



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TEMA:**

**Optimización del plano de presiones en la red de distribución  
de agua potable (RDAP) de El Recreo, cantón Durán**

**AUTOR:**

**Rivera Gómez, Carlos Vinicio**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO CIVIL**

**TUTOR:**

**Ing. Molina Arce, Stephenson Xavier M.Sc.**

**Guayaquil, Ecuador**

**10 de marzo del 2022**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Rivera Gómez, Carlos Vinicio**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

### **TUTOR**

f.  
**Ing. Molina Arce, Stephenson Xavier M.Sc.**

### **DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_  
**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther M. Sc.**

**Guayaquil, a los 10 días del mes de marzo del año 2022**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Rivera Gómez, Carlos Vinicio**

### **DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Optimización del plano de presiones en la red de distribución de agua potable (RDAP) de El Recreo, cantón Durán** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 10 del mes de marzo del año 2022**

### **EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Rivera Gómez, Carlos Vinicio**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

## **AUTORIZACIÓN**

**Yo, Rivera Gómez, Carlos Vinicio**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Optimización del plano de presiones en la red de distribución de agua potable (RDAP) de El Recreo, cantón Durán**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 10 del mes de marzo del año 2022**











**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_  
**Rivera Gómez, Carlos Vinicio**

## Document Information

Analyzed document	Rivera Gómez Carlos Vinicio.doc (D129355132)
Submitted	2022-03-03T19:38:00.0000000
Submitted by	Clara Glas
Submitter email	claglas@hotmail.com
Similarity	7%
Analysis address	clara.glas.ucsg@analysis.orkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>TESIS ANDERSON CUSHQUI URKUND.docx</b> Document TESIS ANDERSON CUSHQUI URKUND.docx (D80671774)	 4
<b>W</b>	URL: <a href="https://duran.gob.ec/wp-content/uploads/transparencia/rendicion-cuentas/2019/INFORME%20RC-ANUAL%202019.pdf">https://duran.gob.ec/wp-content/uploads/transparencia/rendicion-cuentas/2019/INFORME%20RC-ANUAL%202019.pdf</a> Fetched: 2021-11-03T12:52:35.6000000	 5
<b>SA</b>	<b>TESIS.docx</b> Document TESIS.docx (D29308811)	 1
<b>SA</b>	<b>2171220 FMorillo y CMontalvo Cashapamba.docx</b> Document 2171220 FMorillo y CMontalvo Cashapamba.docx (D34068653)	 1
<b>SA</b>	<b>TRABAJO DE TITULACION-VERA MORA LUIS ERNESTO.docx</b> Document TRABAJO DE TITULACION-VERA MORA LUIS ERNESTO.docx (D16308368)	 1
<b>SA</b>	<b>20170704 v1 F_Morillo C_Montalvo.pdf</b> Document 20170704 v1 F_Morillo C_Montalvo.pdf (D29564777)	 3
<b>SA</b>	<b>TESIS VRGG.pdf</b> Document TESIS VRGG.pdf (D16213259)	 1
<b>SA</b>	<b>Avance semana 6 Tesis.docx</b> Document Avance semana 6 Tesis.docx (D107961193)	 2
<b>SA</b>	<b>TESIS E Y N.docx</b> Document TESIS E Y N.docx (D14923729)	 1
<b>SA</b>	<b>File_Upload.docx</b> Document File_Upload.docx (D110714623)	 3

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Molina Arce, Stephenson Xavier M.Sc.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por haberme dado el don del conocimiento y valor para poder terminar esta etapa de mi vida; por haber puesto las personas indicadas en el momento adecuado en mi vida y así haber terminado con éxito mis estudios de tercer nivel.

Agradezco a mis padres y abuelos quienes han estado siempre conmigo y han sido un apoyo permanente e incondicional; también agradezco por todo el trabajo duro y esfuerzo que han hecho para yo lograr esta meta en mi vida, sin ellos no hubiese sido posible alcanzar esta meta.

A mis dos hermanas Andrea y Adriana puesto que son parte importante en mi vida y siempre nos hemos apoyamos mutuamente.

A mis amigos y amigas de la universidad con quienes he pasado buenos y malos momentos pero que siempre intentamos superar toda adversidad.

A mi tutor, Ingeniero Xavier Molina Arce por impartirme un conocimiento de especialidad y así poder realizar un trabajo importante que me servirá para mi vida profesional. Muchas Gracias Ingeniero.

Finalmente, a todos mis profesores de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, por transmitirme sus conocimientos.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Molina Arce, Stephenson Xavier M.Sc.**  
TUTOR

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Alcívar Bastidas, Stefany M. Sc.**  
DIRECTORA DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Glas Cevallos, Clara M. Sc.**  
DOCENTE DE LA CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Camacho Monar, Alexandra PhD**  
OPONENTE

# TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 ALCANCE.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo General .....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 DELIMITACIÓN .....	4
1.6 INFORMACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	5
1.6.1 Ubicación Geográfica .....	5
1.6.2 Superficie Territorial .....	5
1.6.3 Trazado de red.....	6
1.6.4 Topografía.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	8
2.1 MODELO HIDRÁULICO – EPANET .....	8
2.1.1 Epanet.....	8
2.1.2 Análisis Hidráulico .....	8
2.1.3 Calibración .....	9
2.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE.....	10
2.2.1 Captación .....	10
2.2.2 Dotación .....	10



2.2.3	Conducción .....	10
2.2.4	Tanque de Almacenamiento .....	10
2.2.5	Red de Distribución .....	10
2.2.6	Estación de Bombeo .....	11
2.2.7	Bomba Centrífuga .....	11
2.2.8	Partes de una bomba centrífuga .....	12
2.2.9	Válvulas.....	14
2.2.10	Tomas Domiciliarias.....	14
2.2.11	Configuración de sistemas de distribución de agua potable .	14
2.3	Formas de distribución.....	14
2.3.1	Por gravedad.....	14
2.3.2	Por bombeo.....	15
2.4	PERIODO DE DISEÑO.....	15
2.5	POBLACIÓN FUTURA .....	15
2.6	DOTACIÓN DE AGUA POTABLE .....	15
2.7	VARIACIONES DE CONSUMO.....	15
2.7.1	Variaciones Diarias .....	15
2.8	CAUDALES DE DISEÑO.....	16
2.8.1	Consumo Medio Diario.....	16
2.8.2	Consumo Máximo Diario .....	16
2.9	BALANCE HÍDRICO.....	16
2.10	PÉRDIDAS DE AGUA .....	18

2.11	DEMANDAS INDEPENDIENTES DE LA PRESIÓN: CONSUMOS	18
2.12	DEMANDAS DEPENDIENTES DE LA PRESIÓN: FUGAS.....	18
2.13	FUGAS .....	18
2.13.1	Hidráulica de fugas .....	18
2.13.2	Modelación de fugas .....	19
2.14	PÉRDIDAS DE CARGA .....	19
2.14.1	Pérdidas Menores.....	19
2.15	CONDICIONES DE CONTORNO .....	20
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....		21
3.1	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EXISTENTE .....	21
3.1.1	PROCEDIMIENTO DEL CÁLCULO .....	21
3.2	TOPOLOGIA.....	27
3.3	Coeficiente de Rugosidad.....	27
3.4	ESTACIÓN DE BOMBEO.....	28
3.4.1	Especificaciones de motor .....	29
3.4.2	Especificaciones Bomba Centrífuga.....	29
3.5	CURVA CARACTERISTICA DE BOMBA CENTRÍFUGA .....	30
3.6	CONDICIONES DE CONTORNO.....	31
3.6.1	Sistema Actual .....	31
3.6.2	Sistema Propuesto .....	32
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....		34

4.1	MODELACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE .....	34
4.1.1	SISTEMA ACTUAL .....	34
4.1.2	SISTEMA PROPUESTO .....	37
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		40
5.1	CONCLUSIONES .....	40
5.2	RECOMENDACIONES.....	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		43

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de la red en función del diámetro .....	6
Tabla 2 Balance hídrico estandarizado por la IWA .....	17
Tabla 3 Balance hídrico estandarizado adaptado por la AWWA .....	17
Tabla 4 Crecimiento Poblacional de El Recreo.....	23
Tabla 5 Clasificación de la RDAP por el coeficiente de rugosidad.....	28
Tabla 6 Puntos Caudal-Altura de la curva característica .....	30
Tabla 7 Curva característica de la bomba 340 Series HD .....	31
Tabla 8 Presión mínima en nodos de RDAP El Recreo .....	36
Tabla 9 Velocidad admisible en tuberías de la RDAP El Recreo .....	36
Tabla 10 Presión mínima en nodos de RDAP El Recreo repotenciado .....	38
Tabla 11 Velocidad admisible en tuberías de RDAP El Recreo repotenciado .....	39

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Red de distribución de El Recreo .....	4
Ilustración 2 Ubicación Geográfica del área de estudio .....	5
Ilustración 3 Etapas de El Recreo.....	6
Ilustración 4 Caracterización de la red de distribución por diámetro de tubería .....	7
Ilustración 5 Configuración General de una red de distribución de agua potable .....	11
Ilustración 6 Bomba centrífuga radial.....	12
Ilustración 7 Partes de una bomba centrífuga .....	13
Ilustración 8 Polígonos Censales de El Recreo .....	22
Ilustración 9 Regresión Lineal del crecimiento poblacional de El Recreo ....	23
Ilustración 10 Crecimiento Población de El Recreo .....	24
Ilustración 11 Topología de la RDAP .....	27
Ilustración 12 Rugosidad de tuberías de la RDAP .....	28
Ilustración 13 Motor modelo EP1504 .....	29
Ilustración 14 Bomba centrífuga Serie 340 HD .....	29
Ilustración 15 RDAP con presiones negativas .....	34
Ilustración 16 Caudal de RDAP El Recreo.....	35
Ilustración 17 Presión en nodos de RDAP El Recreo .....	35
Ilustración 18 Velocidad en tuberías de RDAP El Recreo .....	36
Ilustración 19 Caudal de RDAP repotenciado.....	37
Ilustración 20 Presión en nodos de RDAP El Recreo repotenciado.....	38

Ilustración 21 Velocidad en tuberías de RDAP El Recreo repotenciado..... 39

## RESUMEN

La planificación inadecuada y una infraestructura que no satisface la demanda de agua potable representa un problema para el crecimiento poblacional, comercial e industrial del Cantón Durán; el abastecimiento y distribución es deficiente para dotar agua potable de manera continua y con presiones requeridas a los clientes registrados en la base de datos comercial de EMAPAD-EP. El desarrollo del presente trabajo de tesis tiene como objetivo realizar un modelo hidráulico de la red de distribución de agua potable de El Recreo, Cantón Durán en condiciones actuales, mediante la utilización del software Epanet; analizar los resultados de presiones en condiciones actuales; luego realizar una repotenciación del sistema El Recreo, Cantón Durán mediante un modelo hidráulico de la red de distribución de agua potable que cumpla con los criterios de diseño según los parámetros de velocidad, caudal, presión establecidos en normas principales y referenciales, como son: la SENAGUA 2015 y la ECUATORIANA, AGUA POTABLE REQUISITOS, 2014.

**Palabras Claves:** El Recreo, Cantón Durán, Red de distribución, agua potable, área urbana, optimización de redes de agua potable, plano de presiones, tanque elevado

## ABSTRACT

*Inadequate planning and an infrastructure that does not meet the demand for drinking water represents a problem for the population, commercial and industrial growth of the Durán Canton; the supply and distribution is deficient to provide drinking water continuously and with the required pressures to the clients registered in the EMAPAD-EP commercial database. The development of this thesis work aims to make a hydraulic model of the drinking water distribution network of El Recreo, Cantón Durán under current conditions, through the use of Epanet software; analyze the results of pressures in current conditions; then carry out a repowering of the El Recreo system, Cantón Durán through a hydraulic model of the drinking water distribution network that meets the design criteria according to the parameters of speed, flow, pressure established in main and referential standards, such as the (SENAGUA, 2015), (ECUATORIANA, AGUA POTABLE REQUISITOS, 2014).*

**Keywords:** El Recreo, Cantón Durán, water supply distribution network, potable water, urban area, Water Systems Optimization, pressure plane, water tower



# **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## **1.1 ANTECEDENTES**

El agua es una necesidad fundamental ya que es esencial para la vida y prosperidad de una población. La baja producción de los pozos en la zona conocida como El Chobo y un sistema de distribución de agua potable que no funciona en condiciones óptimas son la razones por las cuales El Recreo, sector del octavo cantón más poblado del Ecuador carece de continuidad de servicio. Razón por la cual es imprescindible ejecutar una repotenciación que provea de agua potable para el Recreo por los próximos 20 años.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

El presente documento está enfocado en determinar cuantitativamente la eficiencia del sistema público de agua potable que se encuentran en funcionamiento en la zona del cantón Durán y su repotenciación. La evaluación del plano de presiones y reducción de pérdidas reales de agua en el subsistema de abastecimiento actual son acciones necesarias para garantizar un desarrollo sostenible en el tiempo. La repotenciación del subsistema de distribución de agua potable El Recreo, Cantón Durán garantizara un suministro suficiente y eficiente con presiones óptimas conforme las normativas ecuatorianas para todos los clientes del sector operativo No. 11 además de favorecer: buena calidad del agua, mitigación de problemas ambientales, ahorrar energía para el tratamiento del agua, y ahorro energía en la estación de bombeo.

En la actualidad el sector operativo No. 11, conocido como El Recreo, representa el 43% del total de clientes de EMAPAD-EP razón por la cual el abastecimiento y distribución de agua potable es indispensable para garantizar una necesidad fundamental.

### **1.3 ALCANCE**

Se realizará una revisión minuciosa de la información recopilada acerca de la red de distribución de agua potable para El Recreo, Cantón Durán.

Al disponer de toda la información necesaria para poder realizar una evaluación de la red de distribución de agua potable que se encuentra en funcionamiento, el modelo hidráulico estará calibrado y, garantizará que el modelo hidráulico de la red de distribución de agua potable repotenciado satisfaga la presión mínima en el punto crítico de la red. Se podrá utilizar el modelo hidráulico repotenciado como punto de partida para un diseño definitivo para la distribución de agua potable para El Recreo, Cantón Durán.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Evaluar, rediseñar y optimizar el subsistema de distribución de agua potable de El Recreo, cantón Durán

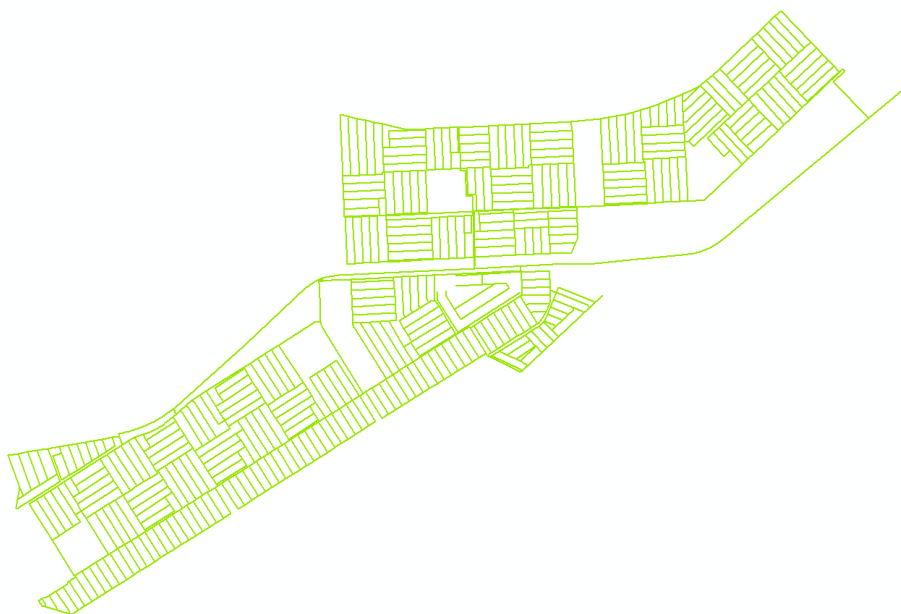
#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar la red de distribución de agua potable de El Recreo, cantón Durán que se encuentran en funcionamiento.
- Determinar caudales y presiones conforme a la demanda actual y futura del subsistema de agua potable.
- Repotenciar la red de distribución de agua potable del sector El Recreo, cantón Durán.

## 1.5 DELIMITACIÓN

Mediante la información proporcionada por la dirección técnica de EMAPAD-EP y de la empresa privada (Consortio Consultora Hungría – Copade) que llevó a cabo el trabajo de (ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE, AGUAS SERVIDAS Y AGUAS LLUVIAS DE LA CIUDAD DURAN, PROVINCIA DE GUAYAS) se recopiló información necesaria acerca del sector operativo No. 11, El Recreo.

La información consiste en planos referenciales, archivos shapes de red de distribución, archivos shapes poblacionales proporcionados por el INEC, levantamiento de válvulas y de redes de distribución; después se realizará la evaluación y repotenciación de la red de distribución de agua potable de El Recreo, Cantón Durán.



*Ilustración 1 Red de distribución de El Recreo*

Fuente: (EMAPAD-EP, 2018)

## 1.6 INFORMACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 1.6.1 Ubicación Geográfica

El sector operativo No. 11, El Recreo limita al Norte con el sector Divino Niño, al sur con el sector Las Brisas, al este con el sector Mariana de Jesús, al oeste por el sector Los Sauces.

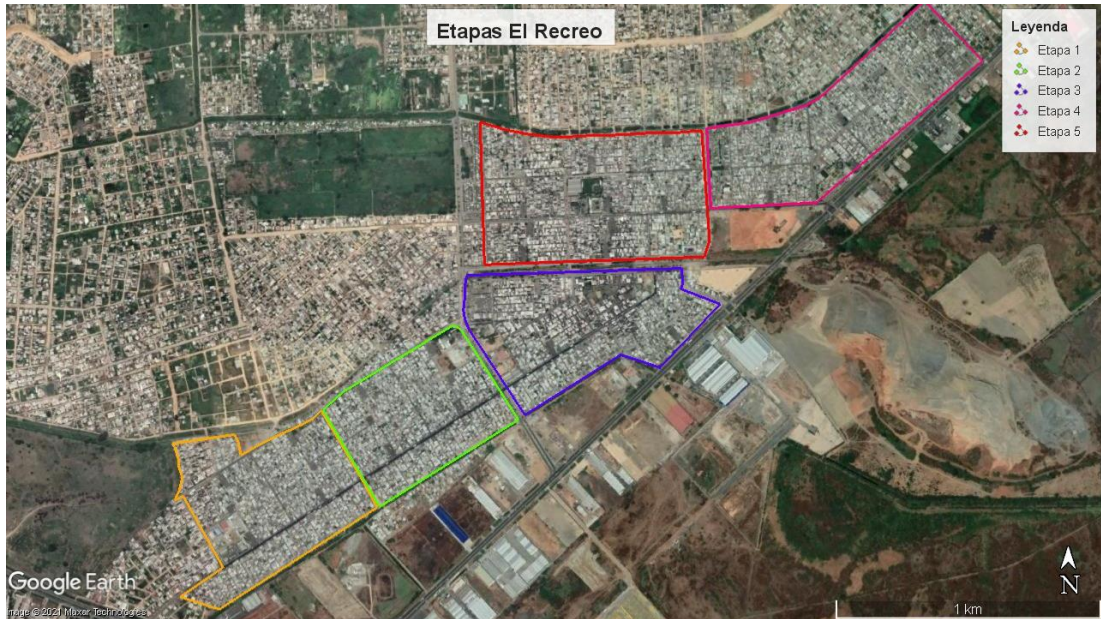


*Ilustración 2 Ubicación Geográfica del área de estudio*

Fuente: (EMAPAD-EP, 2018)

### 1.6.2 Superficie Territorial

El sector operativo No. 11, El Recreo se encuentra dentro de los límites urbanos del Cantón Durán. El Recreo se subdivide cuatro etapas, el uso del suelo es residencial y comercial en su mayoría, posee un área aproximada de 183 hectáreas y un perímetro aproximado de 9 kilómetros.



*Ilustración 3 Etapas de El Recreo*

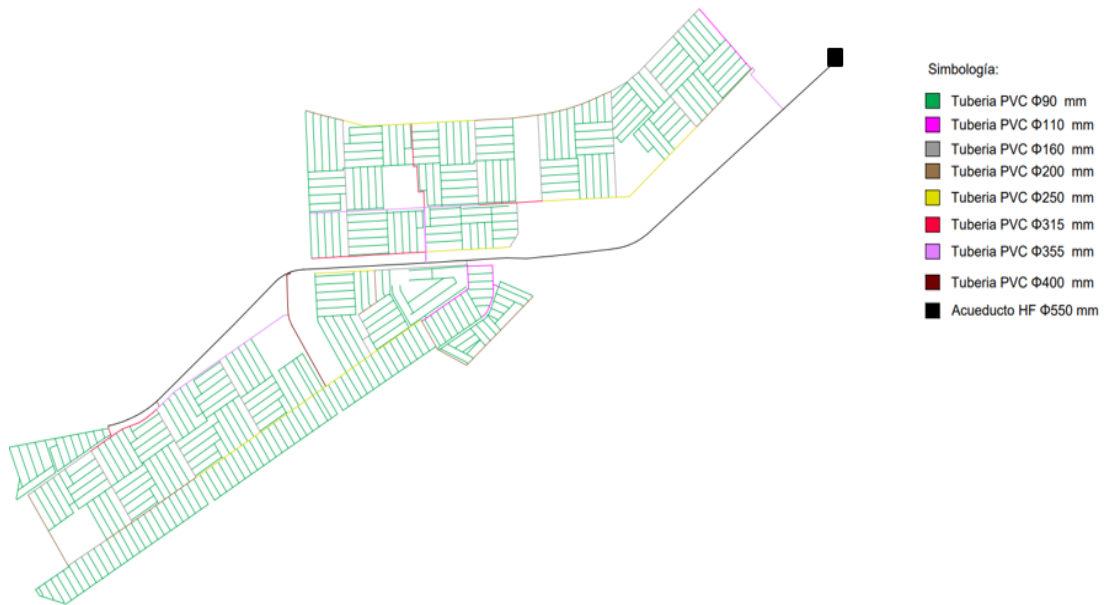
### 1.6.3 Trazado de red

El sistema de distribución de agua potable esta compuesta por una red principal de hierro fundido, redes secundarias y terciarias de PVC.

Longitud de red (Km)		
Φ90 - Φ160 mm	Φ200 - Φ400 mm	> Φ400 mm
69.70	10.51	3.98

*Tabla 1 Clasificación de la red en función del diámetro*

Fuente: (Hungría-Copade, 2019)



*Ilustración 4 Caracterización de la red de distribución por diámetro de tubería*

#### **1.6.4 Topografía**

El sector operativo No. 11, El Recreo posee cotas que varían entre los 3 y 16 metros sobre el nivel del mar.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 MODELO HIDRÁULICO – EPANET**

#### **2.1.1 Epanet**

Epanet es un programa de ordenador que realiza simulaciones en periodo extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión. En general, una red consta de tuberías, nudos (conexiones entre tuberías), bombas, válvulas y tanques de almacenamiento o depósitos. Epanet determina el caudal que circula por cada una de las conducciones, la presión en cada uno de los nudos, el nivel de agua en cada tanque y la concentración de diferentes componentes químicos a través de la red durante un determinado periodo de simulación analizado en diferentes intervalos de tiempo. (Water Supply and Water Resources Division, 2010)

#### **2.1.2 Análisis Hidráulico**

El modelo de simulación hidráulica de EPANET calcula alturas en conexiones y caudales en las líneas para un conjunto fijo de niveles de depósitos, niveles de tanques, y demandas de agua a lo largo de una sucesión de instantes temporales. Desde un instante de tiempo los siguientes niveles de depósitos y demandas en las conexiones son actualizadas de acuerdo a patrones de tiempo que se les ha asociado mientras que los niveles del tanque son actualizados utilizando los datos solución de caudal. La solución de altura y caudal en un determinado punto a lo largo del tiempo supone el cálculo simultáneo de la conservación del caudal en cada conexión y la relación de pérdidas que supone su paso a través de las conexiones de todo el sistema. Este proceso, conocido como “equilibrio hidráulico de la red”, requiere métodos iterativos de resolución de ecuaciones no lineales Epanet utiliza el “Algoritmo del Gradiente” con este propósito. (Water Supply and Water Resources Division, 2010)



### **2.1.3 Calibración**

La American Water Works Association (AWWA) afirma que la calibración consiste en comparar los resultados del modelo con mediciones obtenidos en campo, realizando ajustes a parámetros del modelo y la revisión de los datos de campo hasta alcanzar la concordancia entre ambos (AWWA, 2013)

En definitiva, la calibración de modelos hidráulicos puede definirse como el proceso de ajuste de los parámetros que definen el comportamiento hidráulico del modelo, para reflejar con la mayor precisión posible el funcionamiento real de la red de distribución, tanto para el escenario estático como dinámico (Molina, 2014).

#### **2.1.3.1 Macro-calibración**

La macro-calibración o calibración preliminar se enfoca en la calibración de toda la red de distribución, o zonas de presión de ésta; y consiste en identificar y corregir las fuentes de error que ocasionan las diferencias más significativas entre los resultados del modelo y las mediciones realizadas en campo (Larado, 2012).

#### **2.1.3.2 Micro-calibración**

La micro-calibración se enfoca en analizar la precisión del modelo en un parca en particular verificando que en ésta se cumplan las condiciones locales requeridas. Los parámetros a ajustar “finamente” en esta fase son usualmente los coeficientes de rugosidad de tuberías y las demandas en nudos; tarea para la cual se utiliza la información obtenida durante pruebas de hidrantes (régimen estacionario) y datos de telemetría (análisis en EPS), respectivamente (Larado, 2012).



## **2.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE**

### **2.2.1 Captación**

Senagua afirma que captación es una estructura que permite incorporar la cantidad necesaria de agua desde la fuente de abastecimiento hacia el sistema de agua potable.

### **2.2.2 Dotación**

Senagua afirma que dotación es caudal de agua potable consumido diariamente, en promedio, por cada habitante. Incluye los consumos domésticos comercial, industrial y público.

### **2.2.3 Conducción**

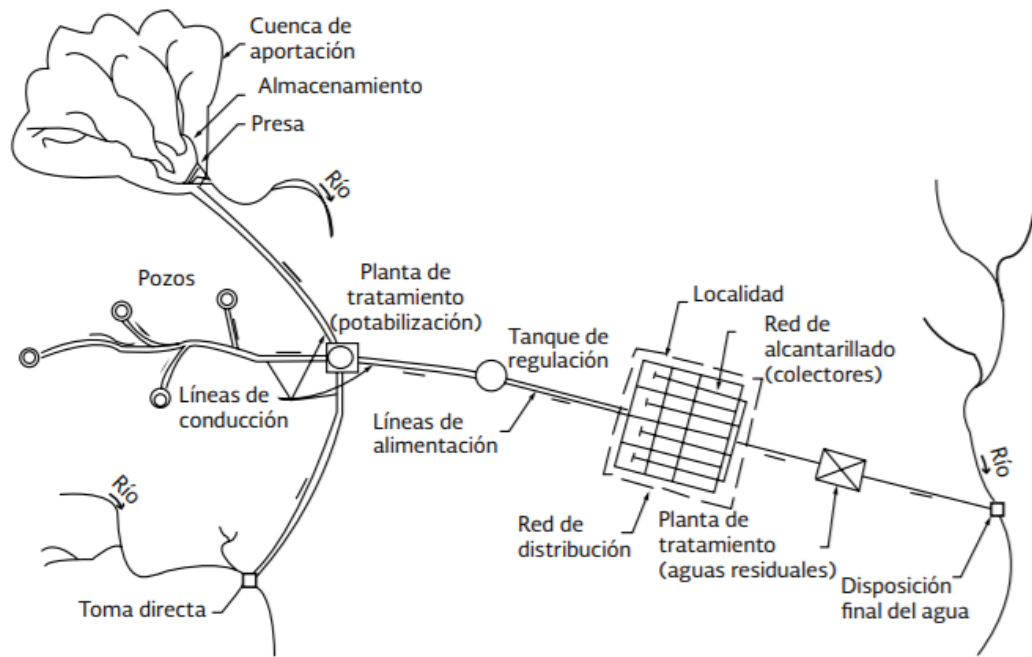
Conjunto de conductos, obras de arte y accesorios destinados a transportar el agua procedente de la fuente de abastecimiento, desde el lugar de la captación hasta los tanques de almacenamiento o la planta de tratamiento (SENAGUA, 2015).

### **2.2.4 Tanque de Almacenamiento**

Depósito cerrado en el cual se mantiene una provisión de agua suficiente para cubrir las variaciones horarias de consumo, la demanda para combatir incendios y la demanda de agua durante emergencias (SENAGUA, 2015).

### **2.2.5 Red de Distribución**

Conjunto de tuberías y accesorios que permitan entregar el agua potable a los usuarios del servicio (SENAGUA, 2015)



*Ilustración 5 Configuración General de una red de distribución de agua potable*

Fuente: (Comisión Nacional del Agua, 2014)

## 2.2.6 Estación de Bombeo

Senagua afirma que estación de bombeo es el conjunto de estructuras, equipos y accesorios que permite elevar agua desde un nivel inferior a uno superior, o que introducen energía de presión en un sistema hidráulico.

## 2.2.7 Bomba Centrífuga

Las bombas centrífugas son un tipo de bomba hidráulica que transforma energía cinética de presión a un fluido. Las bombas centrífugas aumentan la velocidad de los fluidos para que puedan desplazarse grandes distancias (Seguas Aire comprimido y Frío industrial, 2019).

Las bombas centrífugas se pueden clasificar según la dirección del flujo:

### 2.2.7.1 Radial

El flujo circula de forma paralela al eje de rotación. Son bombas más comunes por ser muy eficientes y versátiles.



*Ilustración 6 Bomba centrífuga radial*

Fuente: (Seguas Aire comprimido y Frío industrial, 2019)

### **2.2.7.2 Axial**

En este caso el flujo circula de forma paralela al eje de rotación. Son bombas muy eficientes a la hora de elevar grandes caudales a poca altura.

### **2.2.7.3 Mixto**

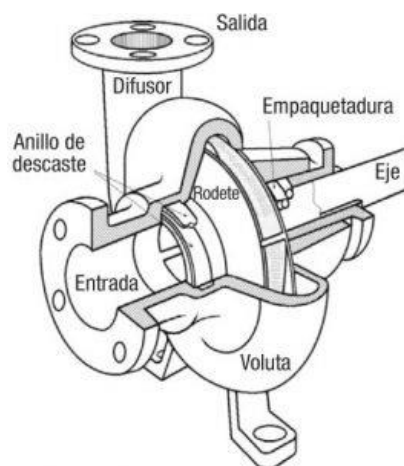
Combina las bombas axiales con las bombas radiales.

## **2.2.8 Partes de una bomba centrífuga**

Los elementos constructivos que conforman una bomba centrífuga son:

- **Carcasa:** Parte que protege a todos los mecanismos internos que permiten el accionar de la bomba. Son elaborados con variados materiales según su finalidad, como es en base de hierro fundido si se usará para bombear agua potable.
- **Entrada y Salida:** Conductos por donde circula el agua. El de entrada se conoce como tubería de aspiración y el de salida como tubería de impulsión.
- **Impulsor o rodete:** Dispositivos usados para impulsar el agua contenida en la carcasa. Están formados por una serie de álabes de diversas formas que giran dentro de una carcasa circular. El rodete va unido solidariamente al eje y es la parte móvil de la bomba.

- Difusor: El difusor junto con el rodete, están encerrados en una cámara, llamada carcasa o cuerpo de bomba. El difusor está formado por unos álabes fijos divergentes, que, al incrementarse la sección de la carcasa, la velocidad del agua ira disminuyendo lo que contribuye a transformar la energía cinética en energía de presión, mejorando el rendimiento de la bomba.
- Eje: Elementos que sostiene el impulsor para que gire sobre este con la fuerza del motor. Según la posición del eje en bombas de eje horizontal y bombas de eje vertical.
- Cojinetes o rodamientos: Piezas que sostienen adecuadamente el eje del impulsor.
- Motor: Componente fundamental de la bomba centrífuga que permite mover el eje y a su vez el impulsor para conseguir el movimiento del agua. Según su potencia, podrá movilizar más agua en menos tiempo.
- Panel de control: Dispositivo que permite el accionamiento de la bomba.



*Ilustración 7 Partes de una bomba centrífuga*

Fuente: (Seguas Aire comprimido y Frío industrial, 2019)

### **2.2.9 Válvulas**

La Comisión Nacional del Agua afirma que las válvulas son accesorios que se utilizan para disminuir o evitar el flujo en la tubería. Pueden ser clasificados de acuerdo con su función en dos categorías: aislamiento y control

### **2.2.10 Tomas Domiciliarias**

Es el conjunto de piezas y tubos que permite el abastecimiento desde una tubería de la red de distribución hasta el predio del usuario, así como la instalación de un medidor. Es la parte de la red que demuestra la eficiencia y calidad del sistema de distribución, pues es la que abastece agua directamente al consumidor (Comisión Nacional del Agua, 2014).

### **2.2.11 Configuración de sistemas de distribución de agua potable**

Las configuraciones se refieren a la forma en la que se enlazan o trazan los tubos de la red de distribución para abastecer de agua a la toma domiciliaria. Se tiene tres posibles configuraciones de la red: cerrada, abierta, combinada (Comisión Nacional del Agua, 2014).

## **2.3 Formas de distribución**

El agua se distribuye a los usuarios en función de las condiciones locales de varias formas:

### **2.3.1 Por gravedad**

El agua de la fuente se conduce o bombea hasta un tanque elevado desde el cual fluye por gravedad hacia la población. De esta forma se mantiene una presión suficiente y prácticamente constante en la red para el servicio a los usuarios. Este es el método más confiable y se debe utilizar siempre que se dispone de cotas de terreno suficientemente altas para la ubicación del tanque, para asegurar así las presiones requeridas en la red (Comisión Nacional del Agua, 2014).

### **2.3.2 Por bombeo**

Las bombas abastecen directamente a la red y la línea de alimentación se diseña para el consumo máximo horario en el día de la máxima demanda, Este es el sistema menos deseable, puesto que una falla en el suministro eléctrico significa una interrupción completa del servicio de agua. (Comisión Nacional del Agua, 2014).

## **2.4 PERIODO DE DISEÑO**

Senagua afirma que periodo de diseño es el lapso durante el cual una obra o estructura puede funcionar sin necesidad de ampliaciones.

## **2.5 POBLACIÓN FUTURA**

Senagua afirma que la población futura es el número de habitantes que se tendrá al final del periodo de diseño

## **2.6 DOTACIÓN DE AGUA POTABLE**

Volumen de agua potable consumido diariamente, en promedio, por cada habitante. Normalmente, salvo se indique lo contrario incluye los consumos doméstico, comercial, industrial y público. (SENAGUA, 2015)

## **2.7 VARIACIONES DE CONSUMO**

### **2.7.1 Variaciones Diarias**

El coeficiente de variación del consumo máximo diario debe establecerse en base a estudios en sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. En caso contrario se recomienda utilizar los siguientes valores: (SENAGUA, 2015).

$$K_{\max.\text{día}} = 1,3 - 1,5$$

## 2.8 CAUDALES DE DISEÑO

### 2.8.1 Consumo Medio Diario

Senagua afirma que el consumo medio anual diario (en m<sup>3</sup>/seg), se debe calcular por la fórmula:

$$Q_{med} = \frac{q * N}{1000 * 86400}$$

q= dotación en l/hab/día

N= número de habitantes

### 2.8.2 Consumo Máximo Diario

Senagua afirma que el requerimiento máximo correspondiente al mayor consumo diario, se debe calcular por la fórmula:

$$Q_{m_d} = k_{max_{dia}} * Q_m$$

## 2.9 BALANCE HÍDRICO

Un balance hídrico busca identificar todos los componentes de consumo y pérdidas en un formato estandarizado. Un balance hídrico claramente definido es el primer paso en evaluar el agua no facturada y en manejar las fugas en las redes de distribución de agua (Agencia Alemana para la Cooperación Técnica y VAG-Armaturen, 2009).

Volumen inyectado al sistema	Consumo autorizado	Consumo Autorizado facturado	Consumo facturado medido	Agua Facturada
			Consumo facturado no-medido	
		Consumo Autorizado no facturado	Consumo no-facturado medido	
			Consumo no-facturado no-medido	
	Pérdidas de agua	Pérdidas aparentes	Consumo no autorizado	Agua No Facturada
			Imprecisiones de medida	
			Errores sistemáticos en el manejo de datos	
		Pérdidas reales	Fugas en tuberías de transporte y distribución	
			Fugas y reboses en depósitos de almacenamiento	
			Fugas en acometidas hasta el punto de medida	

*Tabla 2 Balance hídrico estandarizado por la IWA*

Fuente: (Agencia Alemana para la Cooperación Técnica y VAG-Armaturen, 2009)

Volumen inyectado al sistema	Agua exportada	Consumo autorizado	Consumo Autorizado facturado	Agua exportada facturada	Agua Facturada	
	Volumen suministrado			Consumo autorizado		Consumo facturado medido
						Consumo facturado no-medido
		Consumo Autorizado no facturado	Consumo no-facturado medido			
			Consumo no-facturado no-medido			
		Pérdidas de agua	Pérdidas aparentes	Consumo no autorizado	Agua No Facturada	
				Imprecisiones de medida		
	Errores sistemáticos en el manejo de datos					
	Pérdidas reales	Pérdidas reales	Fugas en tuberías de transporte y distribución			
			Fugas y reboses en depósitos de almacenamiento			
Fugas en acometidas hasta el punto de medida						

*Tabla 3 Balance hídrico estandarizado adaptado por la AWWA*

Fuente: (AWWA, 2013)



## **2.10 PÉRDIDAS DE AGUA**

Las pérdidas de agua componen una de las principales fuentes de ineficacia de las empresas públicas de abastecimiento de agua. La Asociación Internacional de Agua (IWA, por sus siglas en inglés) afirma las siguientes definiciones para las pérdidas de agua, enmarcadas en el balance hídrico.

Pérdidas de agua= Volumen inyectado al sistema – Consumo Autorizado

Pérdidas de agua = Pérdidas “aparentes” + Pérdidas “reales”

## **2.11 DEMANDAS INDEPENDIENTES DE LA PRESIÓN: CONSUMOS**

La asignación de cargas incluye dos procesos simultáneos: determinar el consumo medio de cada abonado y la distribución espacial y temporal de dichos consumos; para luego ser asignados como demanda base en los nudos del modelo hidráulico. (Martínez F. J., 2002)

## **2.12 DEMANDAS DEPENDIENTES DE LA PRESIÓN: FUGAS**

Las pérdidas de distintos tipos (agujeros, rajaduras longitudinales y circunferenciales, uniones que fugan, etc.) en los tubos de la red de distribución son el factor principal de las pérdidas reales. El comportamiento hidráulico de las fugas en los tubos se puede describir comúnmente utilizando una versión simplificada de la ecuación de orificio (Agencia Alemana para la Cooperación Técnica y VAG-Armaturen, 2009).

## **2.13 FUGAS**

### **2.13.1 Hidráulica de fugas**

Si las pérdidas de carga en el terreno alrededor de una tubería son ignoradas, una fuga en dicha tubería será hidráulicamente equivalente a un orificio de salida en un tanque, por lo que su comportamiento estará basado en la ecuación de Torricelli (Van Zyl & Clayton, 2007).

$$Q = C_d * A * (2gH)^{0.5}$$

Esta ecuación describe la relación entre caudal de fuga y la presión en el punto de salida del tanque, y considera el concepto de coeficiente de descarga  $C_d$  para representar la reducción del área efectiva del orificio debido a la contracción del chorro fluido aguas abajo del orificio y las pérdidas de energía por fricción. Donde  $Q$  es el caudal de fuga a través del orificio,  $C_d$  es el coeficiente de descarga del orificio,  $A$  es la sección transversal del orificio,  $g$  la aceleración debida a la gravedad, y  $H$  la pérdida de carga entre los puntos ubicados aguas arriba y aguas abajo del punto de descarga. (Van Zyl & Clayton, 2007).

### **2.13.2 Modelación de fugas**

El enfoque más simple para modelar las fugas en un modelo hidráulico consiste en utilizar la ecuación de emisores de flujo. Esta ecuación, incluida en la librería EPANET y cualquier programa comercial que utilice su algoritmo de cálculo, permite simular el flujo de salida a través de una tobera u orificio descargando a la atmósfera; por lo que también puede emplearse para simular una fuga en una tubería conectada a un nudo (Martínez, 2000).

$$q_{F,j} = K_j * (P_j)^N$$

donde  $q_{F,j}$  es el caudal de fuga en el nudo  $j$ ,  $k_j$  es el coeficiente emisor en el nudo  $j$  y que depende del tamaño y de la forma del orificio de fuga,  $P_j$  es la presión en el nudo  $j$ ,  $N$  es el exponente de fugas.

## **2.14 PÉRDIDAS DE CARGA**

### **2.14.1 Pérdidas Menores**

Las pérdidas menores (o pérdidas locales) se deben a la existencia de turbulencias en codos y conexiones. La importancia de incluir estas pérdidas depende de la distribución en planta de la red y el grado de exactitud requerido. Pueden contabilizarse asignando a la tubería un coeficiente de pérdidas menores. Las pérdidas menores se calculan multiplicando este coeficiente por la energía cinética de entrada en la tubería (Rossman, 2017).

$$h_L = k \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

Donde K= coeficiente de pérdidas menores

v= velocidad del flujo (Longitud/Tiempo)

g= aceleración de la gravedad (Longitud/Tiempo<sup>2</sup>)

## **2.15 CONDICIONES DE CONTORNO**

HidroING afirma que condiciones de contorno son aquellos parámetros que definen el comportamiento de un modelo en sus límites.

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EXISTENTE

#### 3.1.1 PROCEDIMIENTO DEL CÁLCULO

Dotación	88	lt/hab/dia
Población año 2021	66194	hab
Demanda neta	67.42	lt/seg
# total de nodos	760	
<b>Demanda Base</b>	<b>0.089</b>	lt/seg
Coefficiente de variación máximo diario (SENAGUA)	1.5	
Caudal máximo circulante	101.13	lt/seg

#### DATOS A CAMPAÑA DE MEDICIONES

Caudal medido	196.4	lt/seg
Diferencia de Caudal	95.27	lt/seg
Agua No Contabilizada	49%	<b>(PERDIDAS)</b>

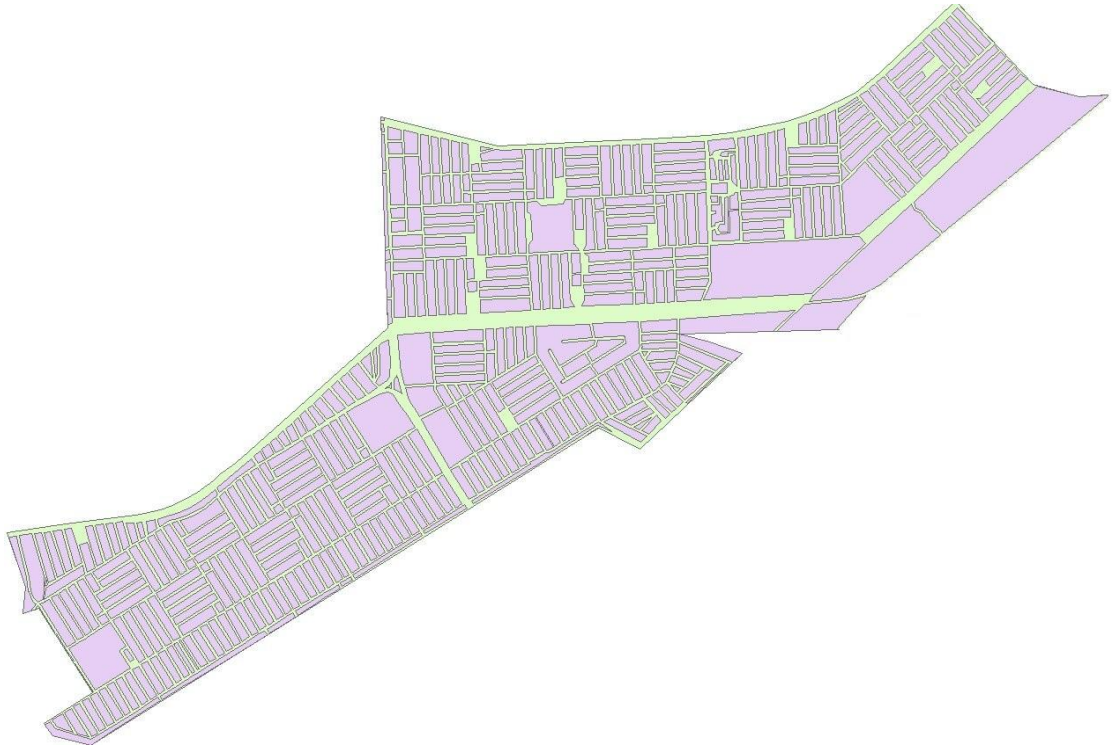
$$\text{Ecuación de emisor de fuga} \quad q = K_{\text{emisor}} * P^{N1}$$

<b>q: caudal de fugas</b>	<b>95.27</b>	lt/seg
P: presión promedio de la red	13	mca
N1: exponente de fugas	0.5	
K: coeficiente de emisión GLOBAL	26.4231438	lt/seg/mca <sup>0.5</sup>
# total de nodos	760	
<b>Coefficiente de emisor para cada nodo</b>	<b>0.03476729</b>	lt/seg/mca <sup>0.5</sup>

#### 3.1.1.1 Cálculo de la Población actual

El cálculo de la población actual se determinó mediante polígonos censales y sistemas de información geográfica, dicha información se obtuvo del Instituto Nacional de Estadísticas y Censo.

En el Anexo 1 se muestra la tabla donde se detalle el número de habitantes por sectores de El Recreo, Cantón Durán.



*Ilustración 8 Polígonos Censales de El Recreo*

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2012)

### **3.1.1.2 Cálculo de la Población Futura**

#### **Datos:**

Población Actual: 66194 hab.

Tasa de Crecimiento: 2.68%

Periodo de Diseño: 20 años

#### **Reemplazando en:**

$$P_f = P_i * (1 + r_i)^t$$

#### **En donde:**

Pf: Población Futura

Pa: Población Actual

t: Periodo de diseño

r: Tasa de crecimiento

INEC	Año	r_geom.	r_lineal	Método geométrico	Método lineal	Promedio
49,582	2010					
50,968	2011	2.79%	2.79%	50968	50968	50968
52,379	2012	2.78%	2.77%	52379	52379	52379
53,809	2013	2.76%	2.73%	53809	53809	53809
55,259	2014	2.75%	2.70%	55259	55259	55259
56,729	2015	2.73%	2.66%	56729	56729	56729
58,220	2016	2.71%	2.63%	58220	58220	58220
59,727	2017	2.70%	2.59%	59727	59728	59727
61,253	2018	2.68%	2.55%	61253	61252	61253
62,796	2019	2.66%	2.52%	62796	62796	62796
64,358	2020	2.64%	2.49%	64358	64358	64358
	2021	2.68%	2.68%	66307	66082	66194
	2031	2.68%	2.68%	86360	86067	86214
	2041	2.68%	2.68%	112479	112097	112288

Tabla 4 Crecimiento Poblacional de El Recreo

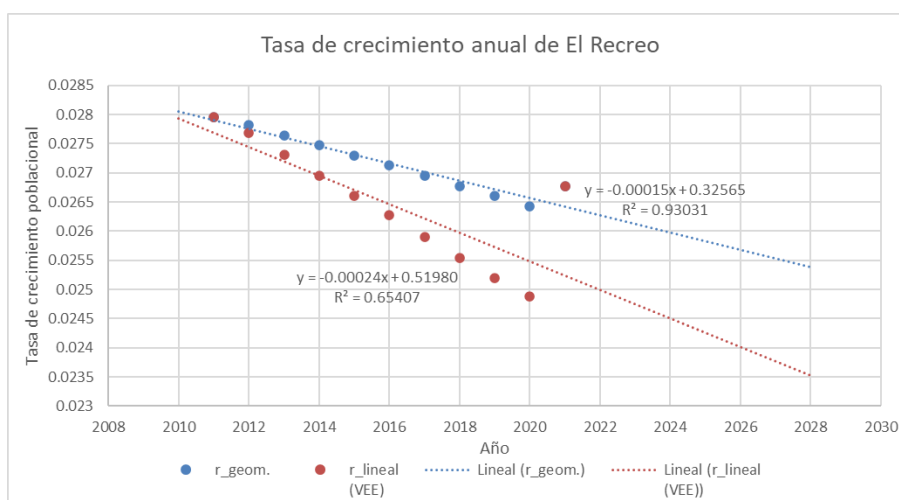
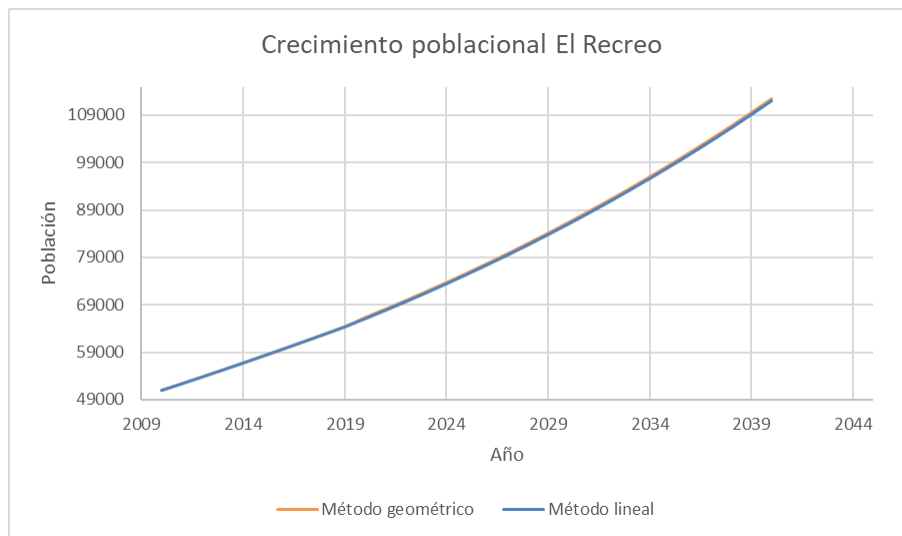


Ilustración 9 Regresión Lineal del crecimiento poblacional de El Recreo



*Ilustración 10 Crecimiento Población de El Recreo*

### 3.1.1.3 Cálculo Consumo medio Diario

El consumo medio diario de una población se calcula mediante la ecuación.

$$Q_m = \frac{\text{Población (hab)} * \text{Dotación (Lt /hab / dia)}}{24 (\text{horas}) * 3600 (\text{seg})}$$

$$Q_m = \frac{66194 (\text{hab}) * 88 (\text{Lt /hab / dia})}{24 (\text{horas}) * 3600 (\text{seg})}$$

$$Q_m = 67.42 \text{ Lt/seg}$$

### 3.1.1.4 Cálculo de la demanda Base

La demanda base se obtiene dividiendo para el total de nodos de la red de distribución de agua potable.

$$\text{Demanda}_{\text{Neta}} = \frac{\text{Consumo Medio Diario}}{\# \text{ nodos}}$$

$$\text{Demanda}_{\text{Neta}} = \frac{67.42 \text{ Lt/seg}}{760}$$

$$Demanda_{Neta} = 0.089 \text{ Lt/seg}$$

### **3.1.1.5 Cálculo Máximo Diario**

El consumo máximo diario se obtiene multiplicando el caudal medio diario por un coeficiente de variación máximo diario conforme Código Ecuatoriano de la Construcción de parte IX Obras Sanitarias

$$Qm_d = kmax_{dia} * Q_m$$

$$Qm_d = 1.5 * 67.42$$

$$Qm_d = 101.13 \text{ Lt/seg}$$

### **3.1.1.6 Cálculo de Caudal de Fugas**

El caudal de fugas calcula mediante la resta del caudal medido en la tubería de 550 milímetros de hierro fundido que trasega agua desde los pozos de la Zona de El Chobo hasta la red de distribución de agua potable El Recreo y el consumo máximo diario.

$$Q_{fugas} = Q_{medido} - Qm_d$$

$$Q_{fugas} = 196.4 - 101.3$$

$$Q_{fugas} = 95.27 \text{ Lt/seg}$$

### **3.1.1.7 Cálculo de Agua No Contabilizada**

El porcentaje de pérdidas se obtiene de la división del caudal de fugas y el caudal medido en la campaña de mediciones.



$$Agua\ No\ contabilizada = \frac{Q_{fugas}}{Q_{medido}}$$

$$Agua\ No\ contabilizada = \frac{95.27\ Lt/seg}{196.4\ Lt/seg}$$

$$Agua\ No\ contabilizada = 0.49 \therefore 49\%$$

### 3.1.1.8 Cálculo de Emisor Global de Fugas

El emisor global de fugas se obtiene de la división del caudal de fugas y la raíz cuadrada de la presión promedio de las tuberías.

$$K_{emisor} = \frac{Q_{fugas}}{H^{0.5}}$$

$$K_{emisor} = \frac{95.27}{13^{0.5}}$$

$$K_{emisor} = 26.42\ Lt/seg/mca^{0.5}$$

### 3.1.1.9 Cálculo de Emisor de Fugas para cada nodo

El emisor de fugas para cada nodo se obtiene dividiendo el emisor global de fugas para el total de nodos.

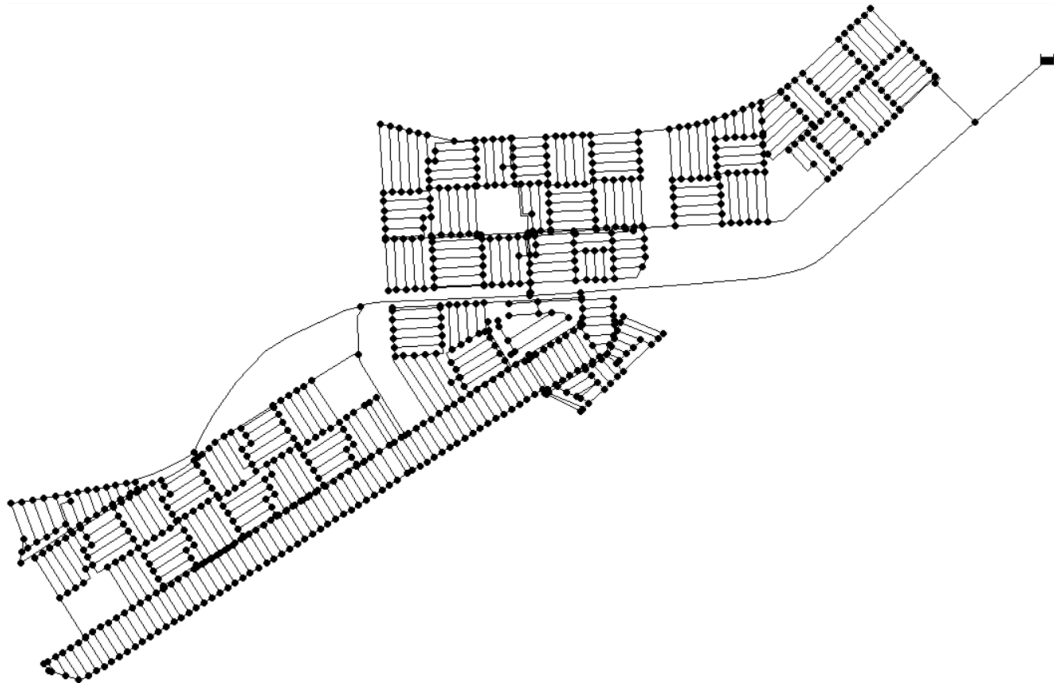
$$K_{nodo\ emisor} = \frac{K_{emisor}}{\# \text{ nodos}}$$

$$K_{nodo\ emisor} = \frac{26.42}{760}$$

$$K_{nodo\ emisor} = 0.0348\ Lt/seg/mca^{0.5}$$

### 3.2 TOPOLOGIA

El sistema de distribución de agua potable es una red mixta, compuesta por 781 nodos y 1132 líneas de conexión.



*Ilustración 11 Topología de la RDAP*

### 3.3 Coeficiente de Rugosidad

Para la red de distribución de agua potable actual y propuesta (repotenciada) se utilizó los coeficientes de rugosidad propuesto por el autor Darcy-Weisbach.

Tipo de tubería	Material	Coefficiente de Rugosidad
Acueducto	Hierro Fundido	0.31
Red secundaria y terciaria	PVC	0.0015

*Tabla 5 Clasificación de la RDAP por el coeficiente de rugosidad*



*Ilustración 12 Rugosidad de tuberías de la RDAP*

### 3.4 ESTACIÓN DE BOMBEO

La estación de Bombeo actualmente se compone de dos tanques bajos con una capacidad de 3402 m<sup>3</sup> cada uno, dos bombas centrífugas en serie de carcasa bipartida de succión doble con sus respectivos motores modelo EP1504, y un tanque elevado circular de 300 m<sup>3</sup>. En el anexo 2 se muestra el plano de la estación de bombeo.

### 3.4.1 Especificaciones de motor

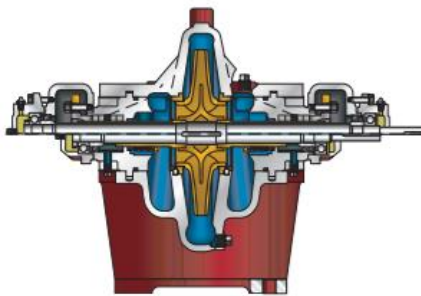


*Ilustración 13 Motor modelo EP1504*

Fuente: (Teco Westinghouse, 2013)

- Fabricante: Teco Westinghouse
- Tipo de Motor: MAX E1 NEMA PREM EFF SEVER E DUTY TEFC
- HP: 150
- Velocidad: 1800 rpm
- Voltaje: 460
- Peso aproximado: 910 kg
- Eficiencia Nominal: 95.8 %

### 3.4.2 Especificaciones Bomba Centrífuga



**340 Series HD**  
**Double Suction HSC**

*Ilustración 14 Bomba centrífuga Serie 340 HD*

Fuente: (IPIC GPS, 2016)

En el Anexo 5 se muestra la ficha técnica de la Bomba 340 Series HD

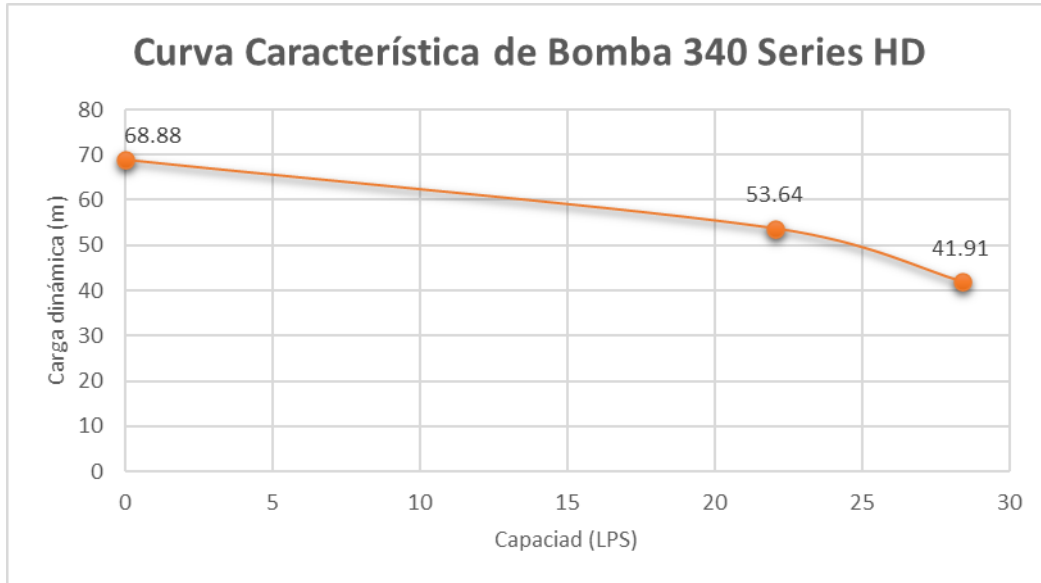
- Usos: circulación, amplificado de presión, torre de enfriamiento
- Características: succión doble, montaje del rotor removible, construcción resistente, cojinetes reemplazables sin desmontaje completo, anillos de desgaste de caja
- Fabricante: American Marsh Pumps
- Tamaño de bomba: 4x5 – 15 HD
- Tamaño de descarga: 50 a 1100 mm
- Velocidad: 1800 rpm
- Capacidad: 16,58 m<sup>3</sup>/hora
- Altura: 168 metros
- Temperatura: 121 °C

### 3.5 CURVA CARACTERISTICA DE BOMBA CENTRÍFUGA

En el anexo 8 se muestra la curva característica de la Bomba 340 Series – Size 4x5-15 HD según la ficha técnica proporcionada por el fabricante en unidades inglesas.

Bomba 340 Series - Size: 4x5-15 HD			
Puntos	Caudal (lps)	Altura (m)	Observación
1	0	68.88	Caudal 0
2	22.08	53.64	Caudal Máx. Eficiencia
3	28.39	41.91	Caudal-extremo de la curva

*Tabla 6 Puntos Caudal-Altura de la curva característica*



*Tabla 7 Curva característica de la bomba 340 Series HD*

### 3.6 CONDICIONES DE CONTORNO

#### 3.6.1 Sistema Actual

- El área de distribución de agua potable para El Recreo, Cantón Durán está definido por la información SIG de la Dirección Técnica de EMAPAD-EP.
- La dotación de 88 litros/habitante/día se estableció en la consultoría: “ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE, AGUAS SERVIDAS Y AGUAS LLUVIAS DE LA CIUDAD DURAN, PROVINCIA DEL GUAYAS”.
- El abastecimiento de la red de distribución de agua potable se lo representa como un embalse en el software Epanet.
- La presión manométrica en el reservorio  $8.33 \pm 0.33$  mca se estableció en la consultoría: “ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE, AGUAS SERVIDAS

Y AGUAS LLUVIAS DE LA CIUDAD DURAN, PROVINCIA DEL GUAYAS”.

- El caudal circulante por la tubería principal 196.4 lt/seg se estableció en la consultoría: “ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL PLAN MAESTRO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE, AGUAS SERVIDAS Y AGUAS LLUVIAS DE LA CIUDAD DURAN, PROVINCIA DEL GUAYAS”.
- La topografía de EL Recreo, Cantón Durán se extrajo mediante herramientas de Sistema de Información Geográfica.
- El diámetro de las tuberías está definido por la información SIG de la Dirección Técnica de EMAPAD-EP.

### **3.6.2 Sistema Propuesto**

- El área de distribución de agua potable para El Recreo, Cantón Durán está definido por la información SIG de la Dirección Técnica de EMAPAD-EP.
- El abastecimiento de la red de distribución de agua potable se lo representa como un embalse en el software Epanet.
- La presión manométrica en el reservorio es 18 mca.
- La topografía de EL Recreo, Cantón Durán se extrajo mediante herramientas de Sistema de Información Geográfica.
- El diámetro de las tuberías está definido por la información SIG de la Dirección Técnica de EMAPAD-EP y Google Earth Pro.
- El volumen de cada uno de los tanques bajos es 3402 m<sup>3</sup>.
- El nivel mínimo en el tanque bajo es 1.5 metros.
- El nivel máximo en el tanque bajo es 6 metros.
- La estación de bombeo opera con dos bombas centrifugas en serie.

- La base del tanque elevado se encuentra a 30 metros sobre el nivel del mar.
- La presión estática mínima en el tanque elevado es 30.5 metros.
- La presión estática máxima en el tanque elevado es 33 metros.
- La tubería #115 está cerrada.



## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

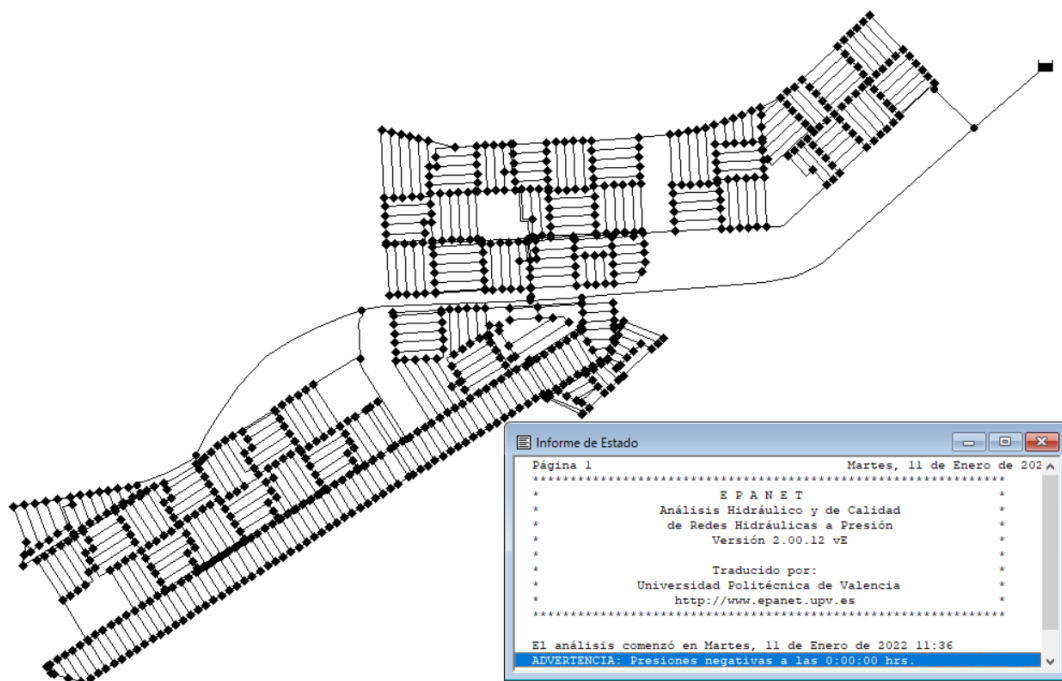
### 4.1 MODELACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

#### 4.1.1 SISTEMA ACTUAL

El modelo hidráulico de la red de distribución de agua potable de El Recreo, Cantón Durán que actualmente se encuentra en funcionamiento se compone de:

- 781 nodos
- 1 embalse
- 1132 tuberías

##### 4.1.1.1 Condición 8 mca en el embalse



*Ilustración 15 RDAP con presiones negativas*

#### 4.1.1.2 Condición 18 mca en el embalse



Ilustración 16 Caudal de RDAP El Recreo



Ilustración 17 Presión en nodos de RDAP El Recreo

Presión	
condición	cantidad
≤ 10 mca	39
10 a 15 mca	743

Tabla 8 Presión mínima en nodos de RDAP El Recreo



Ilustración 18 Velocidad en tuberías de RDAP El Recreo

Velocidad	
condición	cantidad
≤ 1 m/seg	1126
1 a 2 m/seg	6

Tabla 9 Velocidad admisible en tuberías de la RDAP El Recreo

#### 4.1.2 SISTEMA PROPUESTO

El modelo hidráulico repotenciado de la red de distribución de agua potable de El Recreo, Cantón Durán se compone de:

- 789 nodos
- 1 embalse
- 3 depósitos
- 1146 tuberías
- 2 bombas



*Ilustración 19 Caudal de RDAP repotenciado*



*Ilustración 20 Presión en nodos de RDAP El Recreo repotenciado*

Presión	
condición	cantidad
$\leq 10$ mca	5
10 a 15 mca	161
15 a 20 mca	175
$> 20$ mca	448

*Tabla 10 Presión mínima en nodos de RDAP El Recreo repotenciado*



*Ilustración 21 Velocidad en tuberías de RDAP El Recreo repotenciado*

Velocidad	
condición	cantidad
< 1 m/seg	966
1 a 2 m/seg	118
2 a 3 m/seg	25
> 3 m/seg	9

*Tabla 11 Velocidad admisible en tuberías de RDAP El Recreo repotenciado*

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

- El sistema de distribución de agua potable de El Recreo, Cantón Durán que se encuentra actualmente en funcionamiento existe un 49% de pérdidas – agua no contabilizada.
- El sistema de distribución de agua potable de El Recreo, Cantón Durán que se encuentra actualmente en funcionamiento posee el 5% de sus nodos que no cumplen con la presión mínima según la norma de Senagua.
- El sistema de distribución de agua potable de El Recreo, Cantón Durán que se encuentra actualmente en funcionamiento posee el 99% de tuberías que no cumplen con la velocidad mínima según la norma de Senagua.
- El sistema de distribución de agua potable de El Recreo, Cantón Durán que se encuentra actualmente en funcionamiento es deficiente por el elevado porcentaje de pérdidas de agua y la continuidad del servicio.
- Simulando en Epanet la altura piezométrica (8.33 + 0.33 mca) del embalse en el punto de inyección al sistema El Recreo generan presiones negativas en nodos y toda la red de distribución de agua potable presenta problemas.
- Simulando en Epanet la altura piezométrica (18 mca) del embalse en el punto de inyección al sistema El Recreo se identifican presiones críticas en nodos que se encuentran localizados alrededor de la estación de bombeo.

- La infraestructura, maquinaria, tuberías de la estación de bombeo es apta para su uso en la repotenciación de la red de distribución de agua potable de El Recreo, Cantón Durán.
- Todos los nodos de la red de distribución de agua potable repotenciado cumplen con la norma de Senagua.
- El sistema de distribución de agua potable de El Recreo, Cantón Durán que se encuentra actualmente en funcionamiento posee el 86% de tuberías que no cumplen con la velocidad mínima según la norma de Senagua



## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda habilitar el funcionamiento de los siete pozos ubicados en El Chobo para poder garantizar el abastecimiento de agua potable para la demanda actual y futura del Cantón Durán.
- Se recomienda una altura piezométrica superior a 18 metros columna de agua del embalse en el punto de inyección al sistema El Recreo no repotenciado para garantizar que no existan presiones negativas en nodos.
- Se recomienda habilitar la estación de bombeo y toda su infraestructura ya que garantiza la dotación de agua potable con presiones según establece la norma de Senagua.
- Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de distribución de agua potable de El Recreo, Cantón Durán repotenciado la tubería #115 debe permanecer cerrada.
- Para garantizar presiones según establece la norma de Senagua se recomienda instalar válvulas reductoras de presión para la etapa 1 y 2 de El Recreo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Alemana para la Cooperación Técnica y VAG-Armaturen. (2009). *Guía para la reducción de las pérdidas de agua*. Agencia Alemana para la Cooperación Técnica.
- AWWA. (2013). Defining model calibration. *Journal of American Water Works Association*.
- Comisión Nacional del Agua. (2014). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Mexico D.F.
- EMAPAD-EP. (Enero de 2018). SIG Durán.
- Hungría-Copade, C. C. (2019). *Estudios y diseños del plan maestro del sistema de agua potable, aguas servidas y aguas lluvias de la ciudad duran, provincia del guayas*. Durán .
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2012). *Resultados del Censo 2010 de población y vivienda en el Ecuador*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- IPIC GPS. (2016). *American Marsh Pumps*. Obtenido de <https://www.ipic-gsp.com/wp-content/uploads/2016/12/IPIC-GSP-American-Marsh-Pumps.pdf>
- Lambert, A., & Hirner, W. (2000). *Losses from Water Supply Systems*. IWA's Blue Pages, IWA.
- Larado, R. (2012). *Computer Modeling of Water Distribution Systems*.
- Martínez, A. M. (2000). *Parallel pomputing in water network analysis and leakage minimization* .
- Martínez, F. J. (2002). *Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua*. Grupo Mecánica de Fluidos (Universidad Politécnica de Valencia).

- Martinez, J. (2012). *Análisis y diseño de redes de distribución de agua mediante Epanet 2 vE*. Universitat Politècnica de Valencia.
- Molina, S. (2014). *Metodología para la calibración preliminar de modelos de redes de distribución de agua mediante la utilización conjunta de demandas y consumos dependientes de la presión*. Universitat Politècnica de València.
- Norma Técnica Ecuatoriana. (2014). *Agua Potable Requisitos*. Quito.
- Rossman, L. A. (2017). *EPANET 2 manual del usuario*.
- Seguas. (Agosto de 2019). *Blog Seguas* . Obtenido de <https://www.seguas.com/bombas-centrifugas-instalaciones-hidraulicas/>
- Seguas Aire comprimido y Frío industrial. (2019). *Blog Seguas* . Obtenido de <https://www.seguas.com/bombas-centrifugas-instalaciones-hidraulicas/>
- SENAGUA. (2015). *Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*.
- Teco Westinghouse. (2013). *Dealers Industrial Equipment* . Obtenido de <https://dealerselectric.com/EP1504.asp>
- Van Zyl, C., & Clayton, C. (2007). *The effect of pressure on leakage in water*. Proceedings of the ICE Water Management, Volumen 160, No.
- Water Supply and Water Resources Division. (Marzo de 2010). Contenido de la Ayuda. Cincinnati, Ohio, United States.

## ANEXOS

### Anexo 1: Datos poblacionales de El Recreo, Cantón Durán.

DPASECTOR-ARCMAP	SECTOR	NOMPRO	NOMCA	NOMPARR	ZONA	SECTOR	Total
90750021006	090750021006	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	021	006	595
90750022012	090750022012	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	022	012	328
90750023001	090750023001	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	023	001	330
90750023002	090750023002	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	023	002	473
90750023003	090750023003	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	023	003	524
90750023004	090750023004	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	023	004	520
90750023005	090750023005	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	023	005	479
90750023006	090750023006	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	023	006	474
90750023007	090750023007	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	023	007	397
90750023008	090750023008	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	023	008	459
90750023009	090750023009	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	023	009	434
90750023010	090750023010	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	023	010	453
90750023011	090750023011	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	023	011	464
90750023012	090750023012	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	023	012	280
90750024001	090750024001	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	024	001	566
90750024002	090750024002	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	024	002	554
90750024003	090750024003	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	024	003	559
90750024004	090750024004	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	024	004	559
90750024005	090750024005	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	024	005	378
90750024006	090750024006	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	024	006	486
90750024007	090750024007	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	024	007	510
90750025001	090750025001	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO	025	001	482

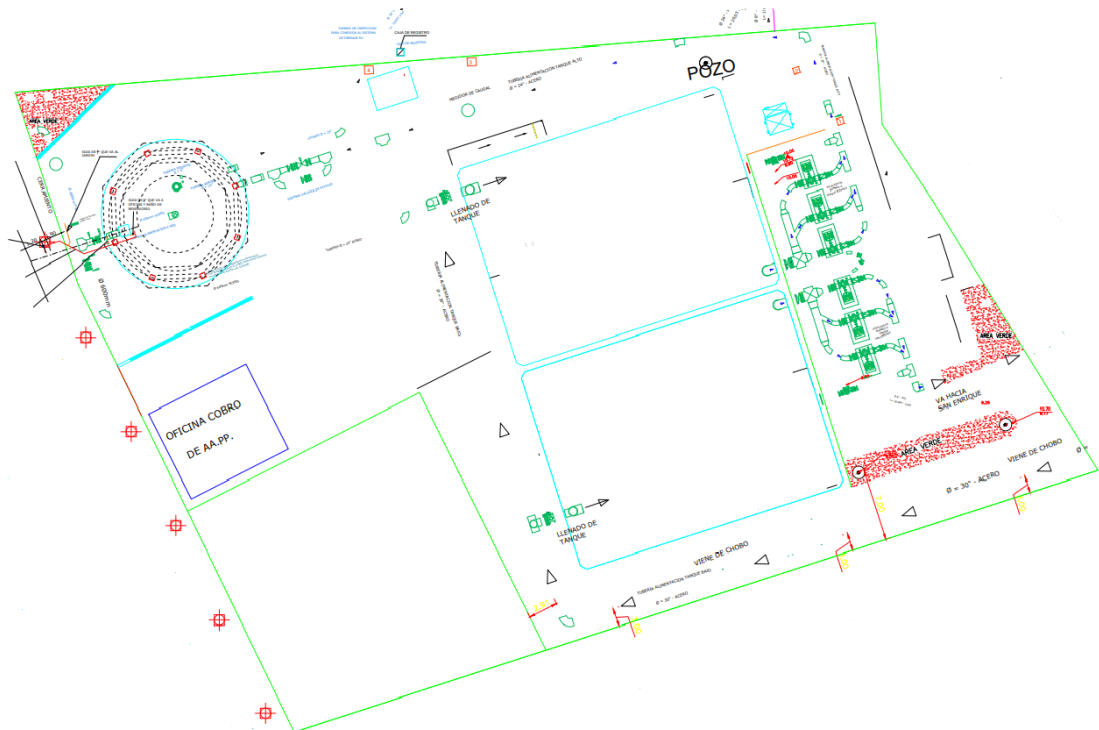
				(DURAN)			
90750025003	090750025002	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	025	002	628
90750025004	090750025003	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	025	003	563
90750025005	090750025004	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	025	004	558
90750025006	090750025005	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	025	005	345
90750026001	090750025006	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	025	006	313
90750026002	090750026001	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	026	001	577
90750026003	090750026002	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	026	002	531
90750026004	090750026003	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	026	003	488
90750026005	090750026004	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	026	004	482
90750026006	090750026005	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	026	005	480
90750026007	090750026006	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	026	006	480
90750026008	090750026007	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	026	007	486
90750026009	090750026008	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	026	008	554
90750026010	090750026009	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	026	009	408
90750027002	090750026010	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	026	010	521
90750027003	090750027001	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	027	001	64
90750027004	090750027002	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	027	002	425
90750027005	090750027003	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	027	003	505
90750027006	090750027004	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	027	004	569
90750027007	090750027005	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	027	005	492
90750027008	090750027006	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	027	006	653
90750027009	090750027007	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	027	007	523
90750027010	090750027008	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	027	008	548
90750027011	090750027009	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	027	009	514
90750036001	090750027010	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO	027	010	507

				(DURAN)			
90750036002	090750027011	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	027	011	330
90750036003	090750030008	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	030	008	326
90750036004	090750030009	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	030	009	236
90750036005	090750030010	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	030	010	214
90750036006	090750031001	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	031	001	362
90750036007	090750031002	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	031	002	501
90750036008	090750031003	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	031	003	417
90750036009	090750031004	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	031	004	307
90750036010	090750031005	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	031	005	453
90750036011	090750031006	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	031	006	498
90750035001	090750031007	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	031	007	607
90750035002	090750031008	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	031	008	475
90750035003	090750031009	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	031	009	470
90750035004	090750031010	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	031	010	460
90750035005	090750031011	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	031	011	546
90750035006	090750031012	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	031	012	482
90750030009	090750032001	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	032	001	564
90750030008	090750032002	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	032	002	511
90750030010	090750032003	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	032	003	522
90750033001	090750032004	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	032	004	513
90750033002	090750032005	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	032	005	503
90750033003	090750032006	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	032	006	710
90750033004	090750032007	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	032	007	279
90750033005	090750032008	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	032	008	558
90750033006	090750032009	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO	032	009	562

				(DURAN)			
90750033011	090750032010	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	032	010	459
90750033010	090750033001	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	033	001	531
90750033009	090750033002	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	033	002	516
90750033008	090750033003	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	033	003	474
90750033007	090750033004	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	033	004	452
90750032001	090750033005	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	033	005	484
90750032002	090750033006	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	033	006	316
90750032003	090750033007	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	033	007	415
90750032004	090750033008	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	033	008	484
90750032005	090750033009	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	033	009	504
90750032006	090750033010	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	033	010	467
90750032007	090750033011	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	033	011	497
90750032008	090750034003	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	034	003	348
90750032009	090750034004	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	034	004	517
90750032010	090750034005	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	034	005	432
90750031002	090750034006	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	034	006	482
90750031003	090750034007	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	034	007	470
90750031004	090750035001	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	035	001	445
90750031005	090750035002	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	035	002	463
90750031006	090750035003	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	035	003	514
90750031007	090750035004	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	035	004	411
90750031008	090750035005	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	035	005	464
90750031009	090750035006	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	035	006	293
90750031010	090750036001	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	036	001	341
90750031012	090750036002	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO	036	002	383

				(DURAN)			
90750031011	090750036003	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	036	003	468
90750034004	090750036004	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	036	004	428
90750034005	090750036005	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	036	005	550
90750034007	090750036006	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	036	006	474
90750034003	090750036007	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	036	007	493
90750034006	090750036008	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	036	008	500
90750027001	090750036009	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	036	009	613
90750025002	090750036010	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	036	010	414
90750031001	090750036011	GUAYAS	DURAN	ELOY ALFARO (DURAN)	036	011	556
						<b>Total</b>	<b>49582</b>

Anexo 2: Plano de la estación de Bombeo del sistema de distribución de agua potable de El Recreo, Cantón Durán.

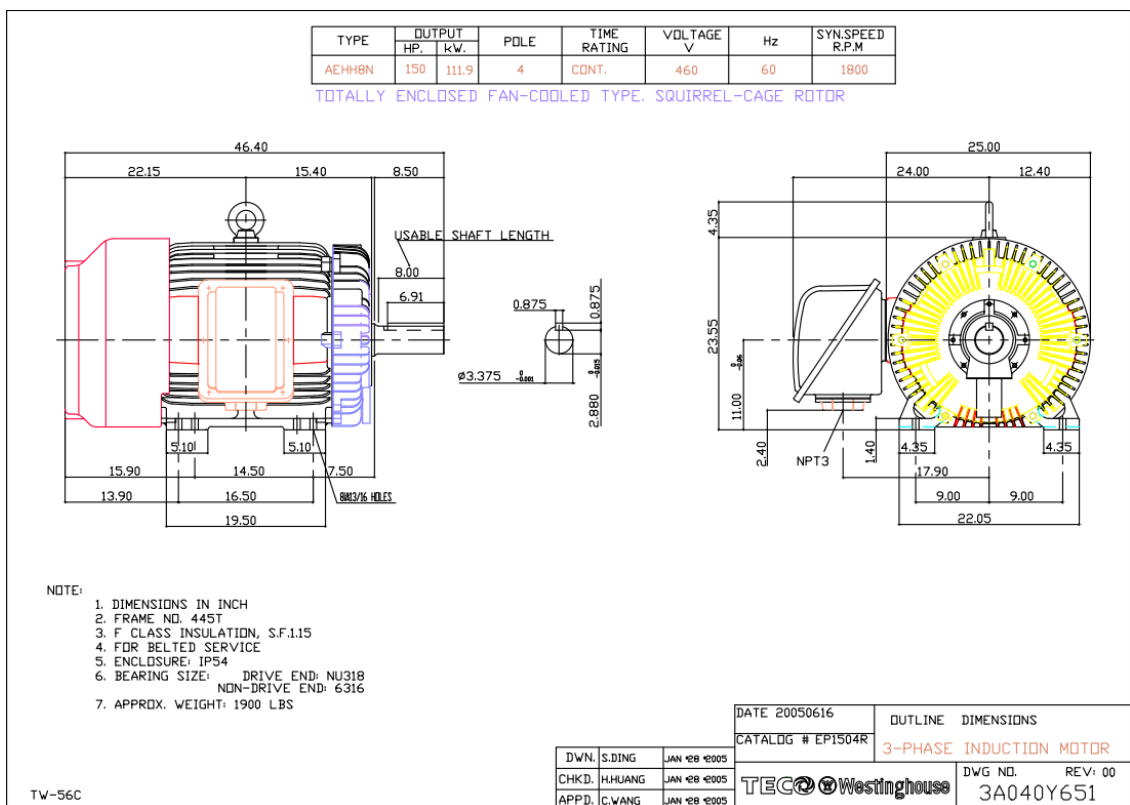




Anexo 3: Fotografía del tanque elevado del sistema de distribución de agua potable de El Recreo, Cantón Durán.



Anexo 4: Plano del Motor EP1504 - Teco Westinghouse.



Anexo 5: Ficha técnica de la bomba 340 Series Modelo HD del folleto Water Systems Group – American Marsh Pumps.

# Model HD Split Case

Sizes: 2" to 32"  
 Flows: 18,000+ GPM  
 Heads: 550 Feet  
 Temp: 250° F

**Services:**

-  Aerospace
-  Building Trades
-  Chemical
-  General Industry
-  Marine
-  Mining & Aggregate
-  Oil & Gas
-  Power Generation
-  Petro-Chemical
-  Pharmaceutical
-  Pulp & Paper
-  Semiconductor
-  Water & Wastewater



**Impellers**

- Double suction minimizes axial thrust, enclosed, non-overloading bronze standard, other alloys available
- Expertly machined to customer specifications
- Fully balanced before assembly

**Heavy Duty Casing**

- Standard ASTM A48 Class 30 cast iron
- Horizontally split for easy access
- Casing has Thru-Bore which allows the removal of the entire rotating assembly, including both stuffing boxes, and the entire bearing housing assembly
- Heavy wall thickness to provide generous corrosion allowance and high working pressures
- Volute type casing with double suction provides suction and discharge nozzles cast integral with the lower half of the casing
- Suction and discharge connections are in lower half, allowing removal or inspection of upper half and rotating assembly without disturbing piping or driver
- Standard 250 lb case working pressure

**Shaft Sleeves**

- Standard - replaceable bronze sleeves protect shaft from wear and corrosion

**Bearing Housings**

- Cartridge bearing arrangement allows the removal of the entire bearing housing assembly with the rotating element.
- Both the inboard and outboard bearing can be completely replaced without disturbing any other part of the rotating assembly.
- Both bearings are protected by lip seals to keep contaminants out of bearing housing

**Heavy Duty Outboard Bearing**

- Heavy duty deep groove type ball thrust bearing, purge grease type lubrication standard
- Fixed rigidly in housing to take end thrust load
- Maintains impellers in their central position

**Heavy Duty Inboard Bearing**

- Heavy duty deep groove type ball bearing, purge grease type lubrication standard
- Carries radial load; free to move axially

**Stuffing Boxes**

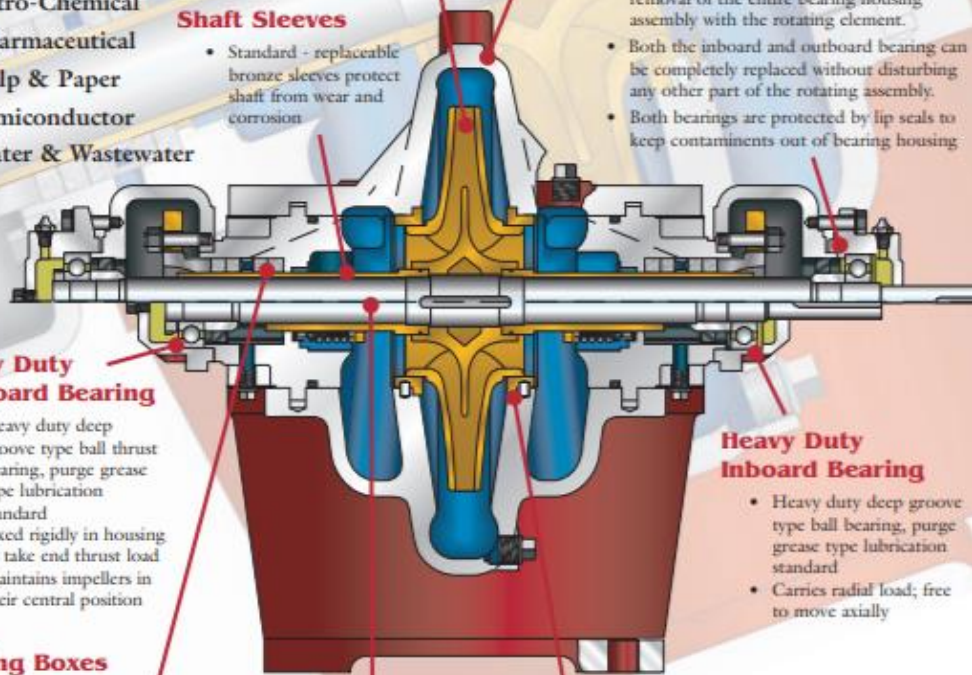
- Packed with bronze lantern ring and gland
- Fully removable with the rotating assembly
- Both stuffing boxes have integral vortex suppressors to minimize inlet losses

**Heavy Duty Shaft**

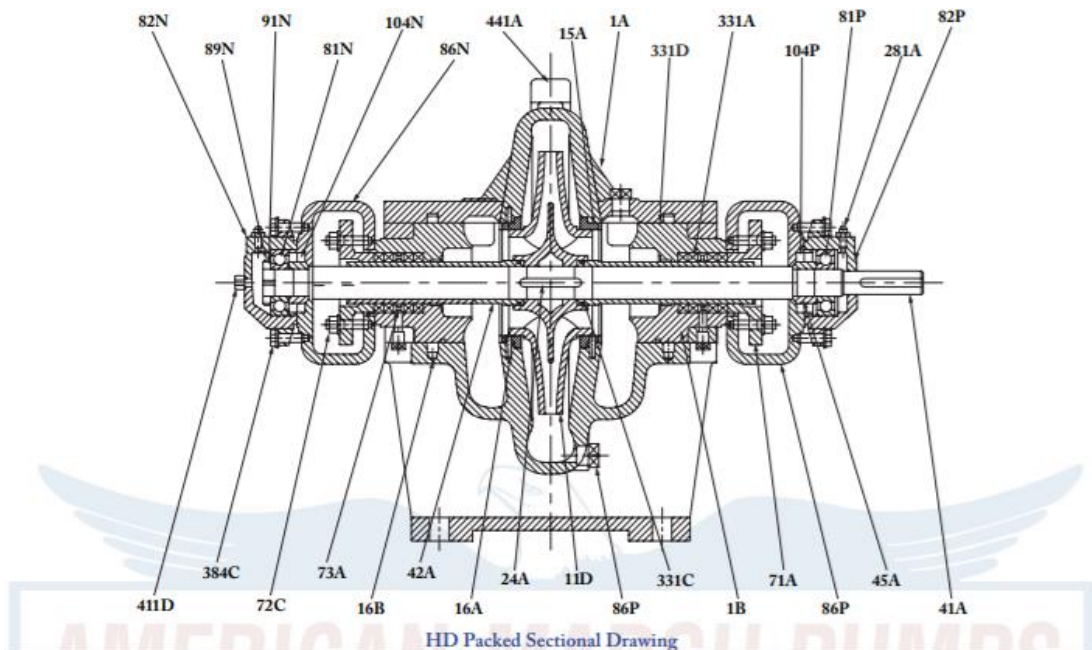
- Designed and sized especially for the pump and its applications
- 420 stainless steel shaft standard

**Casing Wear Rings**

- Standard bronze or other specified alloy
- Renewable, permits easy maintenance of proper running clearances
- Allows smooth transfer of fluid into impeller eye, increasing efficiency and lowering NPSH
- Pinned to prevent rotation



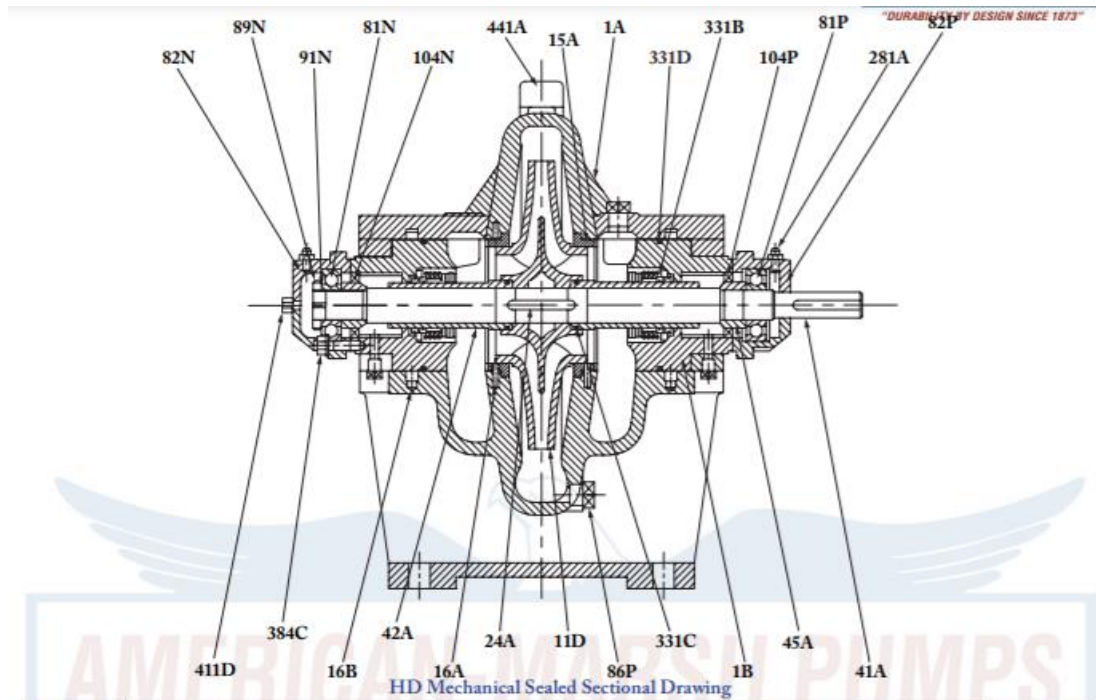
Anexo 6: Esquema seccional de empaquetado del folleto Water Systems Group – American Marsh Pumps.



Item Number	Item Description	Number Required	Item Number	Item Description	Number Required
1A	Casing, Complete	1	86N	Bearing Arm, Outboard	1
1B	Stuffing Box	2	86P	Bearing Arm, Inboard	1
11D	Impeller	1	89N	Locknut, Outboard	1
15A	Case Wear Ring	2	91N*	Lockwasher, Outboard	1
16A	Dowel Pin	2	104N	Lip Seal, Outboard	1
16B	Dowel Pin	2	104P	Lip Seal, Inboard	1
24A	Impeller Key	1	281A	Zerk Fitting	2
41A	Shaft	1	331A	Packing	1 Set
42A	Shaft Sleeve	2	331B	Mechanical Seal	2
45A	Bearing Adapter	2	331C	Shaft Sleeve O-Ring	2
71A	Gland Assembly, Complete	2	331D	Stuffing Box O-Ring	2
72C	Hinge Bolt	4	353A*	Case Gasket	1
73A	Lantern Ring	2	381B*	Casing Capscrew	Varies
81N	Outboard Bearing, Thrust	1	384B	Bearing Housing Capscrews	8
81P	Inboard Bearing, Radial	1	411A	Plug, Vent	1
82N	Bearing Housing, Outboard	1	411B	Plug, Drain	1
82P	Bearing Housing, Inboard	1	411D	Plug, Bearing Housing	1



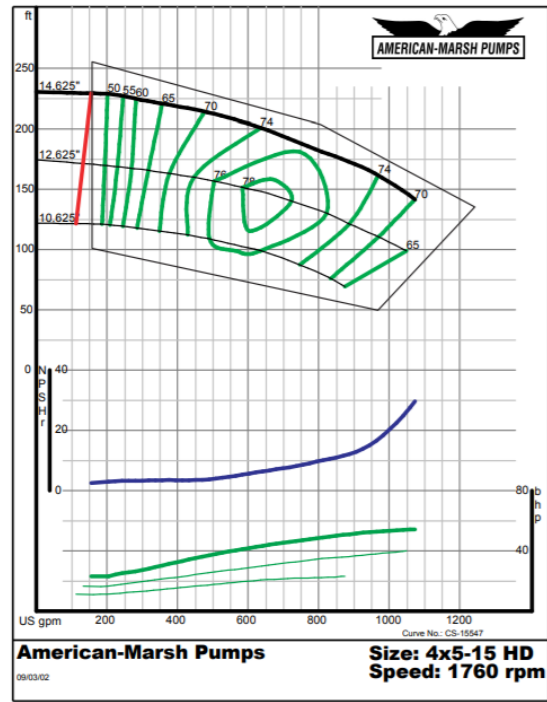
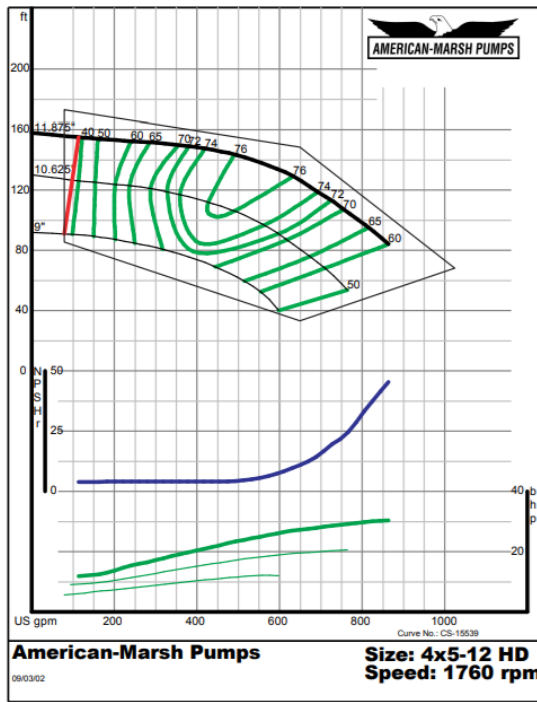
Anexo 7: Esquema seccional sellado mecánico del folleto Water Systems Group – American Marsh Pumps.



Item Number	Item Description	Number Required	Item Number	Item Description	Number Required
1A	Casing, Complete	1	86N	Bearing Arm, Outboard	1
1B	Stuffing Box	2	86P	Bearing Arm, Inboard	1
11D	Impeller	1	89N	Locknut, Outboard	1
15A	Case Wear Ring	2	91N*	Lockwasher, Outboard	1
16A	Dowel Pin	2	104N	Lip Seal, Outboard	1
16B	Dowel Pin	2	104P	Lip Seal, Inboard	1
24A	Impeller Key	1	281A	Zerk Fitting	2
41A	Shaft	1	331A	Packing	1 Set
42A	Shaft Sleeve	2	331B	Mechanical Seal	2
45A	Bearing Adapter	2	331C	Shaft Sleeve O-Ring	2
71A	Gland Assembly, Complete	2	331D	Stuffing Box O-Ring	2
72C	Hinge Bolt	4	353A*	Case Gasket	1
73A	Lantern Ring	2	381B*	Casing Capscrew	Varies
81N	Outboard Bearing, Thrust	1	384B	Bearing Housing Capscrews	8
81P	Inboard Bearing, Radial	1	411A	Plug, Vent	1
82N	Bearing Housing, Outboard	1	411B	Plug, Drain	1
82P	Bearing Housing, Inboard	1	411D	Plug, Bearing Housing	1

Anexo 8: Curva de Rendimiento de la bomba 340 Series – Size: 4x5-15 HD del folleto 340 Series Double Suction.

340 SERIES HD SPLIT CASE PERFORMANCE CURVES - 1800 RPM



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Rivera Gómez, Carlos Vinicio**, con C.C: # 0604232892 autor del trabajo de titulación: **Optimización del plano de presiones en la red de distribución de agua potable (RDAP) de El Recreo, cantón Durán** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 10 de marzo de 2022

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Rivera Gómez Carlos Vinicio**

C.C: **0604232892**



## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Optimización del plano de presiones en la red de distribución de agua potable (RDAP) de El Recreo, cantón Durán		
<b>AUTOR(ES)</b>	Rivera Gómez, Carlos Vinicio		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Molina Arce, Stephenson Xavier M. Sc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Civil		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	10 de marzo de 2022	<b>No. PÁGINAS:</b>	53
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Agua Potable, Análisis y optimización de red de distribución, Repotenciación de estación de bombeo		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	El Recreo, Cantón Durán, Red de distribución, agua potable, área urbana, optimización de redes de agua potable, plano de presiones, tanque elevado		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>			
<p>La planificación inadecuada y una infraestructura que no satisface la demanda de agua potable representa un problema para el crecimiento poblacional, comercial e industrial del Cantón Durán; el abastecimiento y distribución es deficiente para dotar agua potable de manera continua y con presiones requeridas a los clientes registrados en la base de datos comercial de EMAPAD-EP. El desarrollo del presente trabajo de tesis tiene como objetivo realizar un modelo hidráulico de la red de distribución de agua potable de El Recreo, Cantón Durán en condiciones actuales, mediante la utilización del software Epanet; analizar los resultados de presiones en condiciones actuales; luego realizar una repotenciación del sistema El Recreo, Cantón Durán mediante un modelo hidráulico de la red de distribución de agua potable que cumpla con los criterios de diseño según los parámetros de velocidad, caudal, presión establecidos en normas principales y referenciales, como son.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-96277641	E-mail: riveragomezcv@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre: Clara Glas Cevallos</b>		
	<b>Teléfono: +593-4 -2206956</b>		
	<b>E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec</b>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			