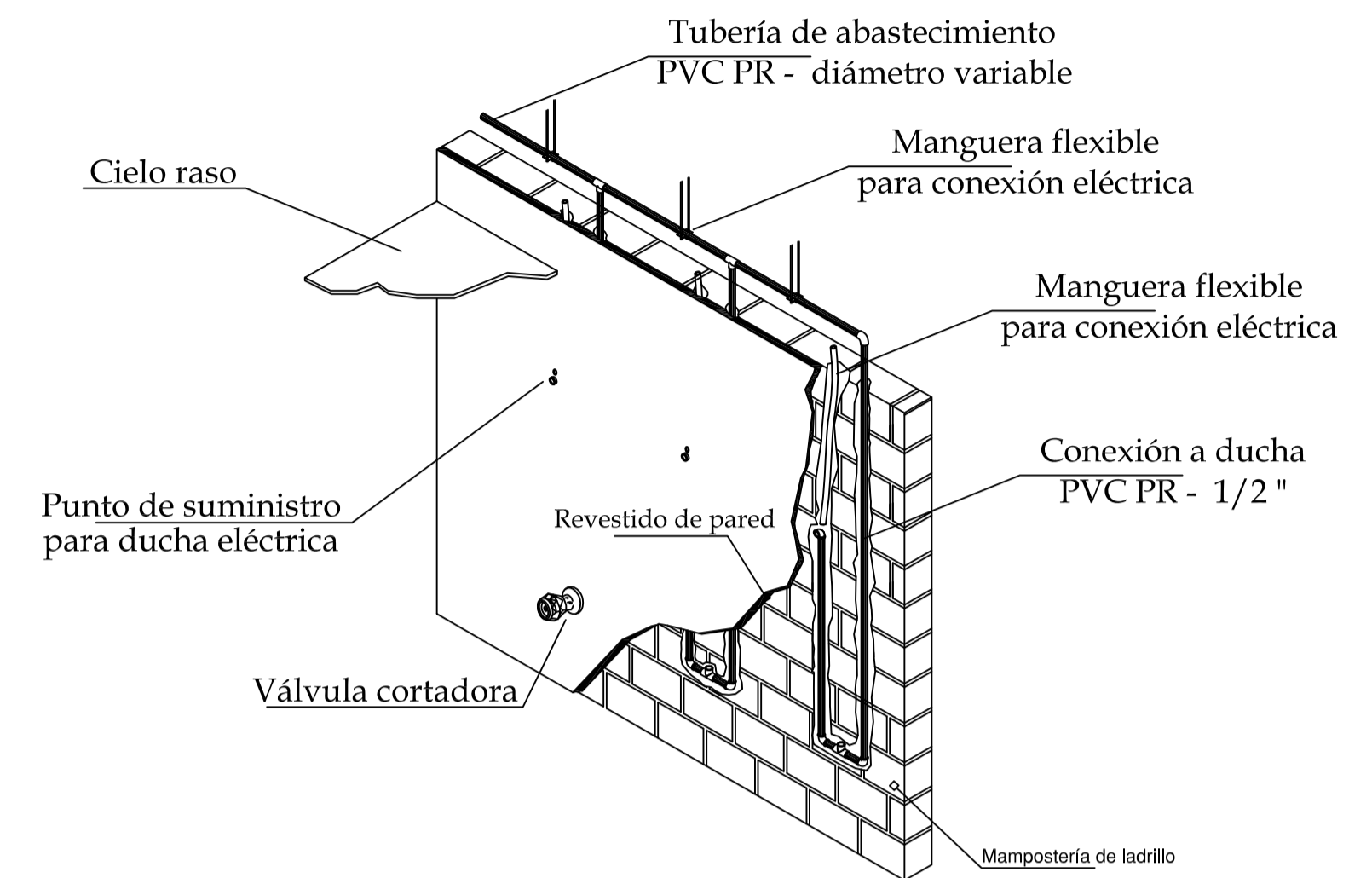
**BLOQUE DE VARONES**  
2da PLANTA ALTA N: +3.00  
ESCALA 1:50

	<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>			LÁMINA <b>10</b> de 20
	PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA			
CONTIENE: 2da PLANTA ALTA BLOQUE DE VARONES - ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE - RED CONTRA INCENDIOS				
VTO. BUENO	APROBO	REVISÓ	DISENÓ	ESCALA: INDICADAS
Ph.D. Holger Benavides DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO	Ing. Mireya Lapo P. DIRECTORA	Ph D. Fernando Oñate DIRECTOR DE LEJES	Universidad Técnica de Loja CONSULTOR	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2012

SIMBOLOGIA	
—	Red de agua fría
- - -	Red de agua caliente
- · - · -	Red contra incendios
Lv	Lavabo
UrL	Urinario con llave
InT	Inodoro con depósito
FrC	Fregadero de cocina
Fr	Fregadero
MqR	Máquina Lavaropa
Du	Ducha
→	Consumos
⊠	Llave de paso
⊠	Gabinete contra incendio
⊠	Extintor
●	Montante

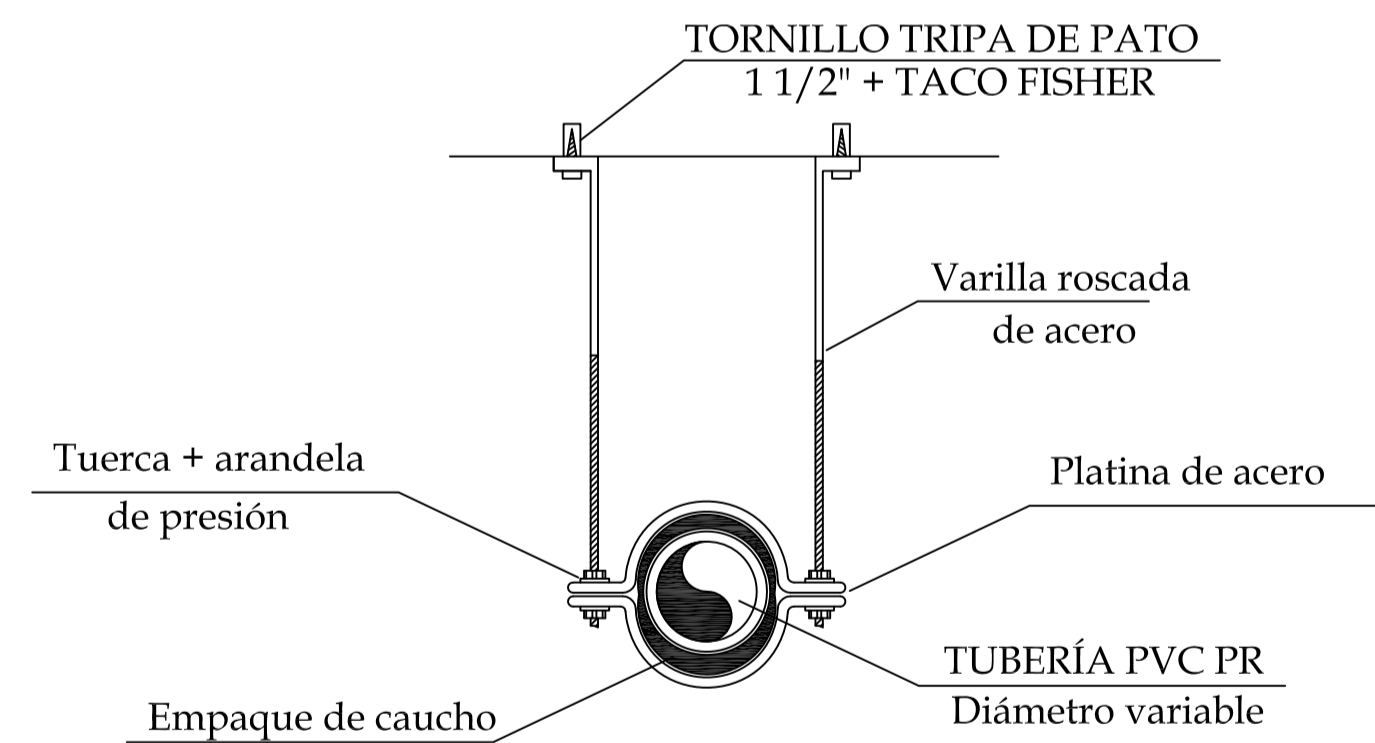


**VISTA EN 3D  
INSTALACIONES DE AGUA**  
ESCALA: GRÁFICA



**INSTALACION DE TUBERÍA  
SOBRE CIELO RASO**

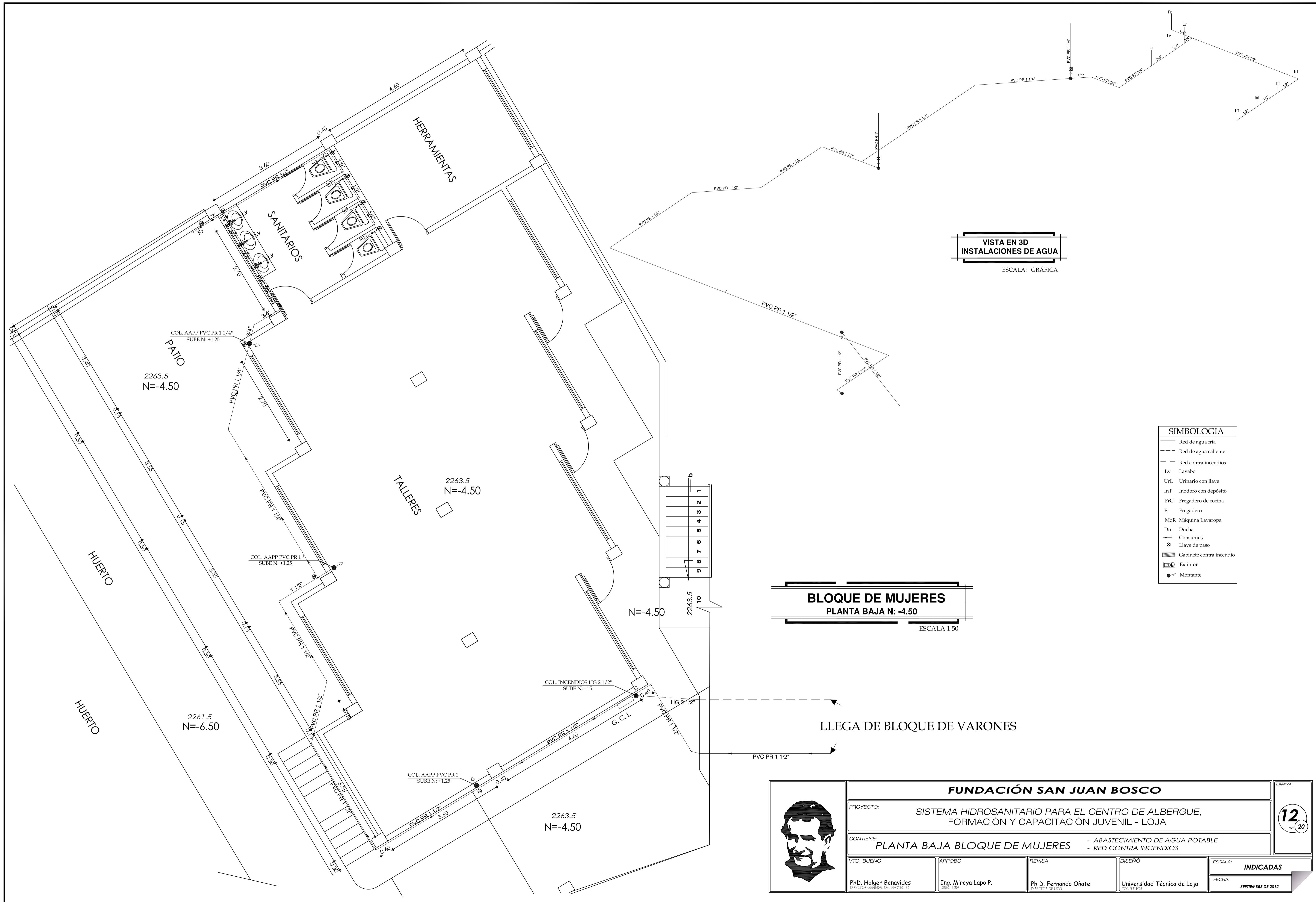
ESCALA: GRÁFICA



**SUJECIÓN DE TUBO**

ESCALA GRÁFICA

	<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>				<b>11</b> de 20
	PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA				
CONTIENE: AXONOMETRÍA BLOQUE DE VARONES					
VTO. BUENO Ph.D. Holger Benavides DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO	APROBÓ Ing. Mireya Lapo P. DIRECTORA	REVISÓ Ph D. Fernando Oñate DIRECTOR DE LEGES	DISENÓ Universidad Técnica de Loja CONSULTOR	ESCALA: INDICADAS	
				FECHA: SEPTIEMBRE DE 2012	



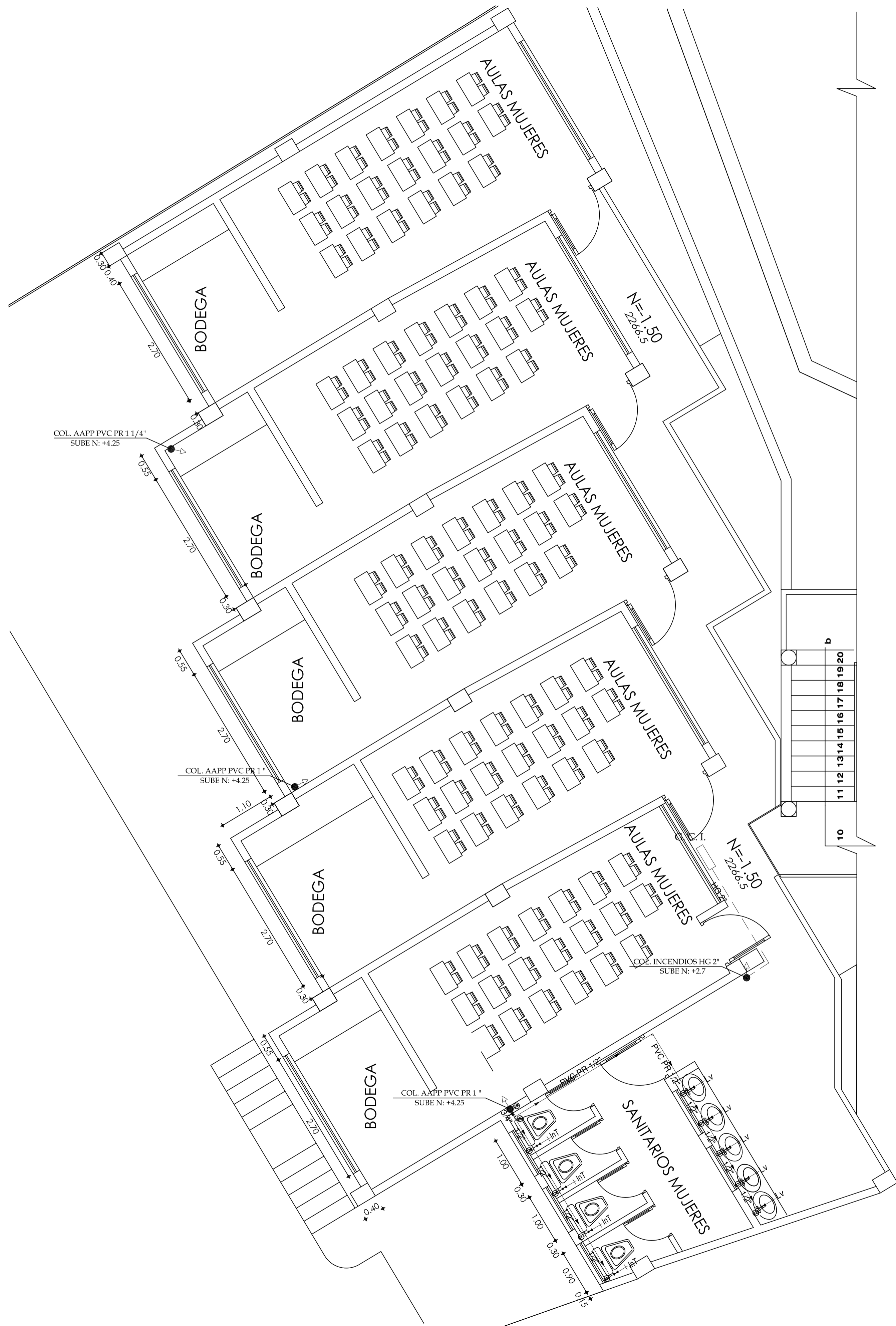
**VISTA EN 3D  
INSTALACIONES DE AGUA**  
ESCALA: GRÁFICA

**BLOQUE DE MUJERES  
PLANTA BAJA N: -4.50**  
ESCALA 1:50

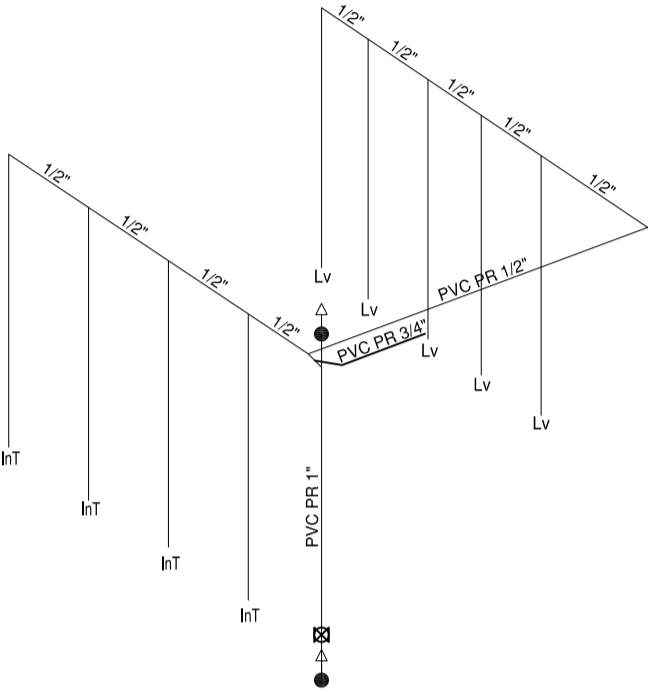
SIMBOLOGIA	
	Red de agua fría
	Red de agua caliente
	Red contra incendios
Lv	Lavabo
UrL	Urinario con llave
InT	Inodoro con depósito
FrC	Fregadero de cocina
Fr	Fregadero
MqR	Máquina Lavaropa
Du	Ducha
+	Consumos
	Llave de paso
	Gabinete contra incendio
	Extintor
	Montante

LLEGA DE BLOQUE DE VARONES

	<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>			<b>12</b> de 20
	PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA			
CONTIENE: <b>PLANTA BAJA BLOQUE DE MUJERES</b> - ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE - RED CONTRA INCENDIOS				<b>INDICADAS</b>
VTO. BUENO Ph.D. Holger Benavides DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO	APROBÓ Ing. Mireya Lapo P. DIRECTORA	REVISÓ Ph D. Fernando Oñate DIRECTOR DE LEGIS.	DISEÑO Universidad Técnica de Loja CONSULTOR	



SIMBOLOGIA	
	Red de agua fría
	Red de agua caliente
	Red contra incendios
Lv	Lavabo
UrL	Urinario con llave
InT	Inodoro con depósito
FrC	Fregadero de cocina
Fr	Fregadero
MqR	Máquina Lavaropa
Du	Ducha
+	Consumos
+	Llave de paso
	Gabinete contra incendio
	Extintor
●	Montante



**VISTA EN 3D  
INSTALACIONES DE AGUA**  
ESCALA: GRÁFICA

**BLOQUE DE MUJERES**  
1ra PLANTA ALTA N: -1.50  
ESCALA 1:50

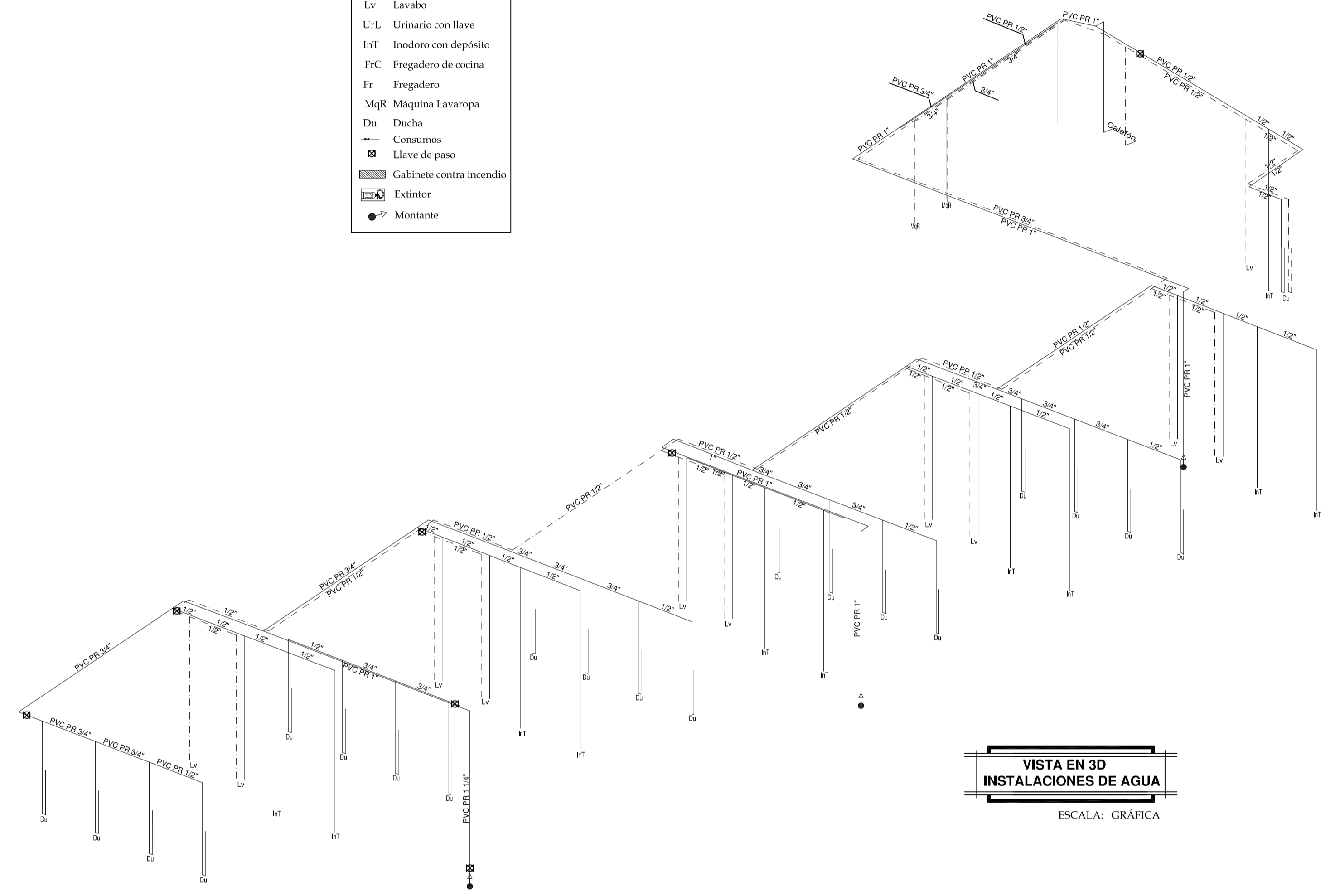


<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>					LÁMINA <b>13</b> de 20
PROYECTO:		SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA			
CONTIENE:		1ra PLANTA ALTA BLOQUE DE MUJERES			- ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE - RED CONTRA INCENDIOS
VTO. BUENO	APROBO	REVISÓ	DISENÓ	ESCALA:	<b>INDICADAS</b>
Ph.D. Holger Benavides DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO	Ing. Mireya Lapo P. DIRECTORA	Ph D. Fernando Oñate DIRECTOR DE LEGES	Universidad Técnica de Loja CONSULTOR	FECHA:	SEPTIEMBRE DE 2012




**SIMBOLOGIA**

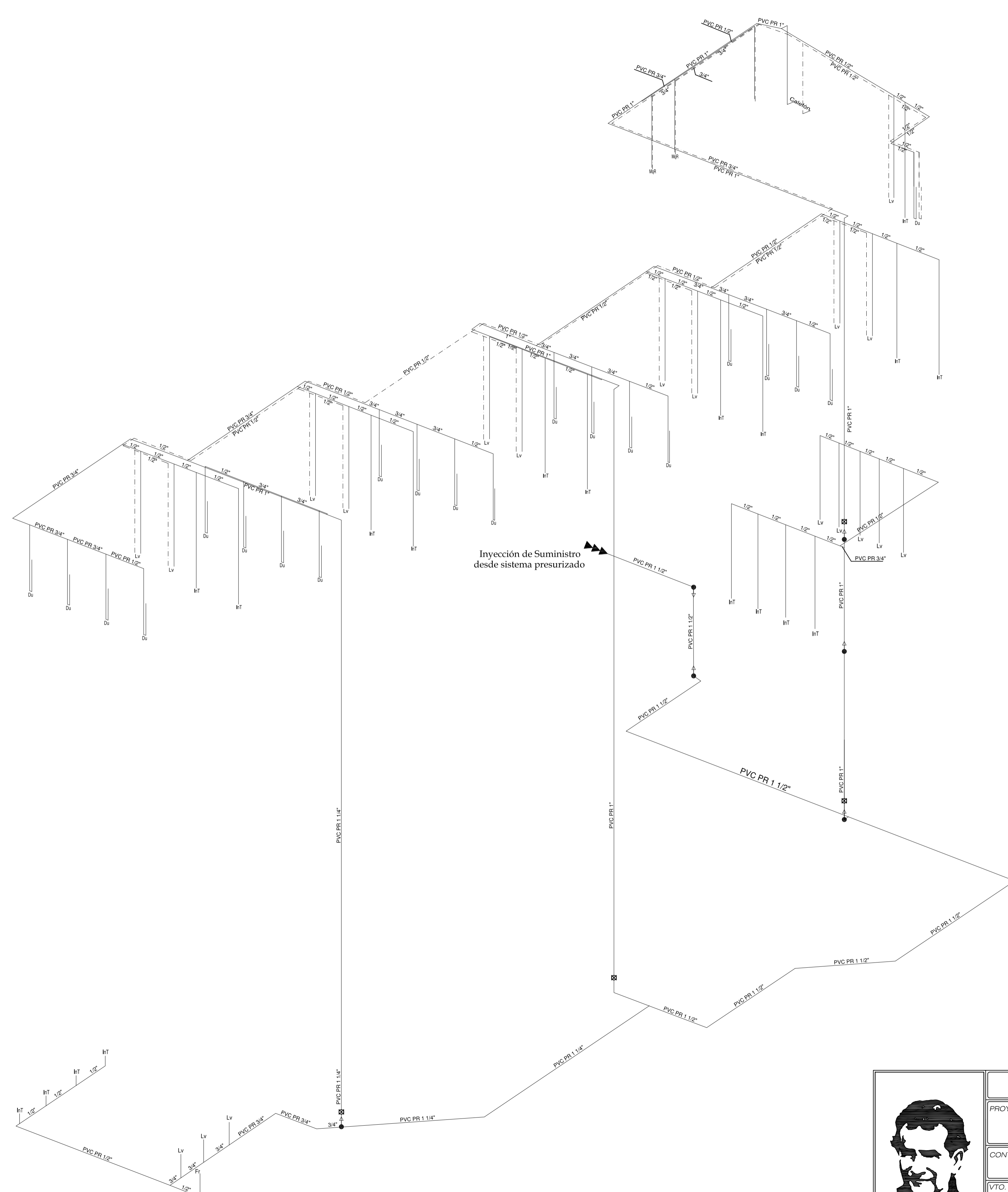
- Red de agua fría
- - - Red de agua caliente
- - - Red contra incendios
- Lv Lavabo
- UrL Urinario con llave
- InT Inodoro con depósito
- FrC Fregadero de cocina
- Fr Fregadero
- MqR Máquina Lavaropa
- Du Ducha
- ++ Consumos
- ⊠ Llave de paso
- ▣ Gabinete contra incendio
- ⊠ Extintor
- Montante




**VISTA EN 3D  
INSTALACIONES DE AGUA**  
ESCALA: GRÁFICA

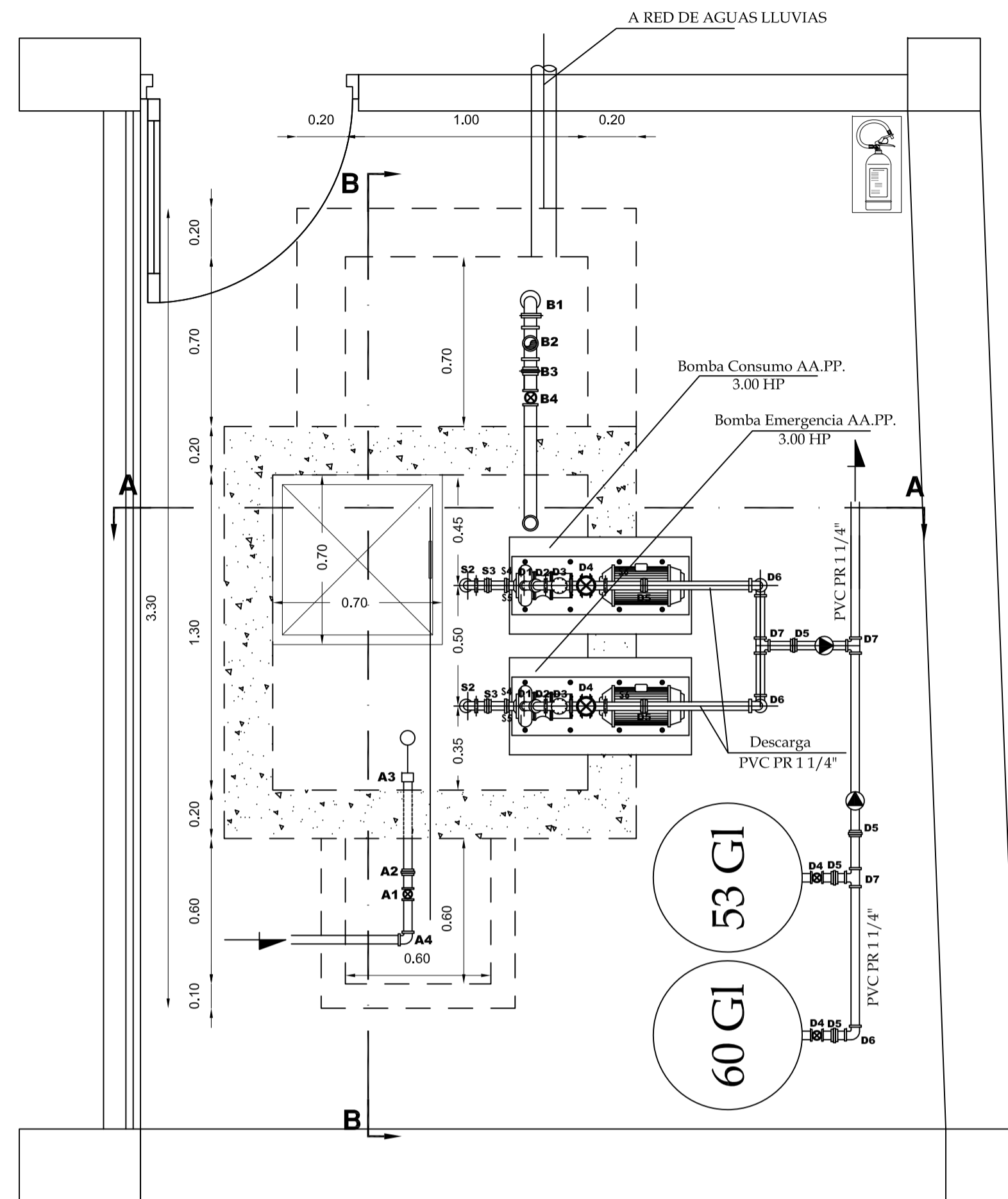
**BLOQUE DE MUJERES**  
2da PLANTA ALTA N: +1.50  
ESCALA 1:50

	<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>				LÁMINA <b>14</b> de 20
	PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA				
CONTIENE: 2da PLANTA ALTA BLOQUE DE MUJERES - ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE - RED CONTRA INCENDIOS					
VTO. BUENO	APROBO	REVISÓ	DISEÑO	ESCALA: INDICADAS	
Ph.D. Holger Benavides DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO	Ing. Mireya Lapo P. DISEÑADORA	Ph D. Fernando Oñate DIRECTOR DE LEGIS.	Universidad Técnica de Loja CONSULTOR	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2012	

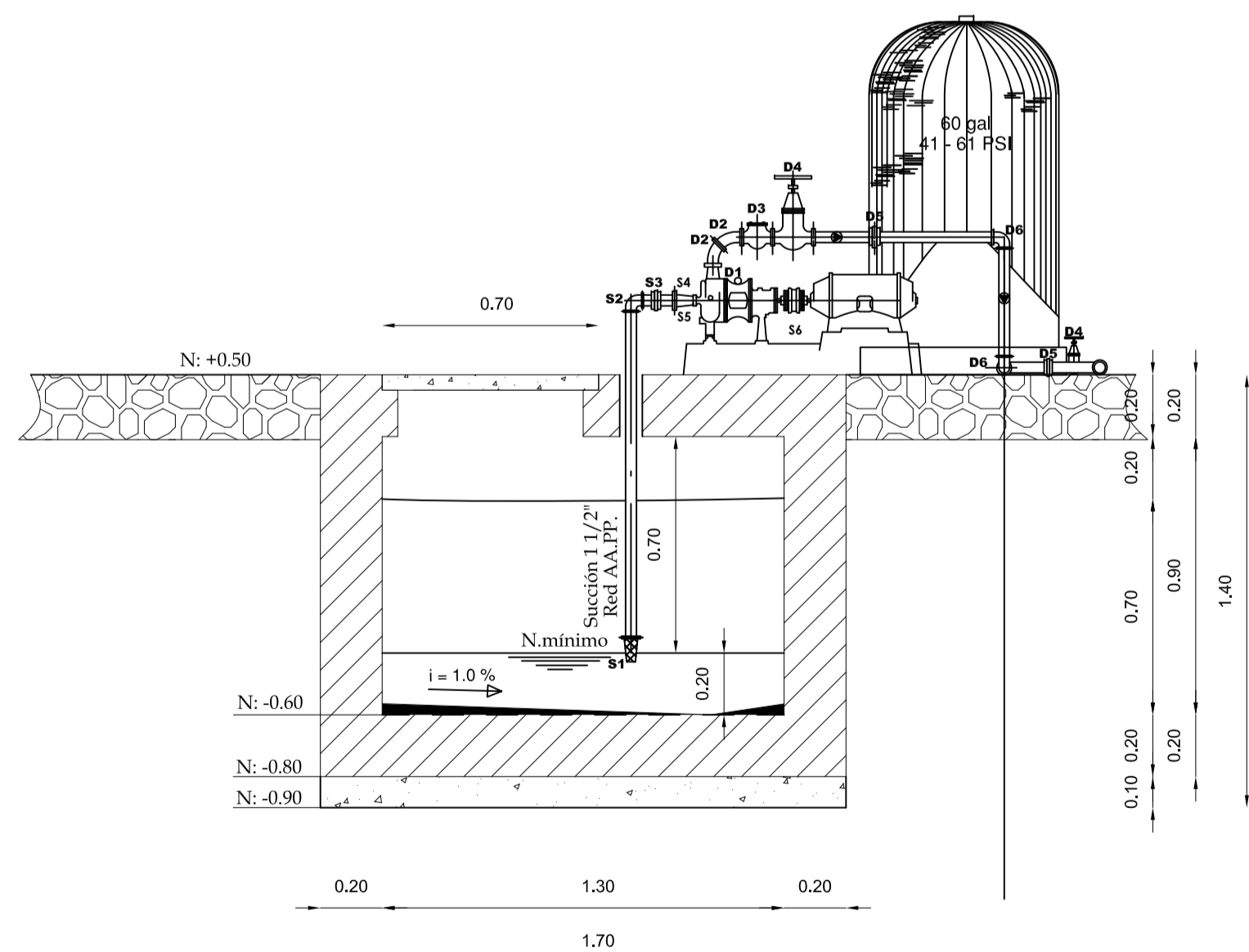


SIMBOLOGIA	
—	Red de agua fría
- - -	Red de agua caliente
- · - ·	Red contra incendios
Lv	Lavabo
UrL	Urinario con llave
InT	Inodoro con depósito
FrC	Fregadero de cocina
Fr	Fregadero
MqR	Máquina Lavaropa
Du	Ducha
→	Consumos
⊞	Llave de paso
☒	Gabinete contra incendio
☒	Extintor
●	Montante

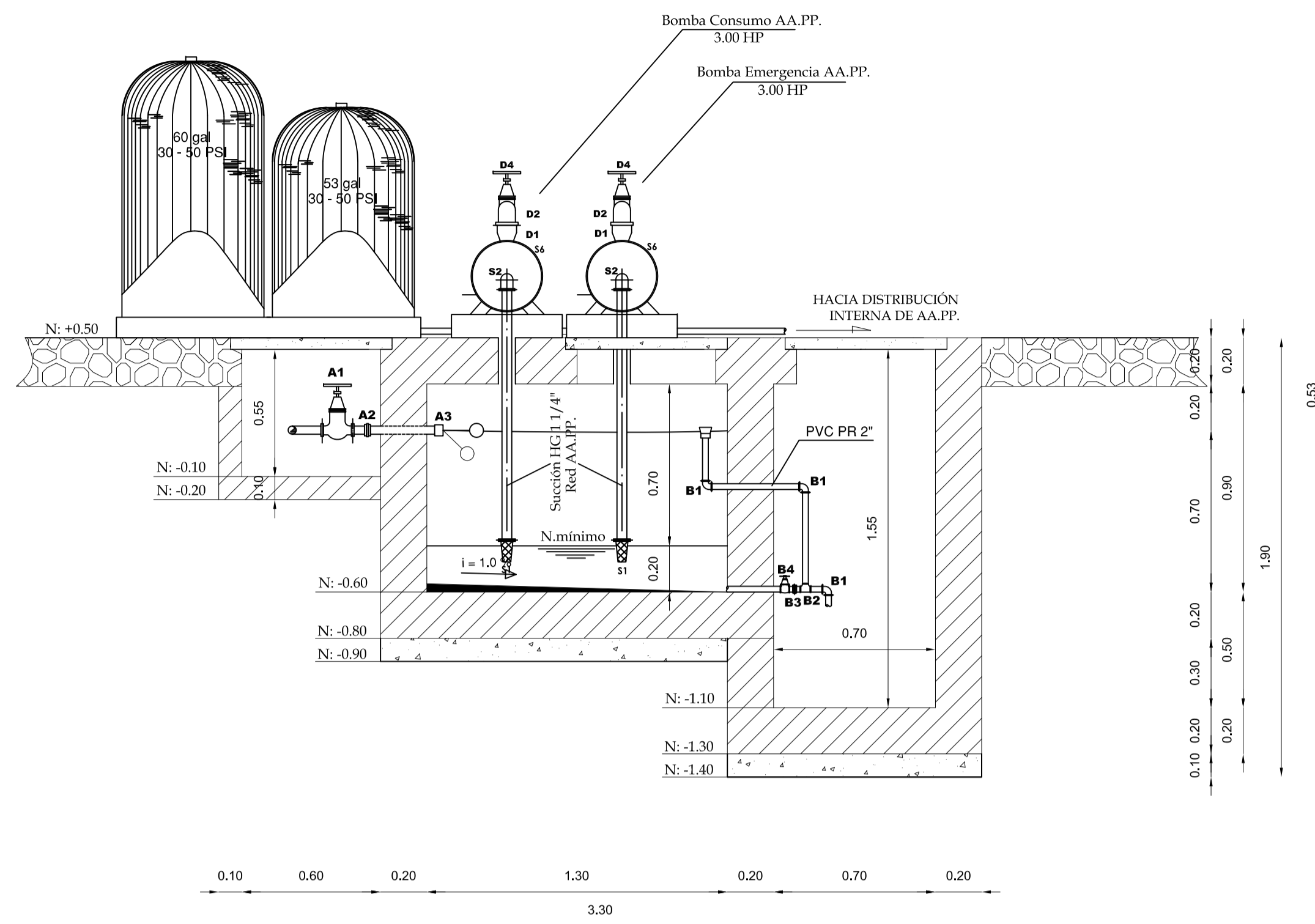
	<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>			LÁMINA	
	PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA				<b>15</b> <small>de 20</small>
CONTIENE: <b>AXONOMETRÍA BLOQUE DE MUJERES</b>					
VTO. BUENO Ph.D. Holger Benavides <small>DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO</small>	APROBÓ Ing. Mireya Lapo P. <small>DIRECTORA</small>	REVISÓ Ph. D. Fernando Oñate <small>DIRECTOR DE LEGIS.</small>	DISEÑO Universidad Técnica de Loja <small>CONSULTOR</small>	ESCALA: <b>INDICADAS</b>	FECHA: <b>SEPTIEMBRE DE 2012</b>



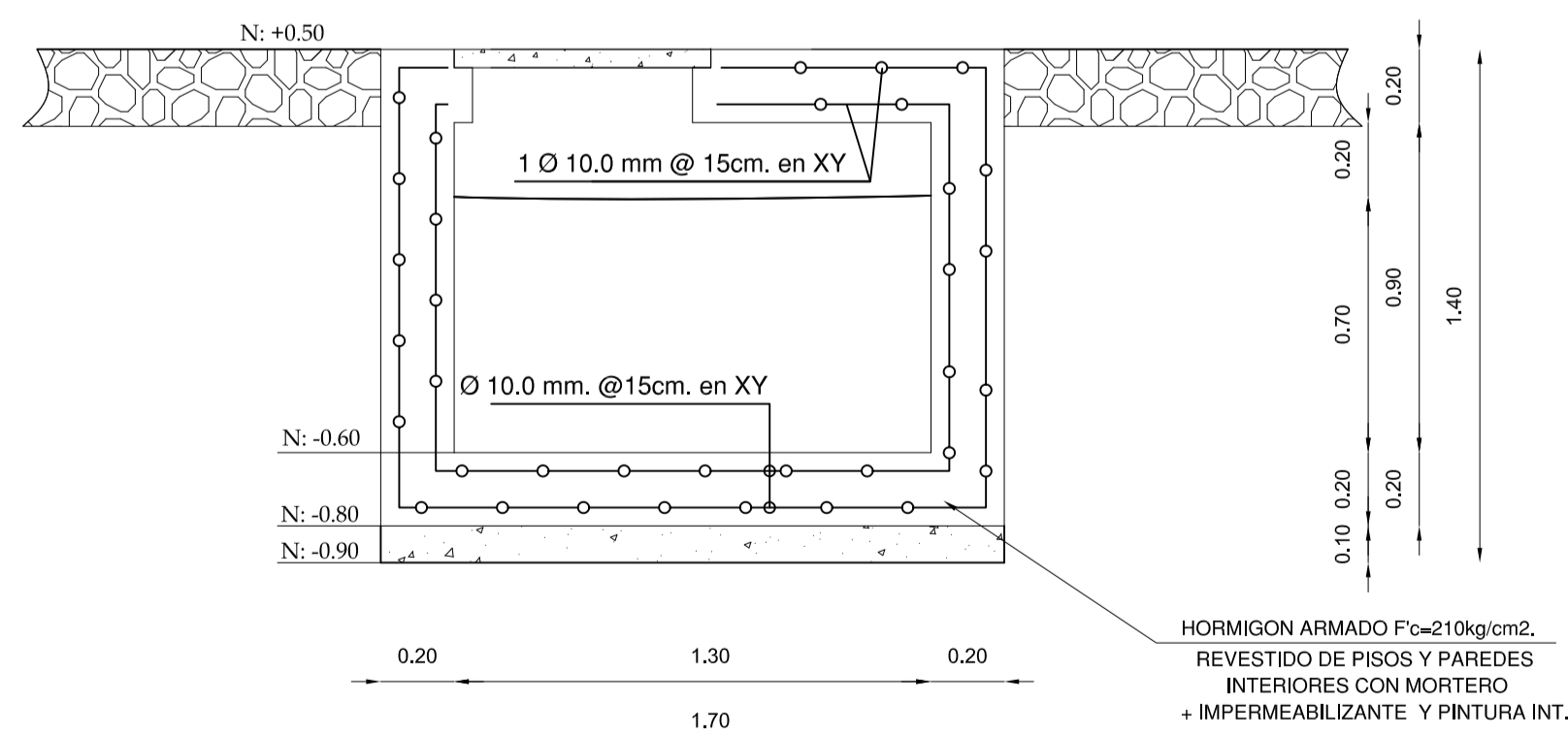
**ESTACIÓN DE BOMBEO "A"**  
VISTA EN PLANTA  
ESCALA 1:20



**ESTACIÓN DE BOMBEO "A"**  
CORTE A - A  
ESCALA 1:20



**ESTACIÓN DE BOMBEO "A"**  
CORTE B - B  
ESCALA 1:20

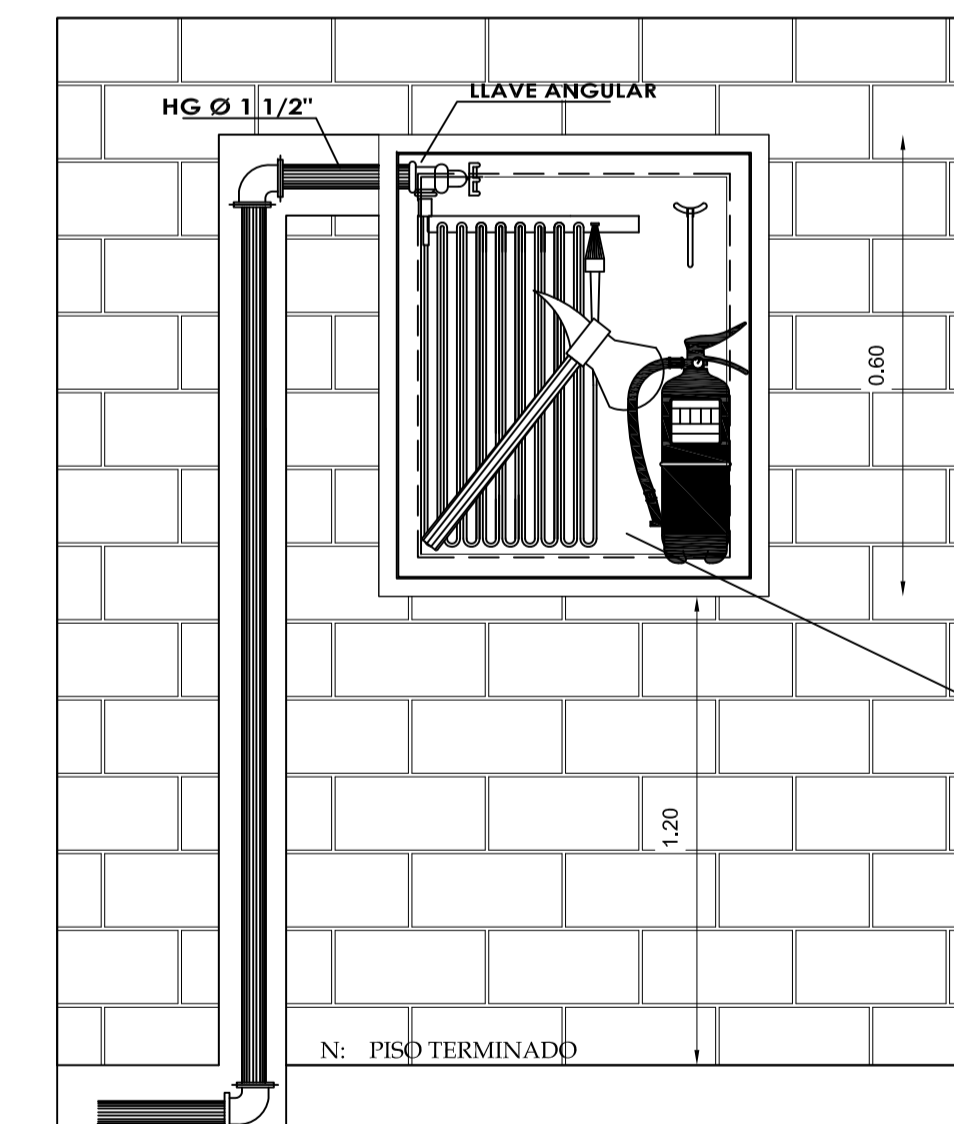


**ESTACIÓN DE BOMBEO "A"**  
ESTRUCTURAL CORTE A - A  
ESCALA 1:20


ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS CISTERNA	
CONTRAPISO	H <sup>2</sup> S <sup>2</sup> 180 kg/cm <sup>2</sup> + piedra
ARMADURA (DOBLE)	1 Ø 10 mm @ 15cm en X e Y
PAREDES Y PISO	H <sup>2</sup> S <sup>2</sup> 210 kg/cm <sup>2</sup> + acelerante + imper.
RECUBRIMIENTO INTERIOR	Enlucido 1:2 + impermeabilizante
PINTURA INTERIOR	Sika top 144 (2 manos) sin cerámica
CÁMARA DE VÁLVULAS	Mampostería de ladrillo
ACABADO PAREDES	Pulido fino o cerámica blanca

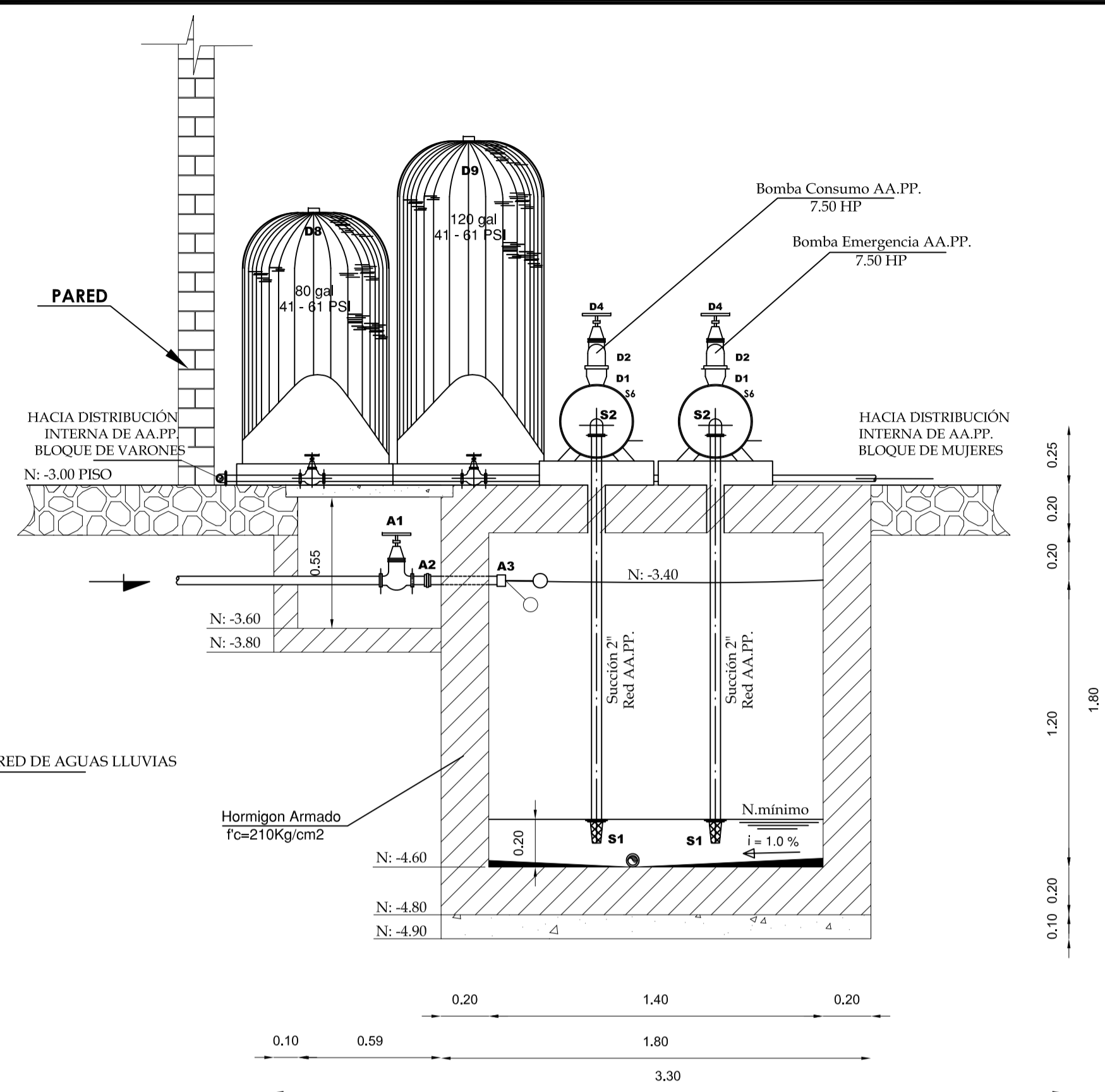
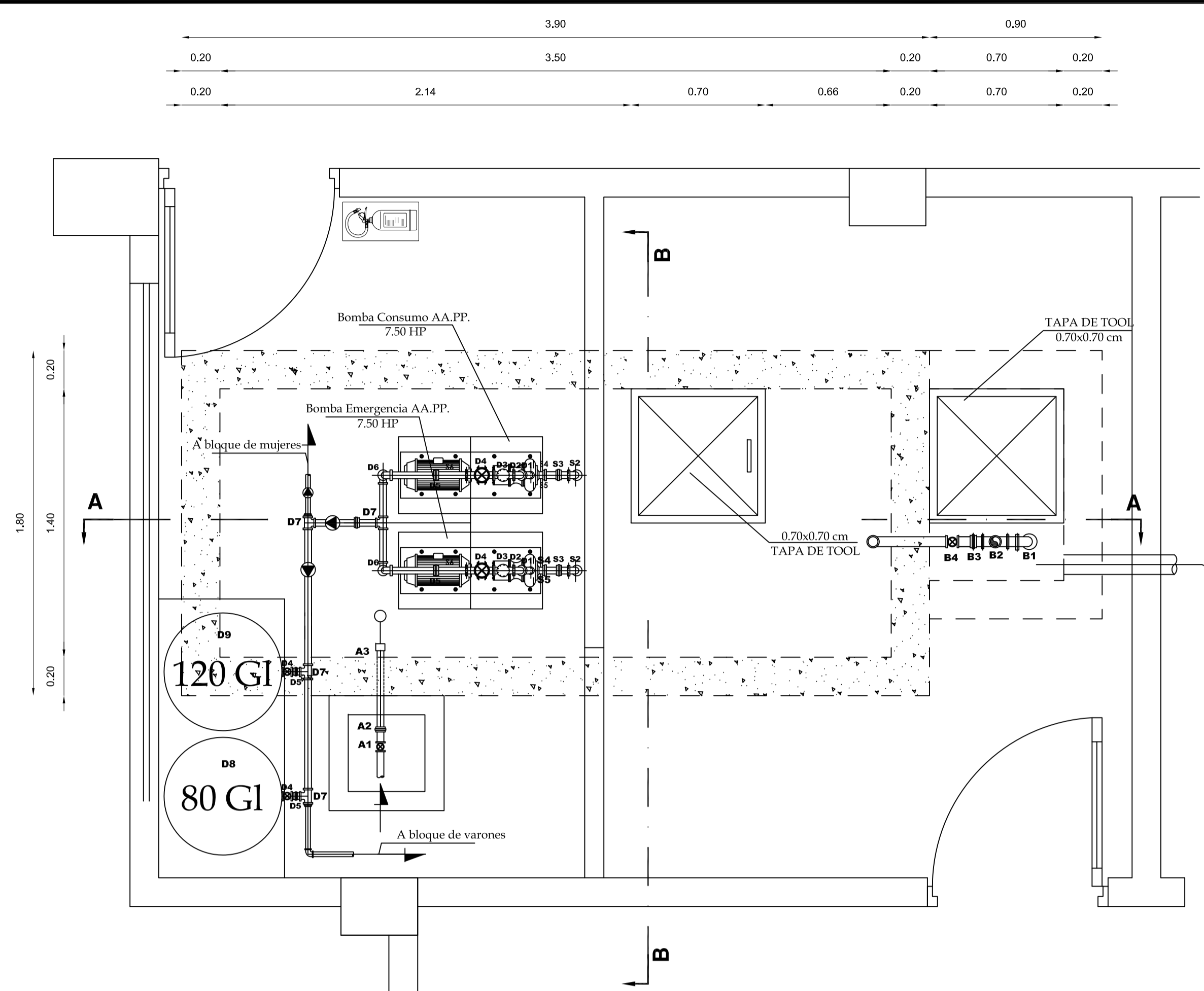
LISTA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO		
SIML	TUBERÍA O ACCESORIO (DESCRIPCIÓN)	CANT. UNIDAD
<b>DESCRIPCIÓN SUCCIÓN SISTEMA DIST. AA. PP.</b>		
S1	VÁLVULA DE PIE Ø 1 1/4" BRONCE	2 u
S2	CODO HG Ø 1 1/4" x 90°	2 u
S3	UNIVERSAL HG Ø 1 1/4"	2 u
S4	UNIÓN HG Ø 1 1/4"	2 u
S5	NEPLO DE CINTURA HG Ø 1 1/4"	2 u
S6	BOMBA 3 HP TDH = 42.1m Q = 117 l/min	2 u
<b>DESCRIPCIÓN DESCARGA SIST. DIST. AA. PP.</b>		
D1	REDUCTOR PVCPR Ø 1 1/2" x 1"	2 u
D2	CODO PVC PR Ø 1 1/2" x 45°	4 u
D3	VÁLVULA CHECK HORIZONTAL BRONCE Ø 1 1/2"	2 u
D4	VÁLVULA DE COMPUERTA DE BRONCE Ø 1 1/2"	4 u
D5	UNIÓN UNIVERSAL PVCPR Ø 1 1/2"	5 u
D6	CODO PVCPR Ø 1 1/2" x 90°	5 u
D7	TEE PVCPR Ø 1 1/2"	3 u
D8	TANQUE HIDRONEUMÁTICO 53gal	1 u
D9	TANQUE HIDRONEUMÁTICO 60gal	1 u

LISTA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO		
SIML	TUBERÍA O ACCESORIO (DESCRIPCIÓN)	CANT. UNIDAD
<b>DESCRIP. ALIMENTACIÓN A CISTERNA</b>		
A1	VÁLVULA DE COMPUERTA DE BRONCE Ø 1 1/4"	1 u
A2	UNIÓN UNIVERSAL PVC PR Ø 1 1/4"	1 u
A3	VÁLVULA FLOTADORA Ø 1 1/4"	1 u
A4	CODO PVC PR Ø 1 1/4" x 90°	1 u
<b>DESCRIPCIÓN DESBORDE</b>		
B1	CODO HG Ø 2"	3 u
B2	TEE HG Ø 2"	1 u
B3	UNIÓN UNIVERSAL HG Ø 1 1/4"	1 u
B4	VÁLVULA DE COMPUERTA DE BRONCE Ø 1 1/4"	1 u



**GABINETE CONTRA INCENDIOS**  
ESCALA GRÁFICA

		<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>		LÁMINA <b>16</b> de 20
PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA		CONTIENE: ESTACIÓN DE BOMBEO "A"		- PLANTA - ELEVACIÓN - CORTES - DETALLE ESTRUCTURAL
VITO: BUENO Ph.D. Holger Benavides DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO	APROBO: Ing. Mireya Lapo P. INGENIERA	REVISÓ: Ph. D. Fernando Ofiate INGENIERO	DISEÑO: Universidad Técnica de Loja CONSULTOR	ESCALA: <b>INDICADAS</b> FECHA: MARZO DE 2012



**ESTACIÓN DE BOMBEO "B"  
CORTE B - B**

ESCALA 1:20

**LISTA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO**

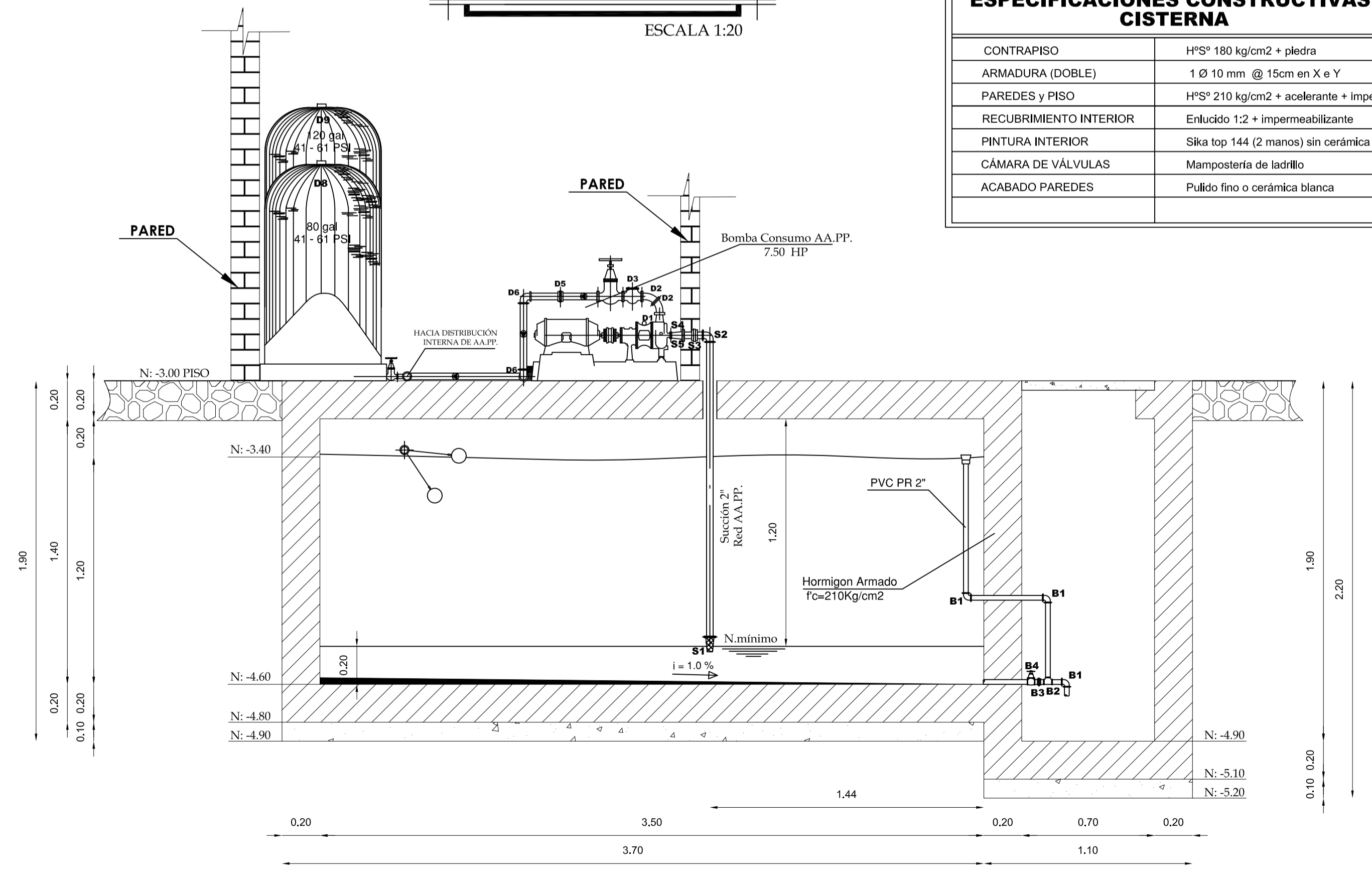
SIM.	TUBERÍA O ACCESORIO (DESCRIPCIÓN)	CANT.	UNIDAD
<b>DESCRIPCIÓN SUCCIÓN SISTEMA DIST. AA. PP.</b>			
S1	VÁLVULA DE PIE Ø 2" BRONCE	2	u
S2	CODO HG Ø 2" x 90°	2	u
S3	UNIVERSAL HG Ø 2"	2	u
S4	UNIÓN HG Ø 2"	2	u
S5	NEPLO DE CINTURA HG Ø 2"	2	u
S6	BOMBA 7.5 HP TDH = 44.8m Q = 212.20 l/min	2	u
<b>DESCRIPCIÓN DESCARGA SIST. DIST. AA. PP.</b>			
D1	REDUCTOR PVCPR Ø 2" x 1 1/4"	2	u
D2	CODO PVC PR Ø 2" x 45°	4	u
D3	VÁLVULA CHECK HORIZONTAL BRONCE Ø 2"	2	u
D4	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø 2"	4	u
D5	UNIÓN UNIVERSAL PVCPR Ø 2"	5	u
D6	CODO PVCPR Ø 2" x 90°	5	u
D7	TEE PVCPR Ø 2"	3	u
D8	TANQUE HIDRONEUMÁTICO 80gal	1	u
D9	TANQUE HIDRONEUMÁTICO 120gal	1	u

**LISTA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO**

SIM.	TUBERÍA O ACCESORIO (DESCRIPCIÓN)	CANT.	UNIDAD
<b>DESCRIP. ALIMENTACIÓN A CISTERNA Y BY PASS</b>			
A1	VÁLVULA DE COMPUERTA BRONCE Ø 1 1/2"	1	u
A2	UNIÓN UNIVERSAL PVC PR Ø 1 1/2"	1	u
A3	VÁLVULA FLOTADORA Ø 1 1/2"	1	u
<b>DESCRIPCIÓN DESBORDE</b>			
B1	CODO HG Ø 2"	3	u
B2	TEE HG Ø 2"	1	u
B3	UNIÓN UNIVERSAL HG Ø 1 1/4"	1	u
B4	VÁLVULA DE COMPUERTA DE BROCE Ø 1 1/4"	1	u

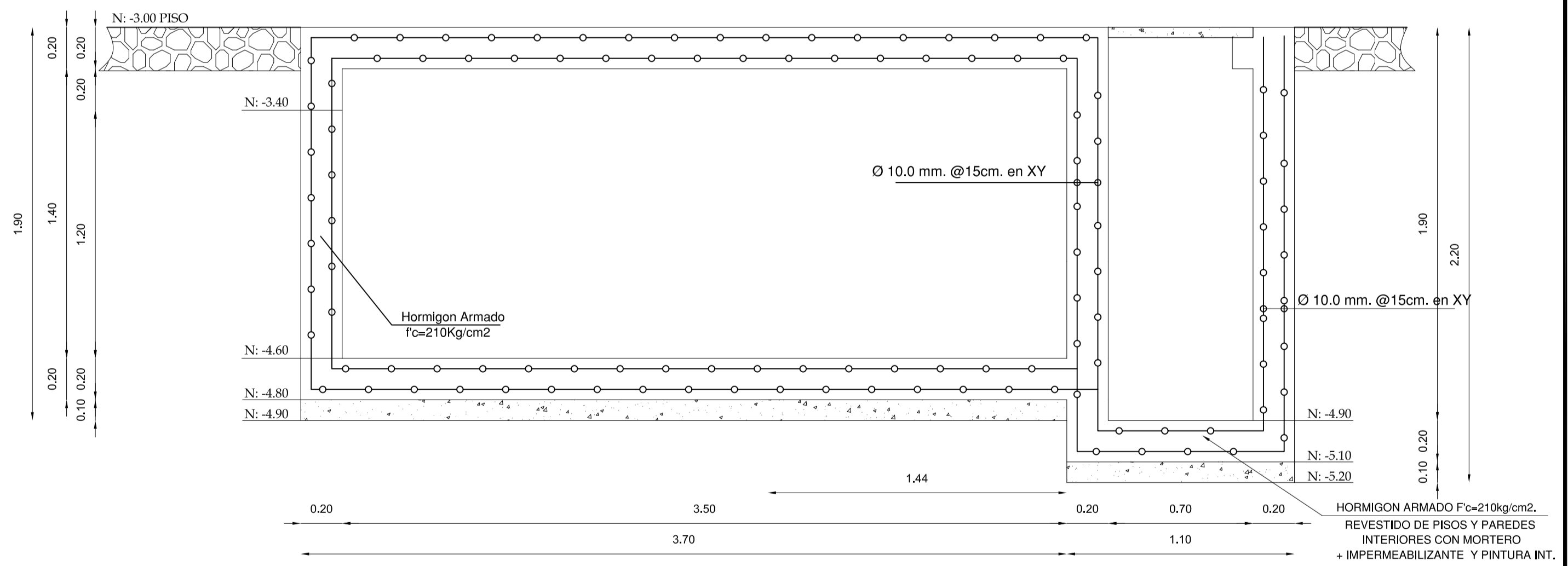
**ESTACIÓN DE BOMBEO "B"  
VISTA EN PLANTA**

ESCALA 1:20



**ESPECIFICACIONES CONSTRUCTIVAS CISTERNA**

CONTRAPISO	HFS <sup>®</sup> 180 kg/cm <sup>2</sup> + piedra
ARMADURA (DOBLE)	1 Ø 10 mm @ 15cm en X e Y
PAREDES y PISO	HFS <sup>®</sup> 210 kg/cm <sup>2</sup> + acelerante + imper.
RECUBRIMIENTO INTERIOR	Enlucido 1:2 + impermeabilizante
PINTURA INTERIOR	Sika top 144 (2 manos) sin cerámica
CÁMARA DE VÁLVULAS	Mampostería de ladrillo
ACABADO PAREDES	Pulido fino o cerámica blanca



**ESTACIÓN DE BOMBEO "B"  
ESTRUCTURAL CORTE A - A**

ESCALA 1:20

**ESTACIÓN DE BOMBEO "B"  
CORTE A - A**

ESCALA 1:20

**FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO**

PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA

CONTIENE: ESTACIÓN DE BOMBEO "B" - PLANTA, ELEVACIÓN, CORTES, DETALLE ESTRUCTURAL

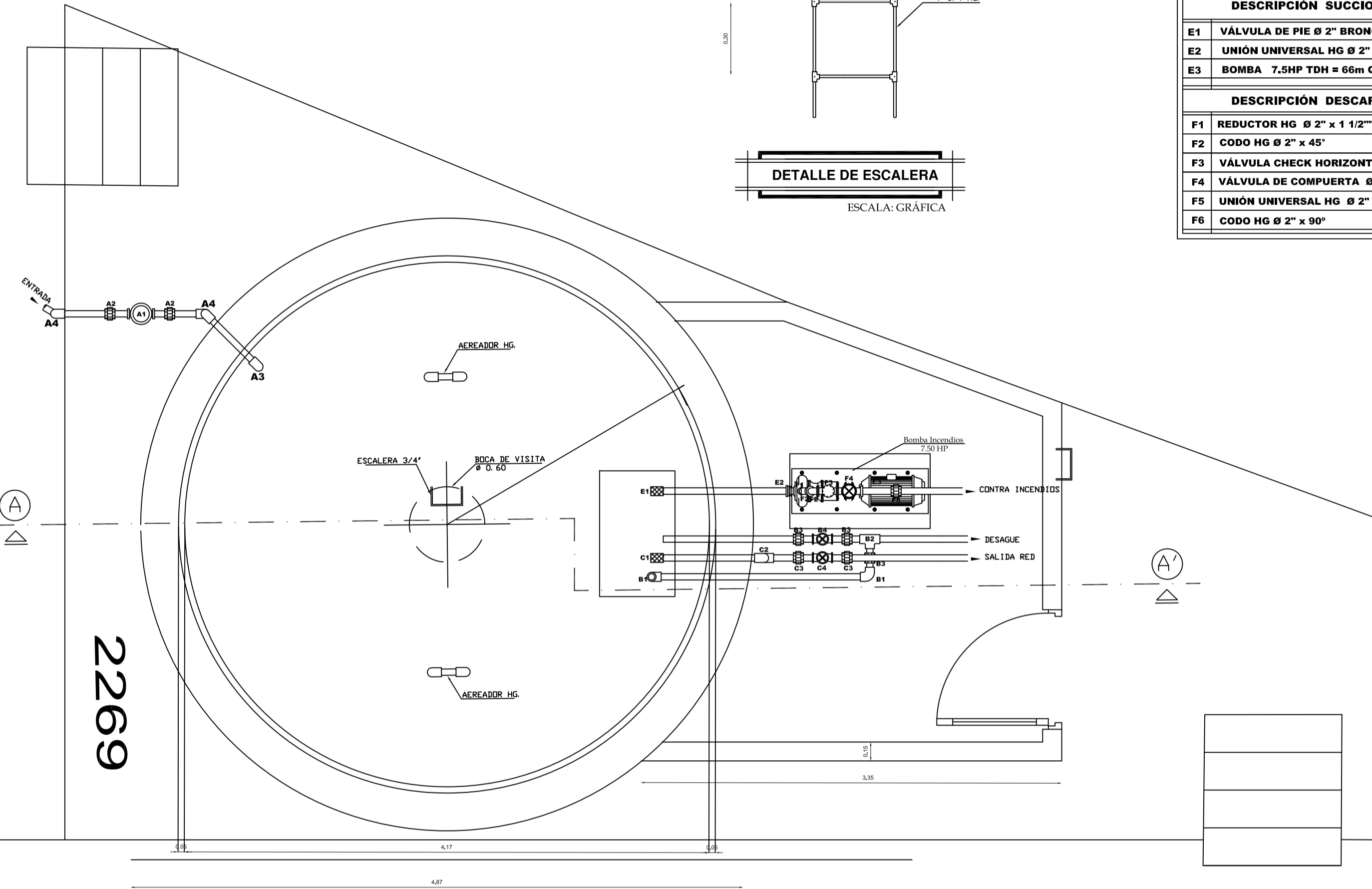
VITO: BUENO APROBO: Ing. Mireya Lapo P. REVISÓ: Ph. D. Fernando Ofate DISEÑO: Universidad Técnica de Loja ESCALA: INDICADAS

Ph.D. Holger Benavides DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO

FECHA: MARZO DE 2012

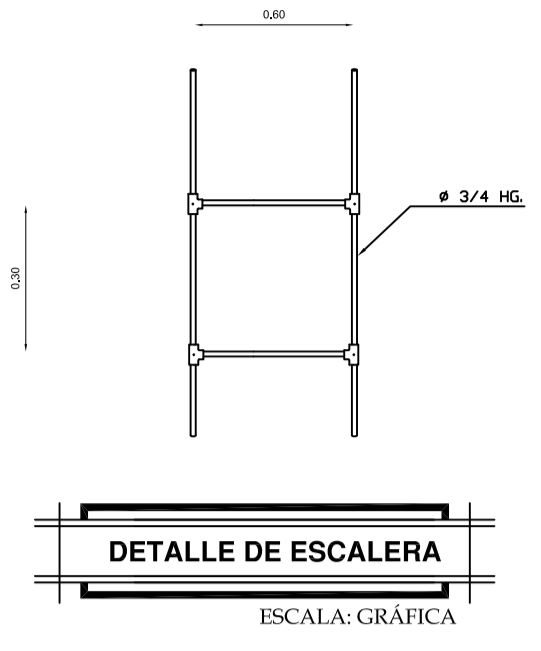
17  
de  
20

# TANQUE RESERVORIO 30 m3

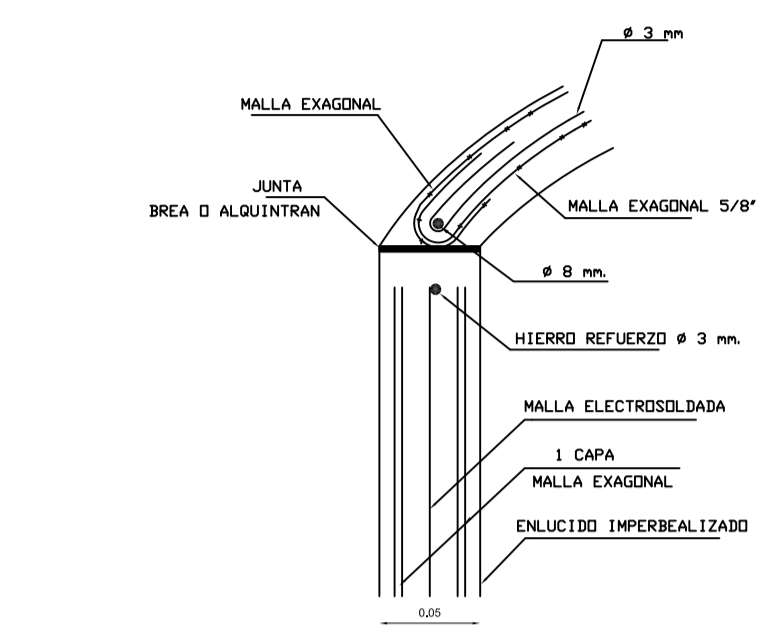


PLANTA  
ESCALA 1:40

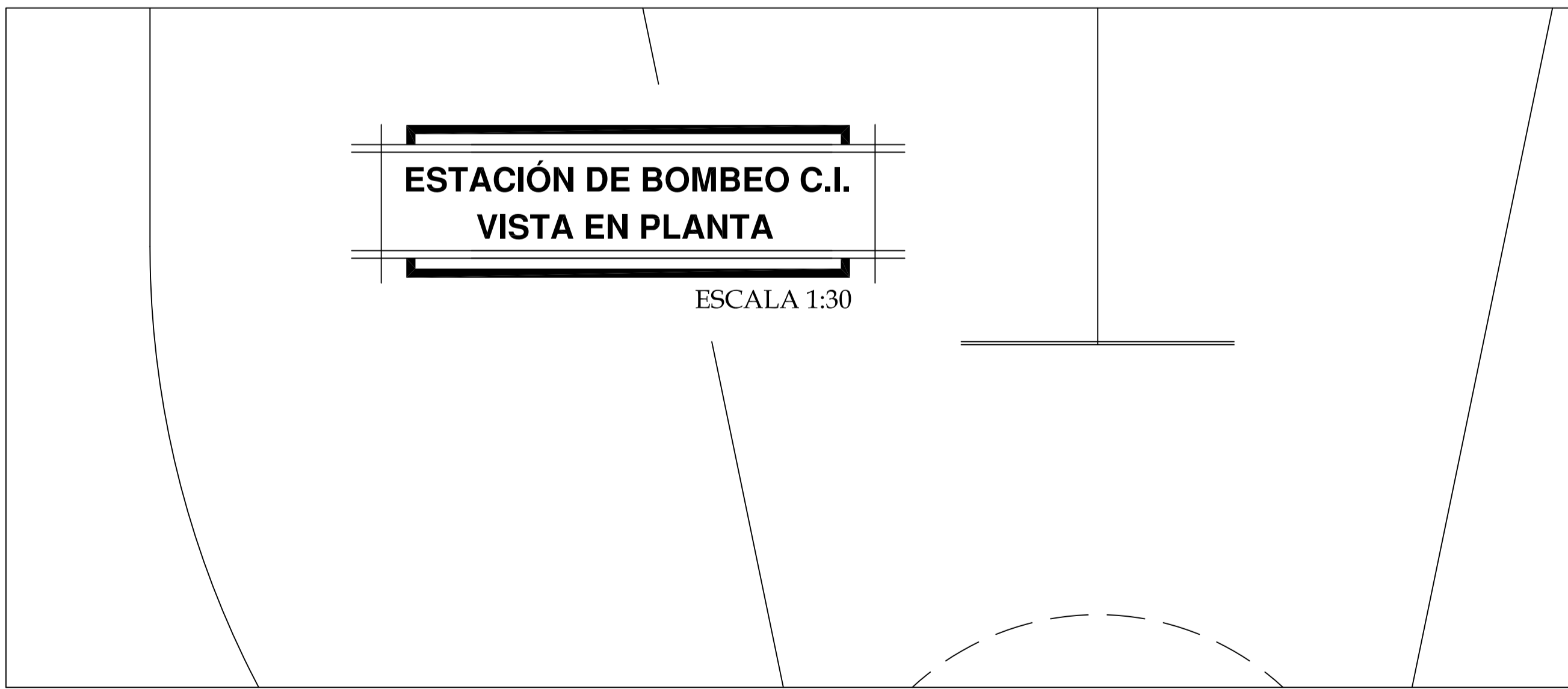
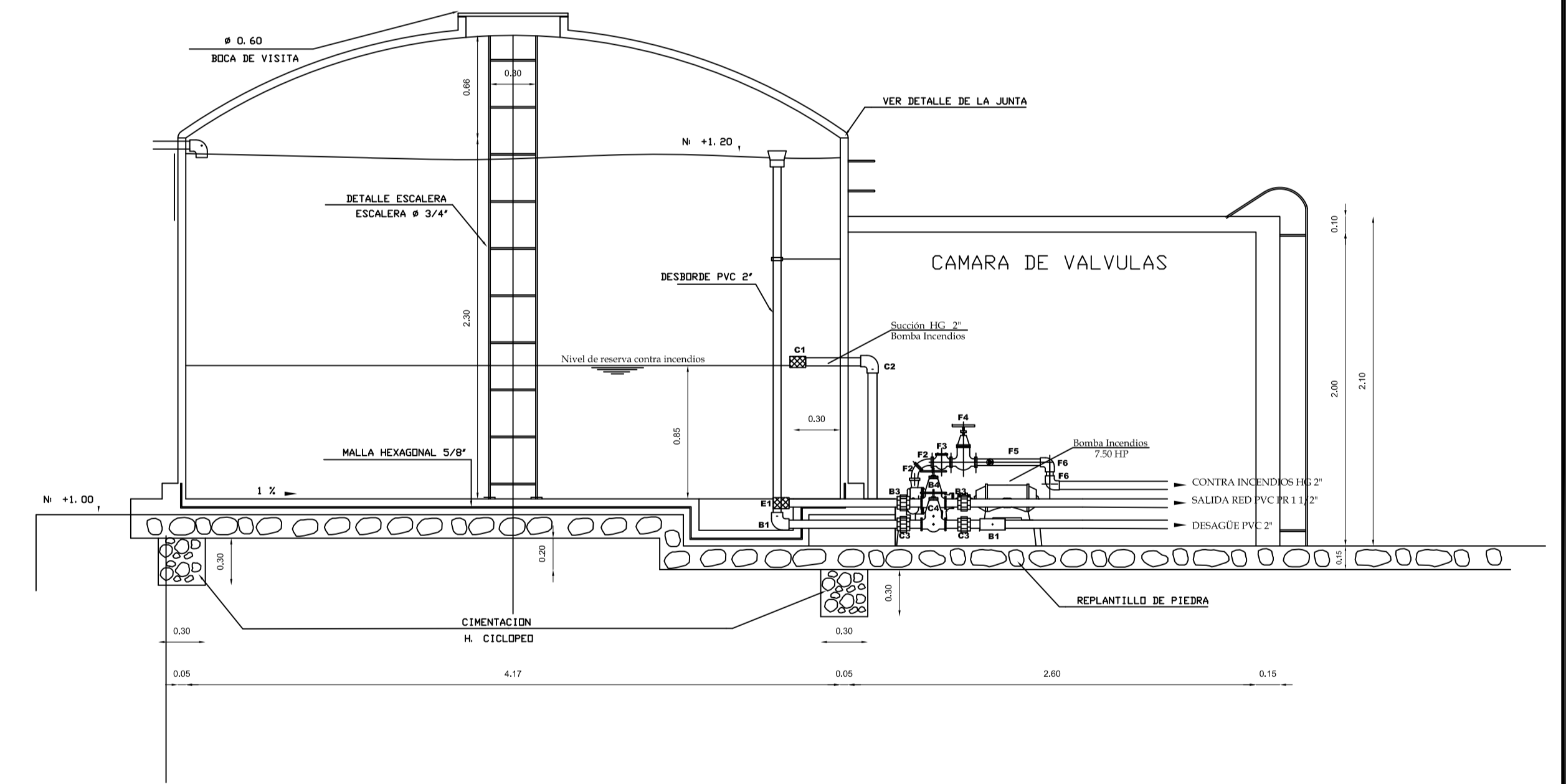
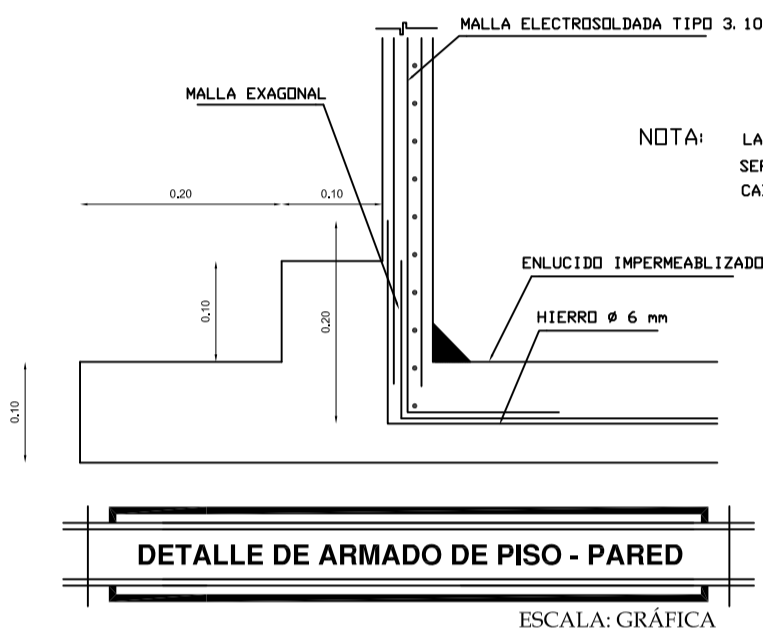
**ESTACIÓN DE BOMBEO C.I.  
VISTA EN PLANTA**  
ESCALA 1:30




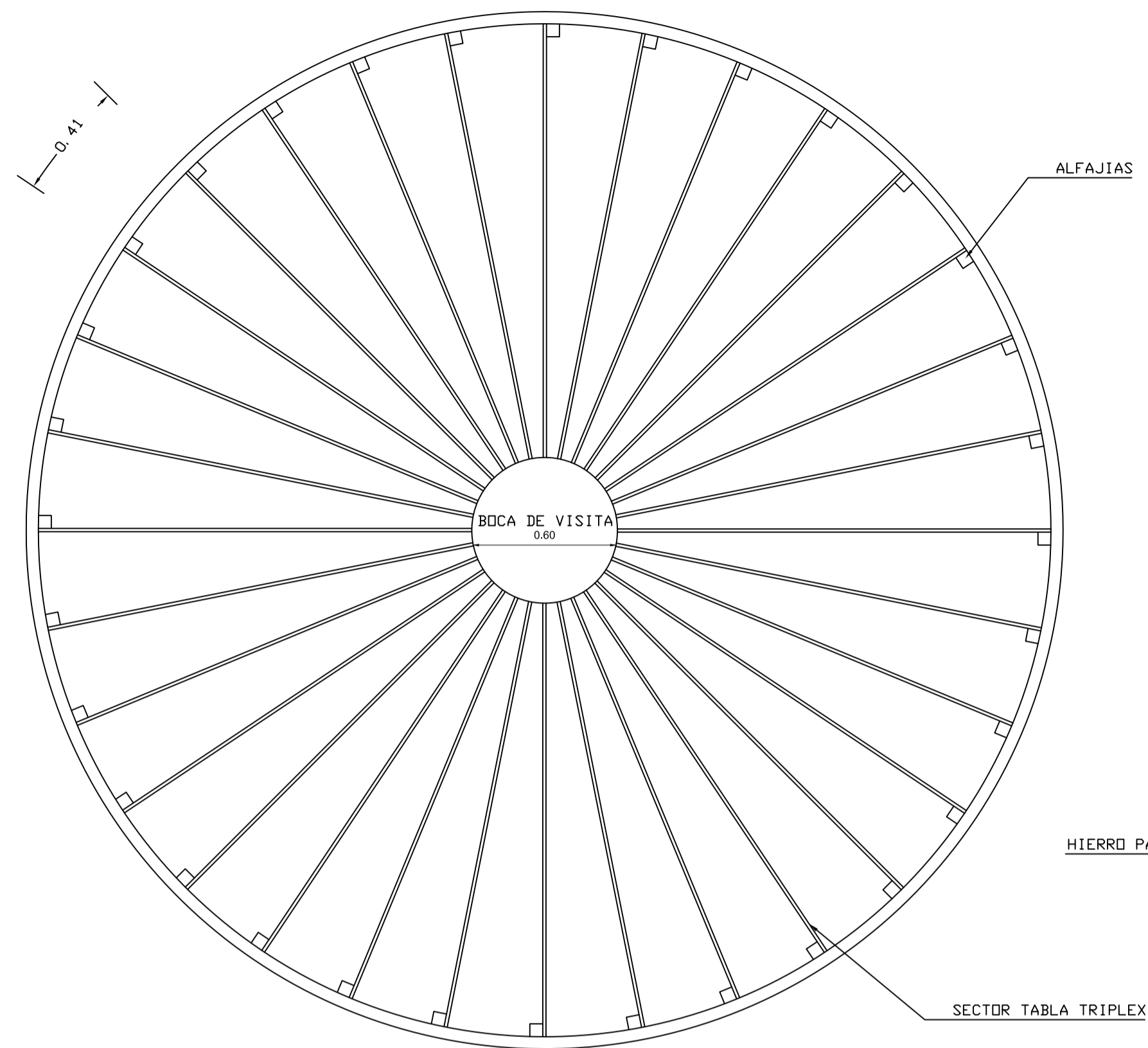
LISTA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO			
SIM.	TUBERÍA O ACCESORIO (DESCRIPCIÓN)	CANT.	UNIDAD
<b>DESCRIPCIÓN SUCCION SIST. INCENDIOS</b>			
E1	VÁLVULA DE PIE Ø 2" BRONCE	1	u
E2	UNIÓN UNIVERSAL HG Ø 2"	1	u
E3	BOMBA 7.5HP TDH = 66m Q = 198 l/min	1	u
<b>DESCRIPCIÓN DESCARGA SIST. INCENDIOS</b>			
F1	REDUCTOR HG Ø 2" x 1 1/2"	1	u
F2	CODO HG Ø 2" x 45°	2	u
F3	VÁLVULA CHECK HORIZONTAL BRONCE Ø 2"	1	u
F4	VÁLVULA DE COMPUERTA Ø 2"	1	u
F5	UNIÓN UNIVERSAL HG Ø 2"	1	u
F6	CODO HG Ø 2" x 90°	2	u



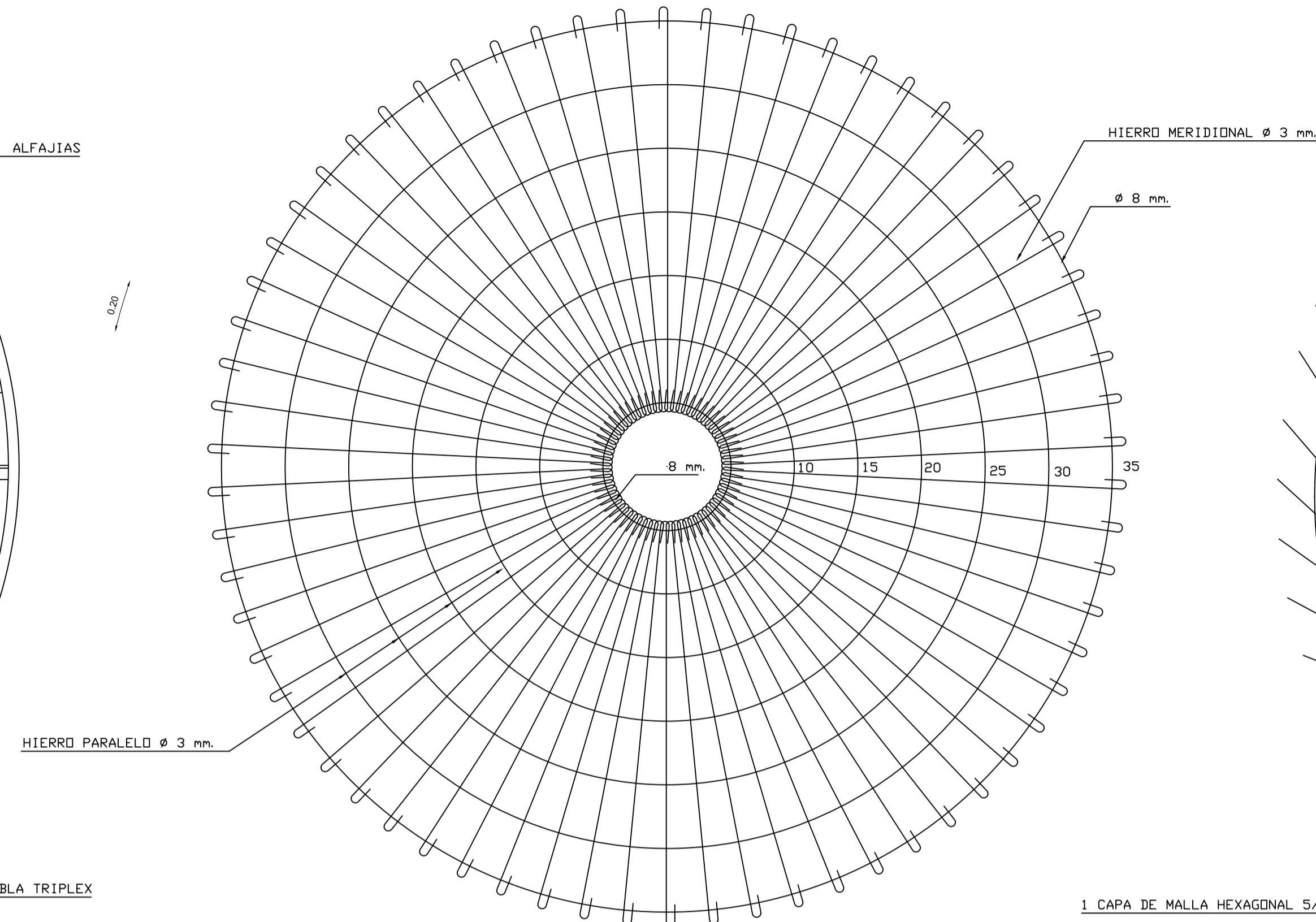
LISTA DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO			
SIM.	TUBERÍA O ACCESORIO (DESCRIPCIÓN)	CANT.	UNIDAD
<b>DESCRIP. ALIMENTACIÓN A CISTERNA</b>			
A1	VÁLVULA DE COMPUERTA BRONCE Ø 1 1/4"	1	u
A2	UNIÓN UNIVERSAL PVC PR Ø 1 1/4"	2	u
A3	VÁLVULA FLOTADORA Ø 1 1/4"	1	u
A4	CODO PVC PR Ø 1 1/4" x 90°	4	u
<b>DESCRIPCIÓN DESBORDE Y DESAGÜE</b>			
B1	CODO HG Ø 2"	3	u
B2	TEE HG Ø 2"	1	u
B3	UNIÓN UNIVERSAL HG Ø 2"	1	u
B4	VÁLVULA DE COMPUERTA DE BROCE Ø 1 1/4"	1	u
<b>DESCRIPCIÓN DISTRIBUCIÓN DE AA. PP.</b>			
C1	VÁLVULA DE PIE Ø 2" BRONCE	1	u
C2	CODO PVC PR Ø 2"	2	u
C3	UNIÓN UNIVERSAL PVC PR Ø 2"	1	u
C4	VÁLVULA DE COMPUERTA DE BROCE Ø 2"	1	u



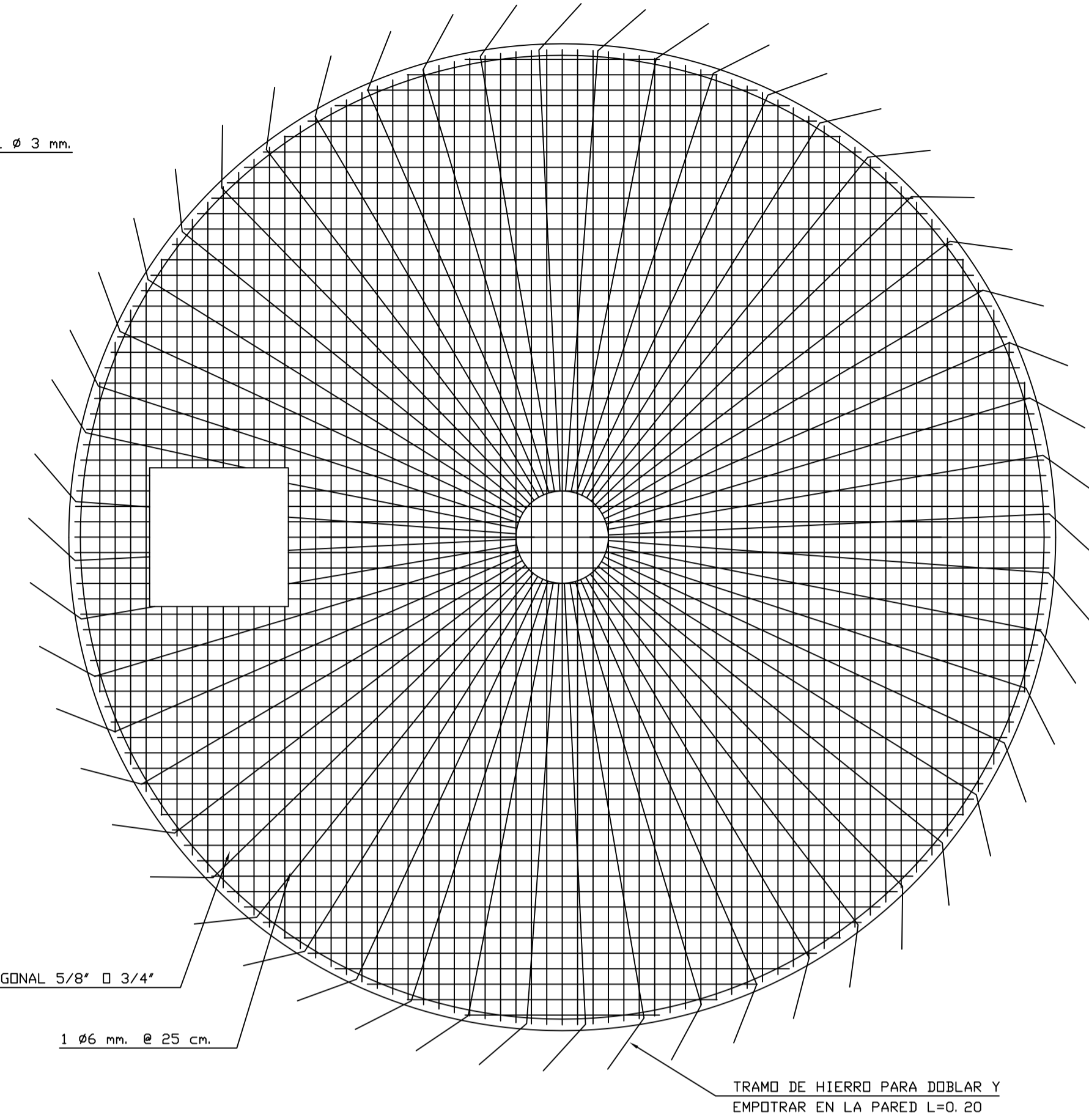
		<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>		LÁMINA <b>18</b> de 20
PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA				
CONTIENE: TANQUE DE RESERVA 30 m3 - PLANTA - ELEVACIÓN - DETALLES CONSTRUCTIVOS				
VTO. BUENO	APROBO	REVISÓ	DISEÑO	ESCALA: INDICADAS
Ph.D. Holger Benavides DIRECTOR GENERAL DEL PROYECTO	Ing. Mireya Lapo P. DISEÑADORA	Ph.D. Fernando Oñate COORDINADOR	Universidad Técnica de Loja COORDINADOR	FECHA: SEPTIEMBRE DE 2012



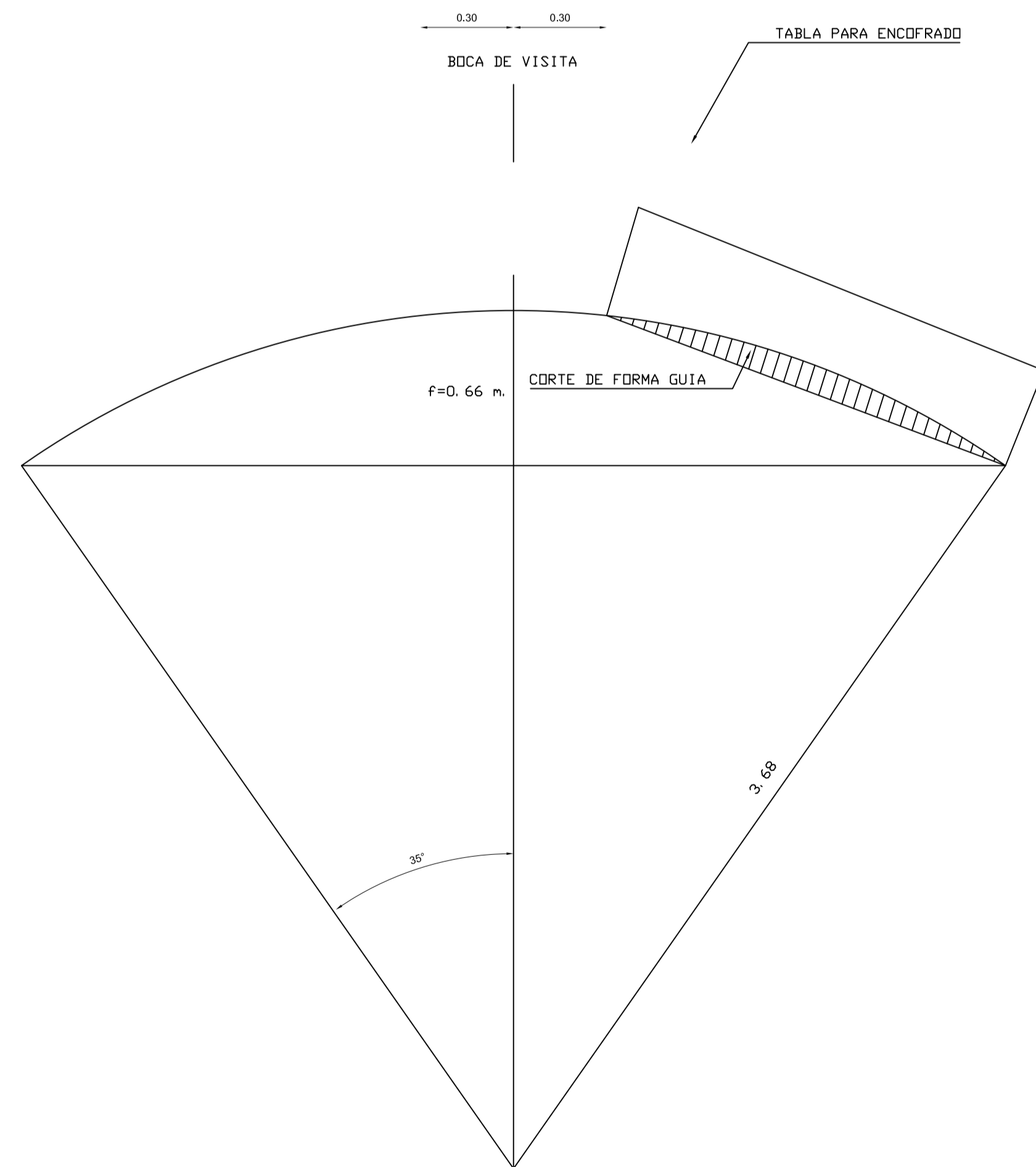
FORMA GENERAL DEL ENCOFRADO DE CUPULA



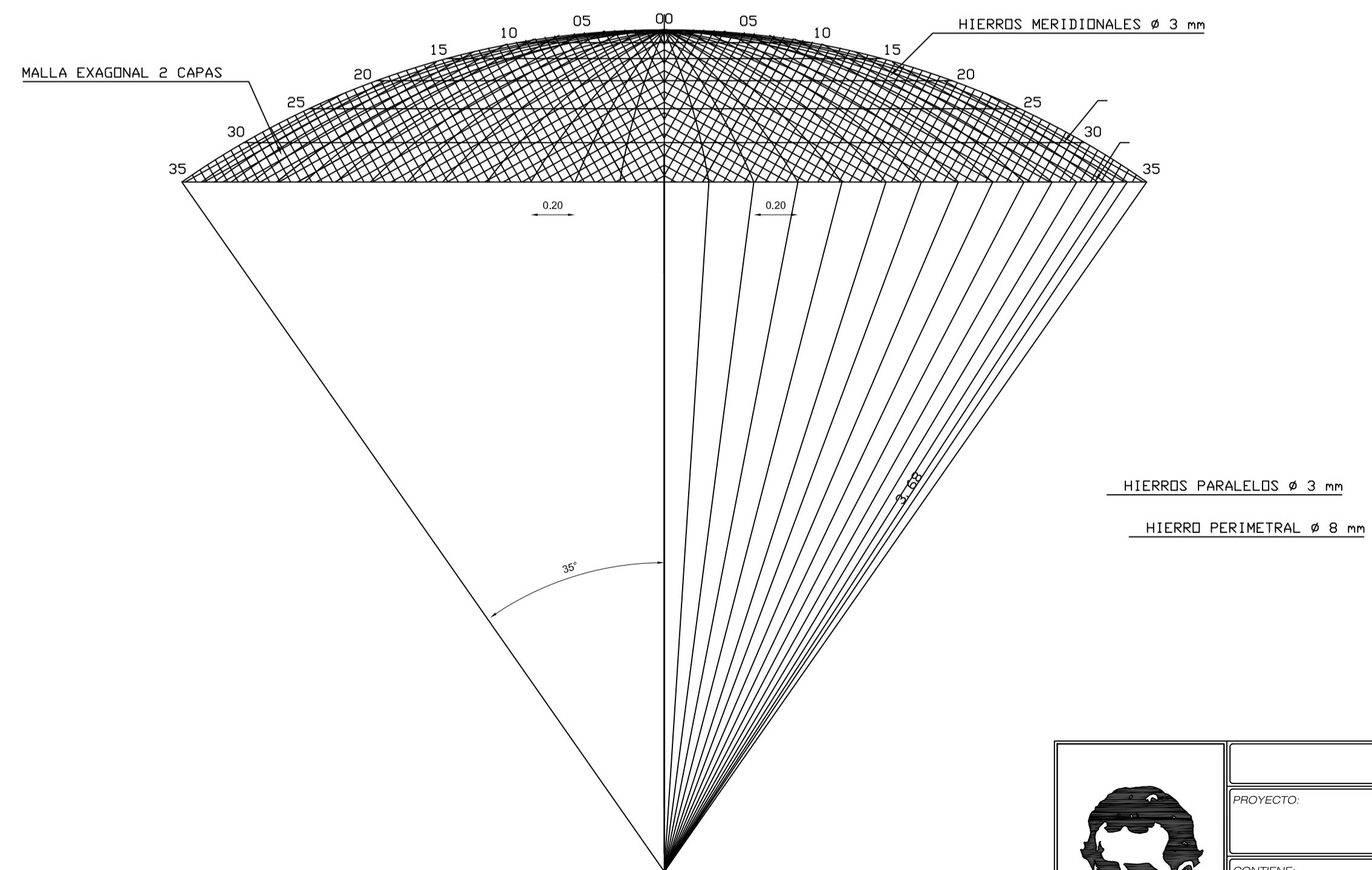
ARMADURA DE LA CUPULA PLANTA





ARMADO DE LOSA DE FONDO

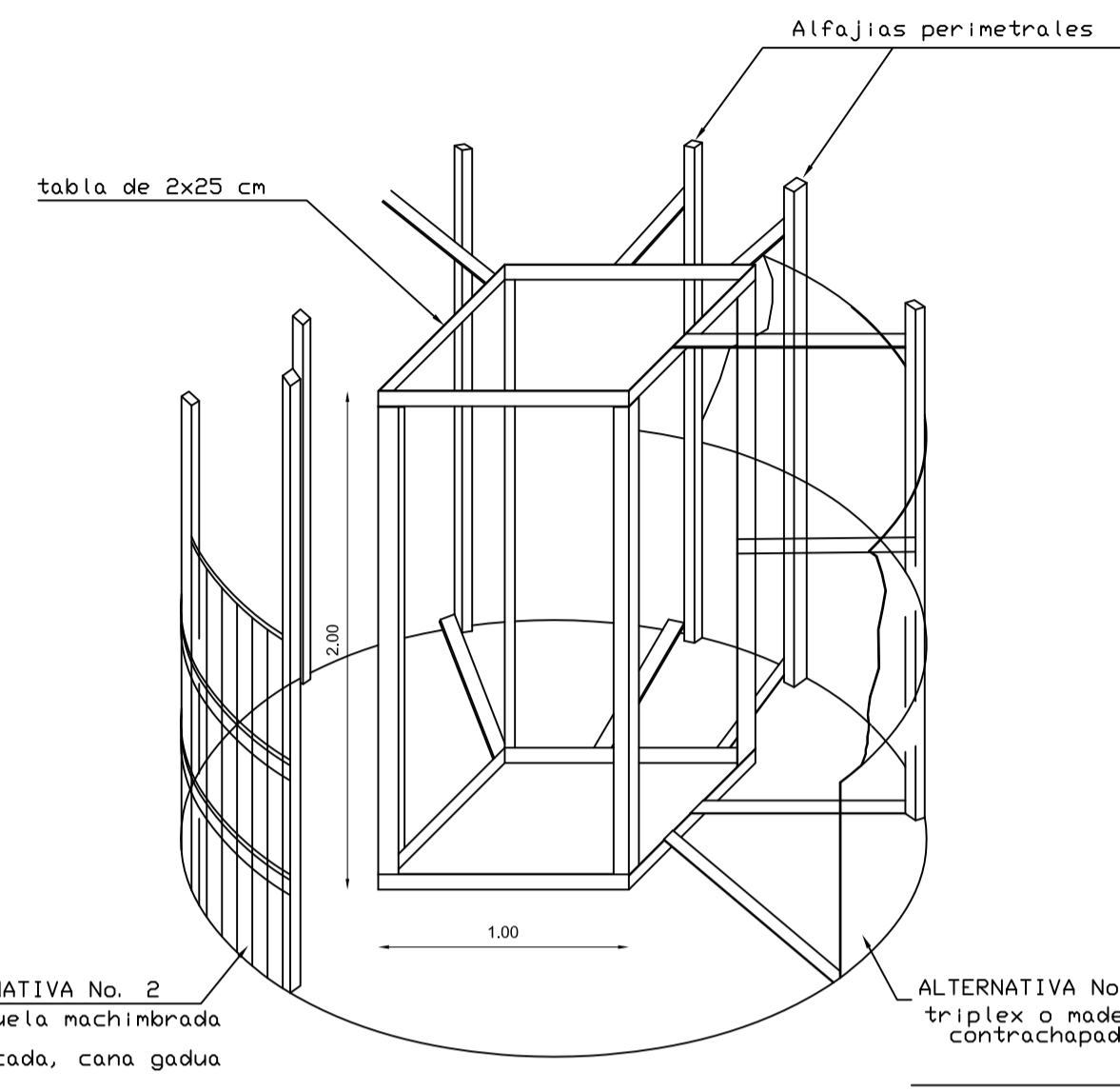


PLANTILLA PARA DOMO TIPICO EN CUPULA



ARMADURA DE LA CUPULA ELEVACION

		<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>			
		PROYECTO: SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA			
DISEÑO: Ph.D. Holger Benavides		REVISADO: Ph.D. Fernando Oñate		ESCALA: INDICADAS	
APROBADO: Ing. Mireya Lapo P.		REVISADO: Ph.D. Fernando Oñate		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2012	



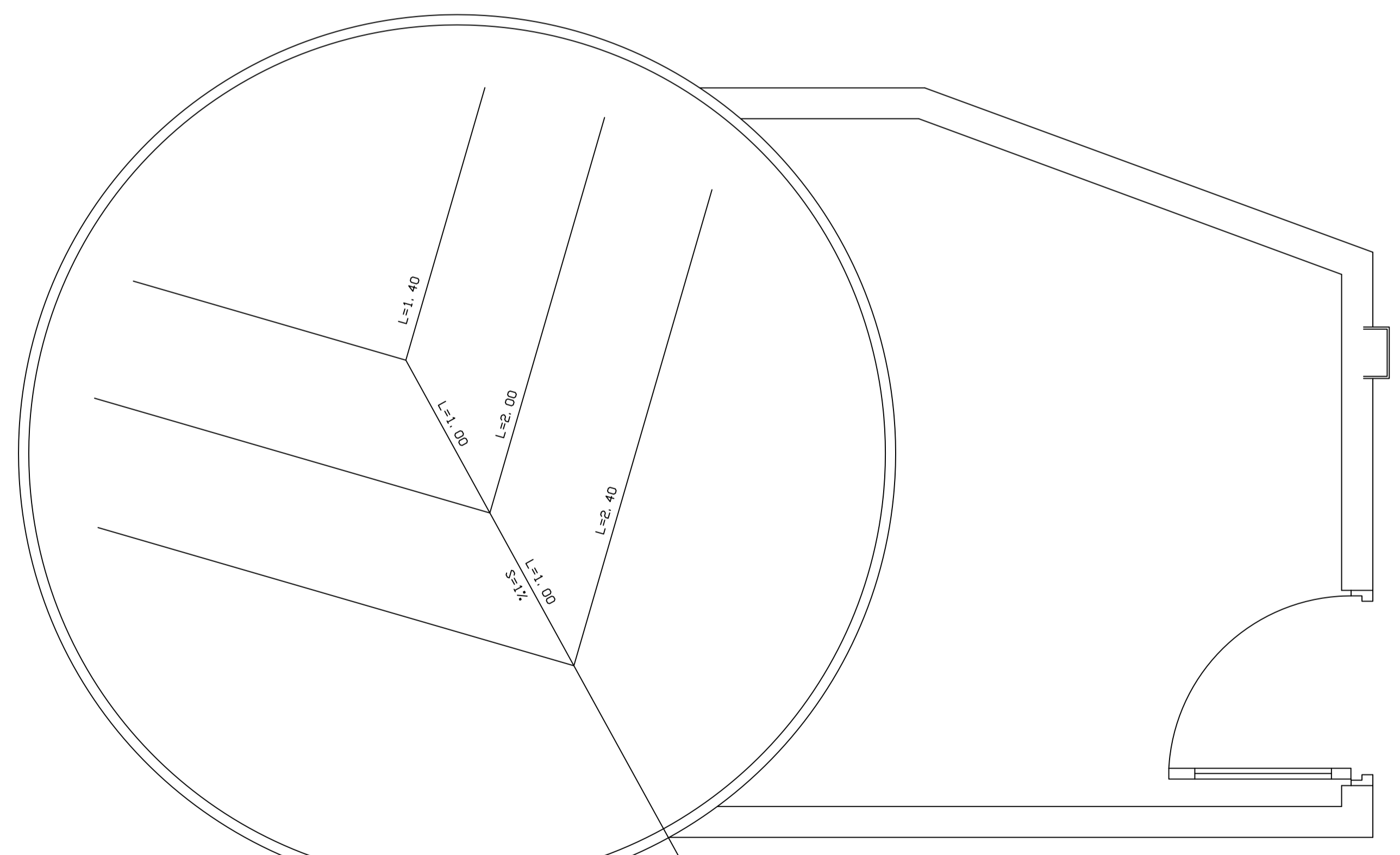
ARMADO TÍPICO DE ENCOFRADO DE PARED SIN ESCALA

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

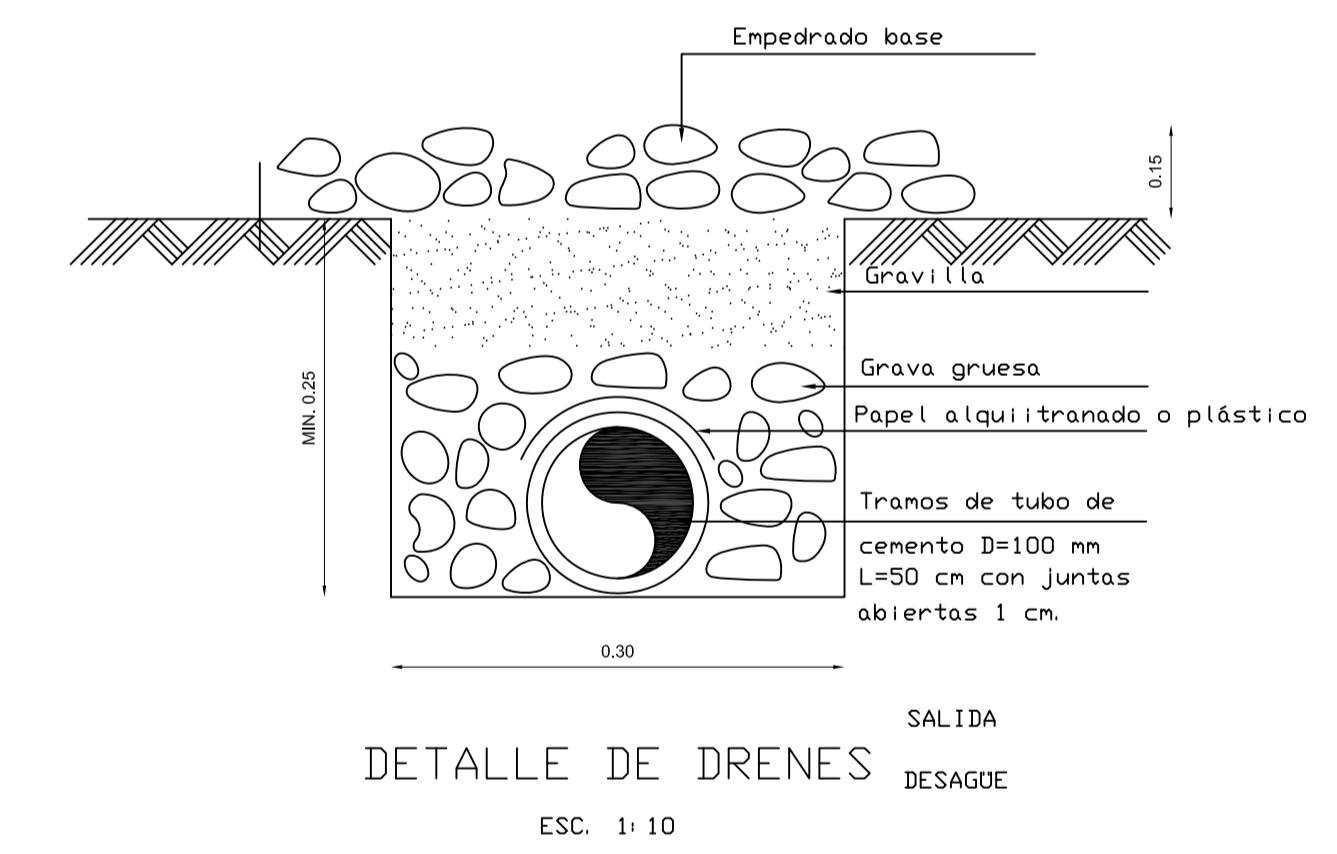
1. ARENA NORMA ASTM C-33-86 MODULO DE FINURA 2.4 a 2.6 DIAMTRO  $\phi = 4.75$  mm. TAMIZ No. 4 BIEN LAVADA Y TAMIZADA
2. CEMENTO PORTLAND TIPO I
3. AGUA LIMPIA
4. ADITIVOS SE RESTRINGUE EN CONTACTO CON ARMADURAS AGUELLOS CON EXCESO DE CLORURDS EN SU COMPOSICION. SI EN ENLUCIDOS IMPERMEABLES
5. MALLAS EXAGONALES TENSION 210 a 250 MPa. RECOMENDADA LA DE 5/8" o 3/4"
6. MALLA ELECTROSDADADA RESISTENCIA A LA FLUENCIA:  $f_y = 500$  MPa.
7. ALAMBRES NEGRO ACERADO 3 mm. #10
8. DOSIFICACION DEL MORTERO AL PESO 1: 2: 0.48 CEMENTO-ARENA-RELACION AGUA CEMENTO  $f'c > 400$  Kg/cm<sup>2</sup>
9. RESISTENCIA MINIMA SUELO 1 Kg/cm<sup>2</sup> MENOR QUE 1 Kg/cm<sup>2</sup> REALIZAR MEJORAMIENTO
10. NO SE DEBE RELLENAR ALREDEDOR DEL TANQUE

LISTA DE MATERIALES

DESCRIPCION	U	CANTIDAD
DESBROCE Y LIMPIEZA	M2	38.51
REPLANTADO Y NIVELACION	M2	14.32
EXCAVACION MANUAL	M3	4.30
ENCOFRADO DE PARED	M2	32.00
ENCOFRADO PARA CUPULA	M2	15.00
HORMIGON SIMPLE $f'c = 210$ Kg/cm <sup>2</sup>	M3	1.40
CHAMPEADO MORTERO 1: 2 ESP. = 2 cm (PARED)	M2	45.80
ENLUCIDO INTERIOR MAS IMPERMEABILIZANTE (PISO-PARED)	M2	43.75
ENLUCIDO TIPO 3	M2	49.03
MAMPONERIA DE LADRILLO ESP. = 0.15 m	M2	03.00
MALLA EXAGONAL 5/8" o 3/4" ALT=1.00 m	M	67.02
MALLA EXAGONAL 5/8" o 3/4" ALT=1.50 m	M	67.02
MALLA ELECTROSDADADA TIPO 3.10	M2	32.37
ALAMBRE NEGRO ACERADO	Kg	24.58
DRENES	M	12.51
EMPEDRADO BASE	M2	15.00
PINTURA CEMENTO BLANCO (2 MANOS)	M2	45.38
ESCALERA DE HG $\phi$ 3/4"	M	2.60
HIERRO 3 mm	Kg	
HIERRO 6 mm	Kg	
HIERRO 8 mm	Kg	50.00
JUNTA PARED-CUPULA	M	



UBICACION DE DRENES ESC. 1:20



<b>FUNDACIÓN SAN JUAN BOSCO</b>		CÁDENA
PROYECTO:	SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL - LOJA	
CONTIENE:	TANQUE DE RESERVA 30 m <sup>3</sup> - DETALLES CONSTRUCTIVOS	
VTO. BUENO	APROBO	REVISÓ
Ph.D. Holger Benavides	Ing. Mireya Lopo P.	Ph.D. Fernando Oñate
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE LOJA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE LOJA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE LOJA
ESCALA: INDICADAS		FECHA: SEPTIEMBRE DE 2012



## **Diseño hidrosanitario para el centro de albergue, formación y capacitación juvenil - Loja, componentes: red de agua potable y sistema contra incendios.**

*Jackson Bladimir Jaramillo Cumbicus*

UTPL –Loja - Ecuador

**Email:** jbjaramillo@utpl.edu.ec, jackbjaramillo@hotmail.com

### **RESUMEN**

La fundación San Juan Bosco, ha creído conveniente emprender la construcción del proyecto: “Centro de albergue, formación y capacitación juvenil – Loja”. Se considera que es necesario completar este proyecto con el diseño hidrosanitario, en el presente estudio se ha realizado el dimensionamiento de los sistemas de distribución de agua potable y sistema contra incendios en el que se consideraron los criterios de algunos autores, tomando en cuenta aquellos que más se adapten a la realidad del medio. La acumulación de caudales se la realizó mediante el método racional o español, y el cálculo de pérdidas de carga por fricción en tuberías por el método de Flamant. Se automatizó el proceso de cálculo mediante la elaboración de un complemento de Excel, donde se utilizó lenguaje de programación VBa y XML, y que permite comparar los diseños de acuerdo a diferentes criterios y ecuaciones de cálculo.

### **ABSTRACT**

San Juan Bosco Foundation, has seen fit to undertake the construction of the project: "Shelter, training and youth center- Loja". Whereas it is necessary to complete this project with the hydro-sanitary design, the present study has been carried out with potable water distribution and fire fighting systems, which was considered by some authors criteria, taking into account those most suited to the reality of the medium. The accumulation of the flow is conducted through the rational or Spanish method and calculating friction head losses in the pipes by Flamant method. The calculation process was automated by developing Excel AddIn, using VBA programming language and XML, and for comparing the designs according to different criteria and equations.

### **Palabras claves:**

Don Bosco, Abastecimiento, Agua, Edificaciones, Hidrosanitario, VBa, Excel, AutoCAD, Programación, Desarrollo, Software.



## Diseño hidrosanitario para el centro de albergue, formación y capacitación juvenil - Loja, componentes: red de agua potable y sistema contra incendios.

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1. INTRODUCCIÓN

La fundación San Juan Bosco, en su empeño por mejorar la calidad de vida de niños y adolescentes vulnerables de la ciudad de Loja, ha creído conveniente emprender la construcción del proyecto: "CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL – LOJA". Se consideró necesario completar este proyecto con el diseño hidrosanitario, en el presente estudio se ha realizado el dimensionamiento de los sistemas de distribución de agua potable y sistema contra incendios, con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento de las redes sanitarias.

#### 1.2. EMPLAZAMIENTO

Las instalaciones quedarán ubicadas en el barrio Punzara Bajo, en el sector sur-occidental de la ciudad de Loja, en la calle paralela a la quebrada Alumbre a 300 metros de la Av. de Los Paltas.

#### 1.3. DISTRIBUCIÓN DEL PROYECTO

El complejo cuenta con la implementación de cuatro edificaciones distribuidas en:

- Bloque de talleres, aulas y dormitorios para mujeres
- Bloque de talleres, aulas y dormitorios para hombres
- Sala de uso múltiple
- Edificio Administrativo

Para los diseños, debido a la factibilidad y distribución de los sistemas, se dividió el complejo en dos grupos: el primero comprendido por el edificio administrativo y la sala de uso múltiple y el segundo por los bloques de talleres, aulas y dormitorios de varones y de mujeres.

Figura 01. Croquis de ubicación



Fuente: El Autor

#### 1.4. DISTRIBUCIÓN DE LAS PIEZAS SANITARIAS

Las piezas sanitarias se distribuyen según el diseño arquitectónico proyectado, en el siguiente cuadro se resume el número de piezas encontradas para el primer grupo de edificaciones.



**Cuadro 01.** Resumen piezas sanitarias de la sala de uso múltiple y edificio administrativo

PLANTA NIVEL	#PIEZ
<b>PLANTA ÚNICA N-2.88</b>	15
<b>SUBSUELO N+0.5</b>	
ÁREA DE JUEGOS DE SALÓN	22
<b>PLANTA BAJA N+3.73</b>	
COMEDOR GENERAL	4
COMEDOR PRIVADO	2
COCINA	1
DIRECCIÓN	2
SECRETARIA	2
<b>PRIMERA PLANTA ALTA N+7.13</b>	
SALA DE CONVECCIONES Y OFICINAS	11
<b>SEGUNDA PLANTA ALTA N+9.92</b>	
DORMITORIO 1	3
DORMITORIO 2	3
DORMITORIO 3	3
DORMITORIO 4	3
ÁREA DE LAVADO	3
<b>TOTAL</b>	<b>74</b>

Fuente: El Autor

En el cuadro #2 se especifica las piezas sanitarias instaladas en cada piso del grupo dos de edificaciones y el tipo de aparato que se utilizó.

## 2. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS

El presente estudio hidrosanitario contempla los siguientes sistemas:

### SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

- Sistema de distribución de agua potable para el grupo administrativo-sala de uso múltiple
- Sistema de distribución de agua potable para los bloques varones y mujeres

**Cuadro 02.** Resumen piezas sanitarias del bloque de varones y mujeres

PLANTA NIVEL	#PIEZ
<b>PLANTA BAJA</b>	
TALLERES MUJERES N-4.50	8
TALLERES VARONES N-3.00	7
<b>PRIMERA PLANTA ALTA</b>	
AULAS MUJERES N-1.5	9
AULAS VARONES N+0.00	7
<b>SEGUNDA PLANTA ALTA</b>	
DORMITORIOS MUJERES N+1.50	40
DORMITORIOS VARONES N+3.00	45
VIGILANTES MUJERES N+1.50	6
VIGILANTES VARONES N+3.00	6
<b>TOTAL</b>	<b>128</b>

Fuente: El Autor

En donde:

- InT= inodoro de tanque
- Lv= lavamanos
- UrL= urinario
- Du= ducha
- FrC= fregadero de cocina
- MqR= lavadora
- Fr= fregadero

### SISTEMA CONTRA INCENDIOS

#### 2.1. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

##### 2.1.1 Criterios de diseño

Para la ejecución del presente estudio hidrosanitario se ha tomado en cuenta las recomendaciones del libro Instalaciones de Agua,



Gas y Desagües en Edificaciones de Rafael Pérez Carmona, los parámetros de diseño y especificaciones exigidas por la Unidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Loja.

El diseño se realizó mediante hojas de cálculo, y los resultados fueron comprobados en el programa Cypecad con el módulo de Instalaciones del Edificio, versión de prueba.

**2.1.1 Biblioteca de consumos**

La biblioteca de consumos está adaptada del borrador de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, Capítulo 16, correspondiente a instalaciones hidrosanitarias.

Se introducen como caudales netos por aparato los contenidos correspondientes en el siguiente cuadro:

**Cuadro 05**

Aparato Sanitario	Dotación (L)
Bañera/tina	0.30
Bidet	0.10
Calentadores/Calderas	0.30
Ducha	0.20
Fregadero cocina	0.20
Fuentes para beber	0.10
Grifo para manguera	0.20
Inodoro con depósito	0.10
Inodoro con Fluxor	1.25
Lavabo	0.10
Máquina de lavar ropa	0.20
Máquina de lavar vajilla	0.20
Urinario con fluxor	0.50
Urinario con llave	0.15
Sauna, turco, ó hidromasaje doméstico	1.00

Fuente: El Autor

Para el cálculo de consumos máximos y volúmenes de reserva se emplearon las siguientes dotaciones:

**Cuadro 04**

CONSUMOS DE DOTACIÓN PARA DISEÑOS		
CLASIFICACION	LITROS	UNIDAD (por día)
Vivienda	250	habitantes por día
Universidades	40	estudiantes por día
Internados	200	personas por día
Flotante	4	habitantes por día
Oficinas	90	habitantes por día
Auditorios	5	asistente
Restaurantes	60	comida/día
Cuarteles	350	persona

Fuente: El Autor

**2.1.2 Condiciones del suministro**

El lugar de implantación del proyecto no cuenta con suministro de agua potable, por lo que se ha previsto dos posibles alternativas de abastecimiento. La primera es derivar un sistema de abastecimiento desde la red de la Junta Barrial, y la segunda es disponer de un sistema propio, paralelo al sistema existente.

**2.1.3 Cálculo de depósitos**

Por la gran demanda de consumo del proyecto, se diseñó un sistema de depósitos que consta de un tanque general, el cual reservará el volumen diario requerido más el volumen contra incendios, a su vez este tanque abastecerá a dos cisternas de bombeo, con un tiempo de llenado de 12 horas, y cuyo volumen resulta de los caudales máximos de abastecimiento de agua potable.



### 2.1.4 Simultaneidad de los consumos

El cálculo hidráulico de la red de fontanería, se lo realizó con la acumulación de los caudales brutos definidos en los consumos y la aplicación un coeficiente de simultaneidad, tomando en cuenta que no todos los aparatos funcionarán al mismo tiempo y condicionando el dimensionamiento de los diámetros.

Por tal razón se diseñará en base al caudal máximo probable que se lo obtuvo empleando el método Racional o Español, descrito más adelante.

### 2.1.5 Estimación de caudales

Se utilizó el método Racional o Español, donde el caudal máximo probable resulta de la siguiente expresión:

$$Q_{MP} = k_s \times \sum q_i$$

Donde:

**Q<sub>MP</sub>**= caudal máximo probable (l/s)

**q<sub>i</sub>**= caudal mínimo de los aparatos suministrados (l/s)

**k<sub>s</sub>**= coeficiente de simultaneidad, entre 0.2 y 1

Para calcular el coeficiente de simultaneidad K<sub>s</sub> se utilizó la siguiente expresión:

$$k_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F \times (0.04 + 0.04 \times \log(\log(n)))$$

Donde:

**n**= número total de aparatos servidos

**k<sub>s</sub>**= coeficiente de simultaneidad, entre 0.2 y 1

**F**= factor que toma los siguientes valores:

F=0, según Norma Francesa NFP 41204.

F=1, para edificios de oficinas y similares.

F=2, para edificios habitacionales.

F=3, hoteles, hospitales y semejantes.

F=4, edificios académicos, cuarteles y semejantes.

F=5, edificios e inmuebles con valores de demanda superiores.

En el presente diseño se adoptó el valor de F=2, promediando el uso que se les dará a las instalaciones, y aumentando la seguridad en el abastecimiento de los consumos.

### 2.1.6 Velocidad de las conducciones

El sistema se diseñó para una velocidad comprendida entre 0.6 m/s - 2.5 m/s, adoptando una velocidad óptima de 1.2 m/s.

### 2.1.7 Presiones en los consumos

El rango normal de presiones disponibles en nudos de consumo oscila entre 10 y 50m.c.a., asegurando una presión óptima en los aparatos y controlando la sobrepresión, ya que el exceso de presión podría ocasionar roturas en las conducciones.

### 2.1.8 Materiales

Se utilizará tubería y accesorios de PVC PR con un coeficiente de rugosidad para la fórmula de Flamant de 0.0001, con unión roscable, es decir la tubería se une incrustándose dentro del accesorio mediante un sistema de roscado, todas las tuberías para



abastecimiento de agua potable ya se fría o caliente así como todos sus accesorios serán pintados en color verde, según la normativa INEN 440:84.

**2.1.9 Pérdidas en la red**

**2.1.9.1 Pérdidas por fricción**

Las pérdidas por fricción en la red se calcularon con la fórmula de Flamant, recomendada para diámetros menores a 50 mm, y que se define como:

$$j = 6.1 \times C \times \frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}}$$

En donde:

- j** = pérdida de carga en m/m.
- C** = coeficiente de fricción.
- D** = diámetro en m.
- Q** = caudal en m<sup>3</sup>/s.

**2.1.9.2 Pérdidas por accesorios**

Para calcular las pérdidas de presión generadas por accesorios se utilizó el método de las longitudes equivalentes, empleando la ecuación:

$$L_e = \left( A \times \left( \frac{d}{25.4} \right) \pm B \right) \times \left( \frac{120}{C} \right)^{1.8519}$$

Donde:

- Le** = longitud equivalente, en metros
- A, B** = factores, dependen del tipo de accesorios.
- d** = diámetro interno en milímetros
- C** = coeficiente según el material de la tubería

En el siguiente cuadro se muestran los factores A y B de algunos accesorios comunes.

**Cuadro #6**

ACCESORIO	A	B
<i>Codo de 45°</i>	0.38	0.02
<i>Codo radio largo 90°</i>	0.52	0.04
<i>Entrada Normal</i>	0.46	-0.08
<i>Reducción</i>	0.15	0.01
<i>Salida de la tubería</i>	0.77	0.04
<i>Tee paso directo</i>	0.53	0.04
<i>Tee paso de lado y salida bilateral</i>	1.56	0.37
<i>Tee con reducción</i>	0.56	0.33
<i>Válvula de compuerta abierta</i>	0.17	0.03
<i>Válvula de globo abierta</i>	8.44	0.50
<i>Válvula de pie con criba</i>	6.38	0.40
<i>Válvula de retención</i>	3.20	0.03

Fuente: El Autor

**2.1.10 Sistema de bombeo y equipo hidroneumático**

Dadas las condiciones geométricas del sistema, y del consumo que se espera en el proyecto, se diseñó las estaciones de bombeo para asegurar el abastecimiento cumpliendo los requisitos mínimos de caudal y presión en cada aparato.

De los diseños se obtuvo:

**Estación de bombeo para el suministro del sistema edificio administrativo y sala de uso múltiple:**

Características funcionales de la bomba:

- Cantidad: Dos
- Marca: PEDROLLO
- Caudal: 1.95 l/s
- TDH: 42.10 mca
- Eficiencia: 40%



Diámetro de succión ("): 1 1/2  
 Diámetro de descarga ("): 1  
 Potencia: 3 HP  
 Modelo de la bomba: CP25 / 200B

Marca: PEDROLLO  
 Caudal: 3.54 l/s  
 TDH: 44.80 mca  
 Eficiencia: 40%  
 Diámetro de succión : 2"  
 Diámetro de descarga: 1 ¼"  
 Potencia: 7.5 HP  
 Modelo de la bomba: F 32/200B

**Características del equipo hidroneumático:**

Cantidad: 2  
 Marca: Challenger  
 Membrana: neopreno  
 Conexión: 1 1/4"  
 Material: metálico

**Características del equipo Hidroneumático**

Cantidad: Dos  
 Marca Challenger  
 Membrana Neopreno  
 Conexión: 1 1/4"  
 Material: Metálico

Se recomienda dos tanques hidroneumáticos marca Challenger, el uno modelo GWI50 de 53 galones de volumen, y el segundo modelo GWI60 con un volumen de 60 galones.

Las bombas deben ser complementadas con un "presostato" con rango 40-60psi.

**Estación de bombeo para el suministro del sistema de edificios de bloques:**

**Características funcionales de la bomba:**

Cantidad: Dos

Se recomienda dos tanques hidroneumáticos marca Challenger, el uno modelo GWI120 de 120 galones de volumen, y el segundo modelo GWI80 con un volumen de 80 galones.

Las bombas deben ser complementadas con un "presostato" con rango 41 - 61 psi.

*En el caso de no disponer de los modelos comerciales señalados, se debe adquirir los equipos que cumplan las características señaladas.*

**3. SISTEMA CONTRA INCENDIOS**

**3.1. Criterios de diseño**

Para el diseño del sistema contra incendios se optó por una red de gabinetes contra incendios, los cuales constan de: llave de hidrante, manguera, soporte de manguera, llave de sujeción, hacha y extintor, dispuestos en un armario metálico,

empotrado en la pared, y con su tapa frontal en vidrio para su rápido acceso.

El cálculo hidráulico se realizó mediante el software libre Epanet 2.0; se dispuso de un gabinete por cada planta y se colocaron en lugares de fácil acceso, cerca de gradas, considerando un radio de acción de 30 m.



### 3.2 Materiales

Se utilizará tubería y accesorios de acero galvanizado con un coeficiente de rugosidad para la fórmula de Hazen-Williams de 120.

Todas las tuberías y accesorios se pintarán de color rojo, según la Norma INEN 440:85 correspondiente a colores de tubería.

### 3.3 Cálculo caudales y depósitos

El caudal mínimo de diseño para el depósito es de 2.5 l/s por gabinete en un tiempo de 30 minutos. El volumen de reserva contra incendios se almacenará en el tanque exterior.

#### 3.3.1 Simultaneidad de los consumos

Se adoptó la simultaneidad mínima de dos gabinetes de acuerdo al criterio expuesto en la norma NEC-11 Capítulo 16, que indica:

**Cuadro # 7**

Plantas del Edificio	Gabinetes simultáneos
Hasta 2	1
De 2 a 4	2
De 4 a 8	3
Más de 8	4

#### 3.3.2 Pérdidas en la red

##### 3.3.2.1 Pérdidas por longitud

Las pérdidas por longitud en la red se calcularon con la fórmula de Hazen-Williams, y que se define como:

$$j = Q^{1.852} \times C^{-1.852} \times D^{-4.871}$$

En donde:

- j** = pérdida de carga en m/m.
- C** = coeficiente de fricción. 120 para acero galvanizado.
- D** = diámetro en m.
- Q** = caudal en m<sup>3</sup>/s.

#### 3.3.2.2 Pérdidas por accesorios

Para calcular las pérdidas de presión generadas por accesorios se utilizó el método de las longitudes equivalentes, empleando la ecuación:

$$L_e = \left( A \times \left( \frac{d}{25.4} \right) \pm B \right) \times \left( \frac{120}{C} \right)^{1.8519}$$

Donde:

- Le** = longitud equivalente, en metros
  - A, B** = factores, dependen del tipo de accesorios.
  - d** = diámetro interno en milímetros
  - C** = coeficiente según el material de la tubería
- En el cuadro #6 se muestran los factores A y B de algunos accesorios comunes.

#### 3.3.3 Sistema de bombeo

Dadas las condiciones geométricas del sistema, y para un mejor aprovechamiento del agua, se diseñó una estación de bombeo externa alimentada desde el tanque reservorio.

De los diseños se obtuvo:

Estación de bombeo para el suministro del sistema contra incendios.



Características funcionales de la bomba:

Cantidad:	Una
Marca:	PEDROLLO
Caudal:	3.45 l/s
TDH:	66 mca
Eficiencia:	40%
Diámetro de succión:	1 ½"
Diámetro de descarga:	1"
Potencia:	7.5 HP
Modelo de la bomba:	2CP40 - 180B

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

##### 4.1. CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó los criterios de diseños más ajustados a la realidad del medio y la finalidad del proyecto utilizando como referencia la Norma NEC-11, y el borrador del Reglamento local de construcciones y ornato para el cantón Loja.
- ✓ La cantidad de agua potable necesaria para el correcto funcionamiento del complejo se calculó mediante la dotación local, y los diferentes caudales de abastecimiento a los aparatos sanitarios mediante el método racional o español, que según el estudio "APLICACIÓN DE LOS MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PROBABLES INSTANTÁNEOS, EN EDIFICACIONES DE DIFERENTE TIPO", realizado en Bogotá en el año 2006 por los ingenieros Castro Nelson, Garzón Jorge y

Ortiz Rafael, es el método más cercano a los consumos reales en los aparatos sanitarios.

- ✓ Para el cálculo de pérdidas de carga en tuberías, se utilizaron los métodos de Flamant para diámetros pequeños, y Hazen-Williams para diámetros mayores a 2", obteniendo un resultado menor de presión necesaria para el funcionamiento de los sistemas, la misma que se ve compensada en la presión residual mínima, lo que evita un sobredimensionamiento de los equipos de presión. El análisis de las fórmulas de cálculo se lo puede observar en el anexo correspondiente.
- ✓ Los software: CYPECAD 2012.a, módulo Instalaciones del edificio, versión de prueba y Epanet V2.0, facilitan el proceso de diseño y análisis de instalaciones de abastecimiento de agua y sistemas contra



incendios en edificios, pero no reemplazan el criterio del técnico.

- ✓ El complemento de Excel®, Diseño Hidráulico, desarrollado mediante el lenguaje de programación VBa (Visual Basic for applications) a lo largo del trabajo de fin de carrera, cumple a satisfacción con los objetivos propuestos, resaltando que es una herramienta que ayuda a agilizar los procesos, pero al igual que todos los software de diseño y análisis, no reemplaza el criterio que debe tener un buen diseñador. Entre otras ventajas del complemento esta la total interacción del usuario, interfaz gráfica intuitiva, enlace directo con el plano en AutoCAD®, diseño de la red, cálculo de pérdidas de carga mediante las fórmulas de Darcy-Weisbach, Hazen-Williams y Flamant.
- ✓ Del presente proyecto se pone a disposición los cálculos y dimensionamiento de la red de tuberías, los planos de trabajo, memoria técnica y presupuesto general del “CENTRO DE ALBERGUE, FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN JUVENIL LOJA”
- ✓ El proyecto beneficiará a 350 personas aproximadamente, entre los cuales se encuentran niños y jóvenes de condiciones vulnerables, por lo que su ejecución debe ser considerada como una prioridad.

#### 4.2. RECOMENDACIONES

Finalizado el trabajo de fin de carrera se recomienda lo siguiente:

- ✓ En todo proyecto de extensión en el cual intervengan varios frentes de diseño, se debe tener muy en cuenta la comunicación entre ellos, ya que el producto integral se puede ver afectado en alguna de sus partes.
- ✓ Se debe estudiar una propuesta de red de abastecimiento (acometida) que se adapte a los diseños presentados en este trabajo de fin de carrera, para asegurar un correcto desempeño de las redes internas.
- ✓ Los diseños arquitectónicos como distribución de espacios, niveles de plantas estética de un proyecto deben de ser analizadas en su posibilidad conjuntamente con los encargados de los diseños técnicos, ya que inciden directamente en los costos de las obras que integran el proyecto.
- ✓ Las alternativas de diseño de un sistema de abastecimiento de agua en edificaciones pueden ser varias, pero se debe tener en cuenta la disponibilidad de recursos del beneficiario, y la mano de obra local entre otros criterios, para seleccionar un diseño óptimo.



- ✓ Para asegurar la vida útil del sistema se debe cumplir con las especificaciones señaladas en los diseños, respetando las características físicas de los elementos que conforman las redes y los depósitos, y en caso de no disponer de estos elementos, reemplazarlos con sus equivalentes comerciales.
- ✓ Las investigaciones en la rama de la hidráulica en edificaciones, al igual que en todo campo investigativo, son perfectibles y se actualizan todo el tiempo, por lo que se debe investigar los métodos más recientes de cálculo, no sin antes hacer un análisis de la compatibilidad de dichos métodos con el medio de implantación.
- ✓ Los software de diseño y análisis de redes son una herramienta de aporte muy eficaz en la ingeniería, siempre y cuando se los maneje de forma adecuada.
- ✓ El complemento de Excel® presentado en este trabajo de fin de carrera es un modelo inicial de lo que se puede convertir en un software de cálculo de redes de abastecimiento en edificaciones, por lo que se recomienda proponer temas de investigación relacionados a este rama.
- ✓ Al mencionado complemento se le pueden añadir mejoras por parte de los usuarios, por lo que se comparte el código de programación, dejándolo como un software de código abierto.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- PÉREZ CARMONA Rafael. 2005. "AGUA, DESAGÜES Y GAS PARA EDIFICACIONES". 5ª.ed. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- SILVA Milton. 1996. "INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS EN EDIFICIOS".
- SILDARRIAGA Juan. 2007. "HIDRÁULICA DE TUBERÍAS, ABASTECIMIENTO DE AGUA, REDES, RIEGO". Alfaomega Bogotá, D.C.
- MATAIX Claudio. 1982. "MECÁNICA DE FLUIDOS Y MÁQUINAS HIDRÁULICAS". Segunda edición. Editorial Harla-México
- "REGLAMENTO LOCAL DE CONSTRUCCIONES Y ORNATO PARA EL CANTÓN LOJA" (borrador). 2007.
- "NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN" (NEC-11), Capítulo 16: Norma hidrosanitaria NHE agua. 2011.
- CASTRO Nelson, GARZÓN Jorge, ORTIZ Rafael; "APLICACIÓN DE MÉTODOS PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PROBABLES INSTANTÁNEOS, EN EDIFICACIONES DE DIFERENTE TIPO"; VI SEREA – Seminario Iberoamericano sobre Abastecimiento Urbano de Agua Joao Pessoa (Brasil), 5 a 7 de junio de 2006.
- Cámara de la Construcción de Loja, "REVISTA TÉCNICA N°36", noviembre 2011.
- TAJADURA José, LÓPEZ Javier. 2006. "AUTOCAD 2006/2007 AVANZADO". McGraw-Hill/Interamericana de España, S. A. U.



- CHARTE Francisco. 2011. "PROGRAMACIÓN CON VISUAL BASIC 2010". Ediciones Anaya Multimedia.

- JALEN Bill, SYRSTAD Tracy. 2010. "EXCEL MACROS Y VBA". Ediciones Anaya Multimedia.

- WALKENBACH Jhon. 2011. "EXCEL 2010 PROGRAMACIÓN CON VBA". Ediciones Anaya Multimedia.

- DE BRUIN Ron, Excel Automation, <http://www.rondebruin.nl/>.

- PLASTIGAMA, Tuberías y accesorios, <http://sitio.plastigama.com/>.