UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TÍTULO:

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS PROFUNDOS QUE ABASTECEN A LA CIUDAD DE MACHALA., PROVINCIA DE EL ORO.

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:
ZAMBRANO JARAMILLO JOSE ROOSVELT

TUTOR:
SOLANO DE LA SALA MONTEROS CESAR AUGUSTO

MACHALA - EL ORO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, ZAMBRANO JARAMILLO JOSE ROOSVELT, con C.I. 0705178911, estudiante de la carrera de INGENIERÍA CIVIL de la UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA, en calidad de Autor del siguiente trabajo de titulación EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS PROFUNDOS QUE ABASTECEN A LA CIUDAD DE MACHALA., PROVINCIA DE EL ORO.

- Declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad del mismo y el cuidado al remitirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto, asumiendo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera EXCLUSIVA.

- Cedo a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA de forma NO EXCLUSIVA con referencia a la obra en formato digital los derechos de:

  a. Incorporar la mencionada obra al repositorio digital institucional para su democratización a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y el Reglamento Institucional.

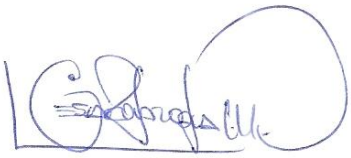
  b. Adecuarla a cualquier formato o tecnología de uso en internet, así como incorporar cualquier sistema de seguridad para documentos electrónicos, correspondiéndome como Autor(a) la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.

Machala, 11 de noviembre de 2015

ZAMBRANO JARAMILLO JOSE ROOSVELT
C.I. 0705178911

EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS PROFUNDOS QUE ABASTECEN A LA CIUDAD DE MACHALA., PROVINCIA DE EL ORO.

ZAMBRANO JARAMILLO JOSE ROOSVELT
AUTOR(A)
C.I. 0705178911
joseroosevelt_05@hotmail.com



SOLANO DE LA SALA MONTEROS CESAR AUGUSTO
TUTOR
C.I. 0702118001
csolano@utmachala.edu.ec

Machala, 11 de noviembre de 2015

CERTIFICAMOS

Declaramos que, el presente trabajo de titulación EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS PROFUNDOS QUE ABASTECEN A LA CIUDAD DE MACHALA., PROVINCIA DE EL ORO. elaborado por el estudiante ZAMBRANO JARAMILLO JOSE ROOSVELT, con C.I. 0705178911, ha sido leído minuciosamente cumpliendo con los requisitos estipulados por la Universidad Técnica de Machala con fines de titulación. En consecuencia damos la calidad de APROBADO al presente trabajo, con la finalidad de que el Autor continue con los respectivos tramites.

Especialistas principales

SOLANO DE LA SALA MONTEROS CESAR AUGUSTO
C.I. 0702118001

PANTOJA AGUACONDO DAVID ELOY
C.I. 0702321191

MENDOZA RIVERA WILLIAMS EMILIANO
C.I. 0702465238

Especialistas suplentes

MALDONADO AMAYA MIGUEL EMILIO
C.I. 0704244979

CAMPUZANO CASTRO LUIS ALBERTO
C.I. 0700949316

DEDICATORIA

A Dios por la segunda oportunidad de vida

A mis Padres y hermano que son mi motor

para seguir adelante en la vida,

los amo con todo mi corazón, muchas gracias por todo.

José

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirme estar aquí disfrutando
De mis seres queridos y amigos

A mis padres amados por todo el amor, sacrificio
Y esfuerzo, gracias por guiarme en una buena educación
Gracias por la vida que me dieron, por la paciencia,
Por los consejos diarios que llevaran
Hacer un excelente profesional.

Gracias a mi hermano por ser mi apoyo incondicional.

Un agradecimiento a mis amigos y amigas
Que estuvieron siempre apoyándome durante toda la formación
Estudiantil que pasamos muchos años

MUCHAS GRACIAS!!

“EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS PROFUNDOS QUE ABASTECEN A LA CIUDAD DE MACHALA, PROVINCIA DE EL ORO”

Autor: José R. Zambrano Jaramillo

Tutor: Ing. Civil Cesar Solano de la Sala

Resumen

Se muestra resultados de la evaluación sobre la producción y calidad del agua de los pozos profundos que abastecen a la ciudad de Machala, provincia de El Oro. Para la realizacion del presente estudio se inicio con una busqueda de publicaciones de estudios realizados en muchas ciudades del mundo para tratar de resolver el estudio del cual aquí se expone como lo es la evaluacion de la produccion y calidad de las aguas subterraneas que abastecen a la ciudad de Machala. El presente estudio sera para conocer como es la situacion actual con respecto a la produccion y calidad de agua subterranea donde la poblacion de Machala es la beneficiada ya que en el 2006 se tenia un registro de que las aguas subterraneas era el 66% con una dotacion de 800 l/s de la produccion total que abastece a la poblacion, beneficiando al consumo domestico, industrial y comercial. Como datos obtenidos se dio que el mes de mayor produccion fue el mes de julio del 2015 llegando a una produccion de 1168 240 metros cubicos, mientra que el mes de agosto fue el mes de menor produccion con 1129 390 metros cubicos y durante los tres meses se obtuvo un promedio de 1´144 423,3 metros cubicos. El agua que fue analizada, fueron muestras de aguas crudas de pozos del municipio, la empresa Planta Potabilizadora El Cambio y tambien muestras en diferentes puntos de la red de distribucion en la ciudad de Machala, se realiza un analisis de las caracteristicas.

Palabras Claves: Evaluación, calidad, agua subterránea, producción.

Abstract

Evaluation results on the production and quality of water from deep wells that supply the city of Machala, province of El Oro shown. For the realization of this study began with a search for publications of studies in many cities around the world to address the study of which here it is exposed as is the evaluation of production and quality of groundwater that supply the city of Machala. This study will be to learn as is the current situation regarding the production and quality of groundwater where the population of Machala is the beneficiary because in 2006 a record that groundwater was 66% with an endowment it had 800 l / s of total production that supplies the population , benefiting the domestic , industrial and commercial consumption. As data became the highest production month of July 2015 reaching a 1168 production of 240 cubic meters, while that August was the month of lower production in 1129 and 390 cubic meters for three months an average of 1'144 423.3 cubic meters was obtained. The water was analyzed, raw water samples were wells of the municipality, the company WTP change and also samples at different points of the distribution network in the city of Machala, an analysis of the characteristics is performed.

Keywords: evaluation, quality, groundwater production.

Contenido

INTRODUCCION 11
CAPITULO 1 12
1.1 DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA 12
1.1.1 Macro.- 12
1.1.2 Meso.- 17
1.1.3 Micro.- 19
1.2 Objetivo General 20
1.3 Objetivos Específicos 20
1.4 Justificación 20
CAPITULO 2 22
2.1 ESTUDIOS DE INGENIERIA PARA LA DEFINICION DE ALTERNATIVAS TECNICAS DE SOLUCION Y SUS ESCENARIOS. 22
2.2.- PRE-FACTIBILIDAD 24
2.3.- FACTIBILIDAD 30
2.4 MARCO TEORICO 31
2.4.1 Marco Teórico Referencial 31
2.4.2 Marco Teórico Conceptual 38
2.4.2.2 Vulnerabilidad de los acuíferos. 42
2.5.- METODOLOGIA 43
CAPITULO 3 45
MEMORIA TECNICA 45
3.1.1 Evaluacion de Produccion de Agua de Pozos 45
3.1.2 ANALISIS DE LA CALIDAD DE AGUA TRATADA, CRUDA Y EN LA RED DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE. 58
3.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 60
3.2.1 CONCLUSIONES 60
3.2.2 RECOMENDACIONES 60
Referencias Bibliográficas: 61
ANEXOS 63

Índice de Tablas

Tabla 1 Metodologías para Evaluar la Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación14
Tabla 2 Tipos de datos que se requieren en la gestión del agua subterránea. 24
Tabla 3 Clasificacion de los sistemas de monitoreo de agua subterranea según su funcion. 27
Tabla 4 Reglas basicas para lograr programas de monitoreo del agua subterranea exitosos. 28
Tabla 5 se muestra la frecuencia mínima de muestreo para el análisis de los parámetros físico-químicos.....39
Tabla 6 39
Tabla 7 Comparación entre los diferentes métodos de perforación. 41

INTRODUCCION

La presente investigación corresponde a una evaluación sobre la calidad y producción de agua subterránea que se obtiene por medio de pozos profundos la cual se realiza en la Planta Potabilizadora El Cambio. Se conocerá cual es la situación actual sobre la calidad que se obtiene al ingresar a la planta y la calidad de agua que es enviada hacia la ciudad de Machala, también así se tendrá un conocimiento de la producción lograda para satisfacer la demanda que necesita la ciudadanía de Machala.

Las principales características por la cual la ciudad opto por extraer agua subterránea es el motivo del incremento de la población y por motivo que las aguas superficiales que no poseen el caudal necesario para cubrir la demanda que necesita la ciudad, por ende se vio necesaria buscar la solución a este problema, resultando la mejor opción abastecerse de agua subterránea la cual se conoce que es de una calidad aceptable y por medio de un tratamiento se logra tener una agua de gran calidad para el consumo humano.

Para obtener un conocimiento actual sobre la calidad del agua que se distribuye hacia la población, así también conocer si la producción satisface la demanda de la ciudad es que se realiza esta investigación de los pozos profundos de agua subterránea que abastecen a la ciudad de Machala.

Se conoce como aguas subterráneas a esa reserva que se encuentra por debajo del suelo y donde en algunos lugares puede llegar ser una gran extensión acuífera la cual es donde se logra extraer el líquido vital. Estas reservas acuíferas se recargan por medio de la filtración del agua a través del suelo ya sea esta de la lluvia, ríos, lagos, etc.

Para poder obtener agua subterránea se lo realiza por intermedio de pozos profundos los cuales con ayuda de una bomba extraen el agua en grandes cantidades de litros/segundo, los cuales son conducidos por medio de una tubería hacia la Planta Potabilizadora en donde es sometida a un proceso de tratamiento para lograr una agua de buena calidad que se rige a las Normas INEN donde los resultados obtenidos deben encontrarse dentro de los rangos permisibles.

CAPITULO 1

1.1 DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

1.1.1 Macro.- las aguas subterráneas forman parte de la mayor reserva de agua dulce del mundo, y representan más del 97%[1] del total de agua dulce con la que cuenta el planeta, no se considera los glaciares y los casquetes polares. El 3%[1] restante corresponde a las aguas superficiales como son los lagos, ríos, humedales y también la humedad del suelo. Actualmente la atención dirigida hacia las aguas subterráneas se centraba para el uso de agua potable alrededor del 75%[1] de los residentes de la Unión Europea donde utilizan las aguas subterráneas para el abastecimiento de agua potable, e importante como recurso para la industria. Cada vez es más evidente que no debe considerarse a las aguas subterráneas únicamente como una reserva de agua, sino que también se debe proteger por su valor medioambiental. Las aguas subterráneas son primordiales para el ciclo hidrológico, y su papel es esencial para el mantenimiento de los humedales y de los caudales de los ríos, y como también ayuda de amortiguador para los efectos de las sequías.

El agua subterránea es el agua que se aloja y circula en el subsuelo, formando los acuíferos. El agua lluvia es la fuente principal de aporte, que se forma mediante el proceso de infiltración.

El agua subterránea se localiza por debajo del nivel freático y está saturando totalmente los poros y/o fisuras del terreno y fluye a la superficie de forma natural a través de vertientes, manantiales o cauces fluviales. El movimiento de los acuíferos es desde zonas de recarga a zonas de descarga, con velocidades que van desde metro/año a cientos de metro/día, con tiempos de residencia largos resultando grandes volúmenes de almacenamiento, aspectos característicos del agua subterránea.[2]

Casi en toda su totalidad del agua dulce que no está congelada se encuentra bajo la superficie en forma de agua subterránea. Las aguas subterráneas, que por general son de buena calidad, se extraen principalmente para obtener agua potable y ayudar a la agricultura en los climas secos. Este recurso se considera renovable siempre y cuando las aguas subterráneas se extraen de una forma que de tiempo para que la naturaleza renueve al acuífero, pero en la mayoría de las regiones secas es muy lenta o no se renueva el acuífero.

“Son pocos los países que miden la calidad de sus aguas subterráneas o la velocidad a la que se explotan las reservas, lo que dificulta su gestión.”[3]

En la actualidad, la actividad de la sociedad humana y los elementos naturales conllevan agotar los recursos hídricos con los que contamos. Los últimos años la sociedad ha cambiado en sus ideales de la necesidad de mejorar la gestión y la protección del agua, los criterios económicos y los factores políticos todavía tienden a dirigir todos los ámbitos de la política del agua.

Existe una presión muy fuerte por los recursos hídricos que aumenta cada día más, se obtiene como resultado de las actividades humanas, el incremento en la población, la

contaminación que sufren las aguas superficiales en consecuencia de los cambios climáticos.

No obstante, se han realizado ciertos progresos. Cada vez más, las autoridades evalúan al mismo tiempo la cantidad y la calidad del agua, y coordinan esfuerzos de gestión a escala internacional.[4]

Según Custodio (1976) el agua pura no existe en la naturaleza, ya que es capaz de incorporar una gran cantidad de sustancias al estar en contacto con los terrenos por los cuales transita. En el caso de las aguas subterráneas, la posibilidad de esta disolución es mayor, por motivo a las extensas superficies de contacto con el terreno, lentas velocidades de circulación, altas presiones y temperaturas.

Por lo antes mencionado se encuentran en el agua subterránea algunos sólidos orgánicos e inorgánicos, líquidos orgánicos y gases disueltos.

Los Sólidos inorgánicos están divididos en: constituyentes mayores con concentraciones sobre 5 mg/l, constituyentes menores con concentraciones dentro del rango de 0,01 a 10 mg/l y elementos traza con concentraciones menores a 0,01 mg/l.[5]

Las moléculas orgánicas disueltas en el agua subterránea están en cientos de componentes individuales. Estas moléculas se encuentran en cantidades menores. En zonas poco profundas de las aguas subterráneas las más cuantiosas son los ácidos húmicos y fúlvicos.

Por último los gases presentes en mayor concentración son oxígeno, dióxido de carbono, sulfuros de hidrógeno y metano.

La presencia de estas sustancias en las aguas subterráneas, según Foster e Hirata (1988) es producida por la actividad humana en la superficie de la tierra, la cual cambia los mecanismos de recarga del acuífero e introduce nuevos mecanismos; cambiando la tasa, frecuencia y calidad de la recarga del agua subterránea. Esto ocurre especialmente en climas áridos pero también ocurre en regiones húmedas. El entendimiento de estos mecanismos y el diagnóstico de tales cambios son importantes para la determinación del riesgo a la contaminación.[5]
Con el propósito de proteger las aguas subterráneas de la contaminación, se ha desarrollado el concepto de vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación. Siendo ésta un mecanismo muy útil para establecer la capacidad natural de un acuífero a absorber una alteración ya sea natural, o causada por el hombre.

Según la National Academy Press (1993), divide las diferentes formas para evaluar vulnerabilidad de acuíferos en dos grandes ramas, vulnerabilidad intrínseca y vulnerabilidad específica.

Vulnerabilidad intrínseca: esta depende de las propiedades del sistema acuífero y no se consideran las del contaminante. Se evalúa la vulnerabilidad a un contaminante universal.

Vulnerabilidad específica: se refiere a la vulnerabilidad de un sistema acuífero a un contaminante específico, a un grupo de éstos o incluso a una actividad humana.[6]

Hay tres grandes grupos de métodos para evaluar la vulnerabilidad a la contaminación, los cuales son: Índices y Superposición, Modelos de Simulación y Modelos Estadísticos. En la National Academy Press (1993) se describen estas tres clases de métodos para evaluar la vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación, donde a continuación se dan las descripciones de cada uno de estos métodos:

Índices y Superposición: se unen varios atributos físicos de la zona en estudio, asignándoles un puntaje y peso, después se multiplican los pesos por los puntajes y se suman, obteniendo así la vulnerabilidad de la zona.

Los métodos de Índices y Superposición, específicamente en las metodologías que se describen en la Tabla 1, los cuales son: AVI, BGR, DRASTIC, GOD y SINTACS. La elección de estas metodologías se basa en que son las más empleadas a nivel internacional, y existe un gran número de aplicaciones de estás.

Tabla 1.- Metodologías para Evaluar la Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación

DRASTIC		GOD		SINTACS		AVI	BGR
D	Profundidad de la zona no saturada	G	Ocurrencia del agua subterránea	S	Profundidad de la zona no saturada	Permeabilidad de los estratos	Tipo de Suelo Agronómico
R	Recarga neta	O	Cobertura (Zona no saturada)	I	Infiltración eficaz	Espesor de cada capa	Litología de la zona no saturada
A	Tipo de acuífero	D	Profundidad de la zona no saturada	N	Características de la zona no saturada		Recarga neta
S	Suelo			T	Tipo de suelo		Acuíferos colgados
T	Pendiente			A	Litología del acuífero		Condiciones de presión
I	Impacto de la zona no saturada			C	Conductividad hidráulica		
C	Conductividad hidráulica			S	Pendiente de la superficie		

Fuente: Evaluación de Vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación, aplicación a la zona norte de Santiago.

De los métodos paramétricos definidos, se ha empleado el conocido como DRASTIC, que considera y valora siete parámetros: profundidad del agua (D), recarga (R), litología del acuífero (A), naturaleza del suelo (S), pendiente del terreno (T), zona no saturada (I) y permeabilidad del acuífero (C). Se presenta una aplicación para el caso de una obra lineal.[7]

Para la determinación del grado nominal de vulnerabilidad final se reclasificaron en siete categorías los puntajes obtenidos al combinar las capas de cada parámetro de DRASTIC, de lo cual se obtuvo la siguiente Tabla No. 2 distribuciones de zonas vulnerables: [8]

Tabla No. 2.- Distribución del grado de vulnerabilidad

Distribución del grado de vulnerabilidad DRASTIC	
GRADO DE VULNERABILIDAD	**% DENTRO DE LA COBERTURA**
MUY BAJO	35.77
BAJO	37.22
MODERADO	19.48
ALTO	7.35
MUY ALTO	0.19

Fuente: Determinación de la vulnerabilidad a contaminación de acuíferos en el Noreste de Estado de Michoacán.

Modelos de Simulación:

Estos métodos necesitan soluciones analíticas o numéricas en 1, 2 o 3 dimensiones. Pertenecen a modelos de transporte de contaminantes, y como salida se obtiene reporte del tiempo de viaje, posición y concentración del contaminante. No es certero al predecir en mejor forma que los métodos de índices y superposición los episodios de contaminación, ya que la salida de los modelos depende de la calidad y cantidad de información que se llega a obtener.

Modelos Estadísticos:
En el caso de los modelos estadísticos se necesita información sobre la concentración del contaminante en el acuífero, es decir, el agua subterránea tiene que estar contaminada, lo que es no deseable, ya que se busca proteger las fuentes de aguas subterráneas antes que se contaminen. La finalidad de estos métodos es de monitorear áreas contaminadas, y poder predecir las concentraciones futuras de contaminante en la zona y en sus alrededores.

El estudio de Vulnerabilidad acuífera es denominado como la probabilidad que el agua subterránea llegue a contaminarse con alguna sustancia por arriba de la normativa para el agua de consumo humano o de los valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud. Por medio del Método SINTACS se determinó los niveles de vulnerabilidad acuífera para el agua subterránea en la cuenca del rio Duero, en el cual se determinó que el nivel es bajo ya que se encuentra en el rango de 80 – 105 puntos, la cual cubre la mayor parte de la cuenca 50%[9] y que se asocia con un acuífero de vulnerabilidad media (105-140 puntos)[9] con el 25% del área.

La evaluación de vulnerabilidad del agua subterránea situado en el bajo cauca antioqueño donde se establecieron los métodos para poder realizar el análisis por medio de: DRASTIC, EKv, AVI, y DRASTIC-P, de la cual se ajustaba más era el Método DRASTIC-P, para realización del estudio en donde el agua subterránea es la única fuente de abastecimiento para el consumo humano y se utiliza para abastecer al 60% de la demanda de agua por parte de los 90.000 habitantes de la zona urbana de Caucasia.[10]

La contaminación de acuíferos se sufre en todas partes del mundo y es ahí cuando se debe cuidar el medio de donde se obtiene el recurso hídrico, en España la contaminación de acuíferos por medio de líquidos orgánicos que no pueden ser mezclados con el agua sigue siendo un problema pendiente para ellos. Por lo general se ha prestado atención a la existencia de fluidos de menor densidad que el agua y con el fin de tratar de remediar se ha realizado un análisis de metodologías para la caracterización y remediación de acuíferos contaminados por líquidos en fase no acuosa.[11]

Por su parte en Buenos Aires Argentina se realizó un estudio del ion nitrato el cual es una especie química que se ha vuelto más frecuente en sus aguas superficiales y subterráneas. Aquí se refiere que si no se toman medidas para limitar la magnitud y velocidad del aporte de nitratos a la masa acuosa del planeta los problemas se incrementaran con el pasar de los años.
Para evitar los efectos adversos del nitrato sobre la salud humana, la concentración del mismo ha sido limitada en aguas de bebida a 45 mgNO3/L en Estados Unidos, 55 mgNO3/L en Europa y 45 mgNo3/L en Argentina.[12]
En su estudio se llevó acabo la comparación de dos métodos de determinación de ion nitrato en muestras de aguas: el Método Espectrofotométrico Ultravioleta Selectivo y el Método de la Reducción con Hidracina.

Los riesgos de lixiviación de nitratos en las principales zonas hortícolas de la comunidad Valenciana se la evaluaron mediante el modelo de simulación N-LEAP (Nitrate Leaching and Economic Analysis Package) donde se obtuvo resultados que la zona con mayor lixiviación de nitrato por unidad de superficie fue la de L´Horta - Turia, con una lixiviación de unos 390 kg N/ha/año[13], los cultivos que contribuían a esta lixiviación eran la alcachofa, la patata y la cebolla.

Existen procesos y tecnologías emergentes de remediación de aguas subterráneas contaminadas con disolventes clorados, para tratar de resolver los volúmenes de desechos en la superficie se reducen mediante transformaciones abióticas y bióticas. Por su parte se considera la bioremediación in situ, aerobia, anaerobia o combinadas y las transformaciones redox in situ: pasivas (barreras reactivas permeables), y activas (permanganato, reactivo de Fenton, ozono).[14] Los métodos abióticos/bióticos de transformación destruyen los contaminantes in situ.
Otra forma de sanear los acuíferos contaminados pero en esta ocasión por motivos de disolventes halógenos, el sistema para realizar el saneamiento se basa en una línea de piezómetros ubicada en el eje del penacho de PCE conocido, la cual está formada por tres pozos, que están equipados con bombas sumergibles y que constituyen en un sistema de automatizado de extracción, tratamiento y reinyección del agua subterránea, se pudo comprobar que la contaminación en el agua subterránea se redujo entre 10% - 30% de los valores iniciales después de dos años de bombeo y tratamiento.[15]

Para realizar evaluaciones de agua subterránea mediante balances hídricos en donde se los evalúa por medio de métodos directos o métodos indirectos que generalmente son mucho menos costosas y más viables. La forma indirecta consiste en el planteamiento de balances hídricos en una porción o en la totalidad del acuífero.[16] También se puede evaluar aguas subterráneas no necesariamente para que sea del consumo humano sino para el uso de riego y en Argentina se realizó un estudio de evaluación de aguas

subterráneas para riego en La Estancia, San Bernardo, Departamento Capital, provincia de San Luis, Argentina. En el cual se realizó 154 sondeos eléctricos verticales, 7 perforaciones de exploración, y 28 perforaciones de explotación, con ensayos por bombeo en cada una de estas últimas.[17]

Para poder también conservar la producción de los acuíferos se ha detallado un estudio para la gestión de las aguas subterráneas donde se analiza el incremento de la explotación de las aguas subterráneas, los problemas ambientales y económicos relacionados con el uso intensivo de las aguas subterráneas.
Para España el agua subterránea es aplicada para regar el 30% de la superficie total de riego (unos 3,5 millones de ha) es solo el 20% de toda el agua usada para riegos.[18]

Con lo que refiere a monitoreo de aguas subterráneas es entendido como un programa diseñado científicamente de continua supervisión que incluye observaciones, mediciones, análisis, muestreos. Donde se requiere cumplir los siguientes objetivos: colectar, procesar y analizar los datos sobre la cantidad y calidad de las aguas subterráneas como línea base para reconocer el estado y las tendencias del nivel de pronóstico debido a procesos naturales.[19]

La Agencia de Protección al Ambiente (EPA) reconoce que entre los contaminantes que afectan a los acuíferos son las bacterias coliformes, pesticidas, metales pesados y otros. La actividad agrícola representa el factor contaminante más importante debido a la cantidad de plaguicidas empleados.[20]

1.1.2 Meso.- En el Ecuador existen áreas donde el recurso hídrico subterráneo es la única fuente de aprovechamiento para satisfacer las necesidades vitales de una población rural.

En nuestro país así como en el mundo la humanidad ha utilizado las aguas subterráneas para poder abastecerse y desarrollarse. La ciudadanía se ha concentrado en donde los recursos hídricos son de fácil acceso y las vertientes son las fuentes más utilizadas.

Se conoce que los Incas realizaron grandes obras de ingeniería para poder captar este recurso hídrico; los pozos excavados, que generalmente no eran de mayor profundidad, fueron los proveedores más apropiados para satisfacer las necesidades de los grupos familiares.

Como dicen Napoleón Burbano, Simón Becerra y Efrén Pasquel[24] la Constitución actual del Ecuador reconoce el derecho de todos los ciudadanos al agua para consumo humano, derecho que necesita ser garantizado mediante la adopción de medidas, que preserven las fuentes y reservas de agua.

“En algunas ciudades del Ecuador como son: Tulcán, Ibarra, Ambato, Riobamba, Guaranda, Latacunga, Quito, Arenillas, Machala, Huaquillas, Milagro, entre otras, se hicieron captaciones de vertientes y perforación de pozos para cumplir las demandas de agua potable de la población.”[24]

“El Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS) perforó en el país más de 500 pozos para suministrar agua en diferentes poblaciones. El desaparecido INERHI, con fines de

riego, realizó investigaciones y perforaciones en las cuencas del Guayas, Jubones, Cutuchi y en Manabí."[24]

"En los años 2004 y 2005, considerados años secos, se perforaron centenares de pozos en la costa ecuatoriana, principalmente en las provincias de Manabí, Guayas y Los Ríos; proyecto que estuvo a cargo del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGAP)."[24]

"En un inventario realizado por el Proyecto Acuífero de Quito, en 1985, se determinó la existencia de 178 puntos de agua, de los cuales 120 son pozos perforados, 49 vertientes y 9 pozos excavados; el 50% es empleado en suministro de agua potable, el 30%, en uso industrial y el 20%, en usos varios."[21]

La Costa se presenta como una región con características muy peculiares, constituye una unidad hidrogeológica de peculiares características, donde se perforaron la mayor cantidad de pozos a nivel nacional. "Éstos alcanzan profundidades que generalmente superan los 100 metros, con caudales que varían entre 12 y más de 100 litros/segundo (l/s), utilizados con fines agrícolas y de abastecimiento."[22]

"El INAMHI tiene identificado unos 3.590 pozos, de los cuales solo el 26% cuenta con estudios y tiene información técnica, mientras que el 74% restante no se conoce ninguna información que nos proporcione datos certeros sobre la cantidad y calidad del agua."[23] El mayor número de pozos se sitúa en la costa, y es allí, donde se explotan en su gran mayoría. En los valles de la sierra ecuatoriana, los acuíferos son pequeños y poco explotados, mientras que en la costa, especialmente en la cuenca del Guayas, tienen una potencialidad mayor.

"Por lo general los acuíferos poseen agua dulce y abundante, que es utilizada en su mayoría para consumo doméstico. El rendimiento de los acuíferos oscila entre 60 a 4.500 litros/minuto, llegando en la cuenca del Guayas a explotar hasta los 7.200 litros/minuto." [23]

Según el INAMHI cuenta con una estadística de aproximadamente 5000 puntos de agua, pozos excavados, perforados y vertientes inventariados a nivel nacional, sin tomar en cuenta el gran número de pozos abiertos por entidades gubernamentales y particulares que no han sido codificados.

"Ecuador cuenta con un territorio privilegiado ya que posee abundantes fuentes de agua. Se estima que en la época invernal se dispone de aproximadamente 430.000 Hm3 de agua, disminuyéndose en la época de verano a más o menos 150 Hm3." [24]

En la vertiente del Pacífico, en donde se asienta el 80% de la población total, se dispone tan solo del 14% del agua; [24] además, en esta región que sufre un aumento progresivo en el desarrollo económico la demanda del líquido vital también aumenta.

"El consumo anual de agua en el Ecuador se estima en 9.700 Hm3; en el riego se utiliza el 82% aproximadamente, en uso doméstico el 12,5% y en el sector industrial el 5,5%."[24]

La deforestación de los bosques produce el incremento de las tierras áridas y en consecuencia provocan erosión del suelo en las épocas de lluvia, se producen avalanchas de lodo y material pétreo, que altera a los acuíferos.

Según el informe de la Secretaria Nacional del Agua a pesar que el Ecuador dispone una gran cantidad de recurso hídrico, un porcentaje significativo de habitantes tiene limitaciones para acceder al agua potable y en muchos casos, no cuentan con este elemental servicio. También, en zonas agrícolas donde se encuentran grupos de escasos recursos, se ven amenazados a problemas de abastecimiento de agua para el consumo doméstico, como para riego.

1.1.3 Micro.- La ciudad de Machala también se vio en la necesidad de utilizar pozos para sustraer agua para abastecer a la población y cumplir con la gran demanda que necesita la ciudad.

La capacidad instalada para la explotación de aguas subterránea a través de pozos profundos es de 800 l/s, para lo cual se ha instalado una planta de potabilización de 800 l/s (51,840 m3/d).

Es importante destacar algunos aspectos con respecto a la explotación de aguas subterránea:
a. No se tiene un estudio sobre el acuífero de la ciudad de Machala que permita predecir las condiciones de explotación que se encuentra el mismo, así como también la calidad del mismo;
b. Existen pozos que se encuentran fuera de servicio, los cuales deberán ser rehabilitados, o en su defecto remplazados por nuevos pozos, esto debido a que cuya producción forma parte forman parte de los 800 l/s considerada dentro de la planificación del suministro de agua de la ciudad de Machala; y
c. En total existen 15 pozos, los mismos se encuentran agrupados en dos: i) 8 pozos correspondientes al sistema de Triple Oro –ahora llamada Aguas y Servicios de El Oro-; y ii) 7 correspondientes a la Municipalidad;

En el Cuadro No. 1 se resumen la producción total de los pozos correspondientes a la Municipalidad y a Aguas y Servicios de El Oro.

Cuadro No. 1

Sistema	Producción (l/s)
Pozos de Aguas y Servicios de El Oro[1]	400
Municipalidad	400
Total	**800**

[1] *No está incluida la producción del pozo Norte, el cual está asignado a un sector aislado de la ciudad de Machala*

Fuente: Revisión, Análisis y verificación del Plan Maestro de Agua Potable de la ciudad de Machala elaborado en el año 2016

En el Cuadro No. 2 se resumen la producción total disponible que se ha considerado para la planificación del sistema de suministro de agua de la ciudad de Machala.

Cuadro No. 2

Sistema	Producción (l/s)
R. Casacay	400
Pozos de Aguas y Servicios de El Oro	400
Municipalidad	400
Total	**1,200**

Fuente: Revisión, Análisis y verificación del Plan Maestro de Agua Potable de la ciudad de Machala elaborado en el año 2016

Tal como se observa en el cuadro adjunto, se tiene una producción que alcanzaría los 1,200 l/s (103,680 m3/d), de los cuales 400 l/s corresponden a la fuente superficial R. Casacay; y los 800 l/s restantes a la explotación de aguas subterráneas mediante pozos profundos.

Es de precisar que es necesario mantener el suministro de agua hacia los sectores de El Guabo y Pasaje en la cantidad según el acuerdo del convenio de Diciembre de 1994, con la finalidad de poder garantizar el suministro de agua superficial a la ciudad de Machala de 400 l/s provenientes del R. Casacay, caso contrario, el mismo se verá notoriamente afectado.[25]

Toda la producción de los pozos deberá ser tratada en la P.P. El Cambio, excepto el pozo Norte que por estar aislado en un sector de la ciudad de Machala, trabajará directamente a la red de distribución siempre y cuando la calidad del agua lo permita.

1.2 Objetivo General

Mostrar resultados sobre la producción y la calidad del agua de los pozos profundos que abastecen a la ciudad de Machala.

1.3 Objetivos Específicos

- Evaluar la producción actual de los pozos profundos que abastecen al sistema de agua potable de la ciudad de Machala.
- Evaluar la calidad del agua de los pozos profundos que se producen en la Planta Potabilizadora El Cambio.
- Analizar si la producción actual de los pozos profundos abastecen a toda la ciudadanía de Machala.

1.4 Justificación

Ya que la ciudad se ha visto en la necesidad de aprovechar y extraer el agua subterránea para el uso de sus redes de distribución potable es necesario realizar una Evaluación de la producción y calidad del agua de los pozos profundos que abastecen a la ciudad de Machala ya que al realizar esta investigación se podrá determinar si la producción es la mejor, o si la producción está disminuyendo por la sobre explotación de las fuentes subterráneas y si es el caso manejar alternativas con el fin de ayudar para que la fuente no desaparezca.

También con la evaluación se llevara un análisis de la calidad del agua que se extrae es la idónea para el consumo humano y en caso de no ser así se daría alternativas para mejorar la calidad que se distribuye y tiene acceso la población de la ciudad de Machala.

En la Constitución Nacional del Ecuador nos manifiesta que el Estado garantizara lo siguiente en el Capítulo 2 De los Derechos Civiles: El derecho a disponer de bienes y servicios, públicos y privados, de óptima calidad; a elegirlos con libertad, así como a recibir información adecuada y veraz sobre su contenido y características.[26]

También en el Plan Nacional del Buen Vivir como su Objetivo 3 Mejorar la calidad de vida de la población indica que: Entre los derechos para mejorar la calidad de vida se incluyen el acceso al agua y a la alimentación (art. 12), a vivir en un ambiente sano (art. 14), a un hábitat seguro y saludable, a una vivienda digna con independencia de la situación social y económica (art. 30), al ejercicio del derecho a la ciudad (art. 31) y a la salud (art. 32)[27]

Al realizar la investigación se determinara el nivel de producción y calidad de la cual se abastece la ciudad de Machala, también se ayudara para recomendar estrategias de conservación de los acuíferos para que no se produzca una súper explotación y así no desaparezca la fuente acuífera ya que es muy necesaria para la ciudad ya que cumple con dos tercios de la producción total de agua vital para la población de la ciudad.

CAPITULO 2

2.1 ESTUDIOS DE INGENIERIA PARA LA DEFINICION DE ALTERNATIVAS TECNICAS DE SOLUCION Y SUS ESCENARIOS.

En el mundo hay varios métodos para las evaluaciones para los pozos de aguas subterráneas donde a continuación se detallan algunos casos:

Caso No. 1.- Estrategias y Métodos de Monitoreo de Aguas Subterráneas

Chile que es un país privilegiado en cuanto a la disponibilidad de recursos hídricos. Sin embargo entre sus regiones se conocen contrastes en disponibilidad y distribución, debido a la diversidad del clima y su geografía.

En el norte del país cuentan con menos de 500 m^3 /habitante/año, en la zona sur el agua es muy, superando los 160.000 m^3/habitante/año. [28] Se reflejan los problemas de uso y acceso al agua en las diferentes regiones del país.

El Monitoreo de aguas subterráneas se interpreta como un programa de supervisión continua donde consta de observaciones, mediciones, muestreos y análisis estandarizados, con metodologías y técnicas de variables físicas, químicas y/o biológicas seleccionadas con los siguientes objetivos:

"1.- Colectar, procesar y analizar los datos sobre la cantidad y calidad de las aguas subterráneas como línea base para reconocer el estado y las tendencias a nivel de pronóstico debido a procesos naturales."[28]

"2.- Proveer información para el mejoramiento en la planeación y diseño de políticas para la proteger y conservar las aguas subterráneas."[28]

En el método de monitoreo de las aguas subterráneas se procede en pozos construidos o adecuados para esa finalidad, los cuales que deben cumplir condiciones técnicas específicas, se presentan dos tipos de pozos de monitoreo como lo son los pozos convencionales y los pozos de no convencionales.

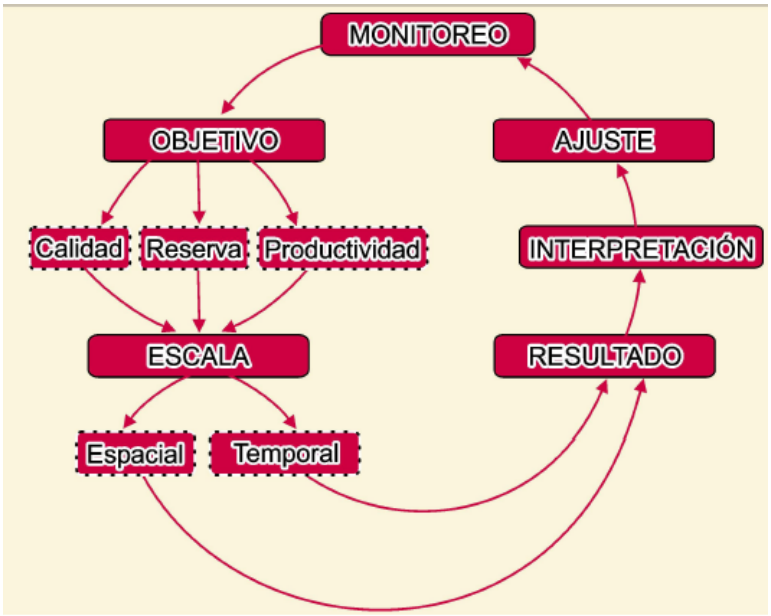
Caso No. 2.- Métodos y Técnicas para el monitoreo de acuíferos.

En la ciudad de La Plata de la República de Argentina se realizó un estudio en el cual para un adecuado sistema de prevención hidrogeológica el primer paso es la instalación de una red para el monitoreo de niveles, caudales y calidad del agua subterránea.

"Esto implica seguimiento y por lo tanto, se refiere a mediciones y muestreos reiterados y periódicos."[29]

De acuerdo al Dr. Géol. Miguel Auge quien es el autor, resumió de la siguiente forma el ciclo del monitoreo de las aguas subterráneas como se presenta en la Fig. 1

Fig. 1 Ciclo del Monitoreo



Al monitorear el propósito es de crear las características y conocer cómo se comporta hidrológicamente, también reconocer sus posibles variaciones, los acuíferos monitoreados son propiedades como la calidad, la reserva y la producción.

Caso No. 3.- Plan de Monitoreo de la calidad del agua y niveles del agua subterránea en el acuífero aluvial de playa Panamá.

En el presente plan de monitoreo de la calidad de las aguas superficiales, subterráneas y de las variaciones del nivel estático en el acuífero aluvial de Playa Panamá localizado en la provincia de Guanacaste, de la República de Costa Rica.[30]

El objetivo de realizar el monitoreo en primer lugar es para confirmar las condiciones naturales o de línea base.

La metodología del plan para el monitoreo de la calidad del agua y niveles del agua subterránea en el acuífero aluvial de playa Panamá consta de los siguientes parámetros a realizar:

- Calidad de las aguas subterráneas
- Niveles de agua subterránea
- Normas del control de la calidad del muestreo y análisis

Caso No. 4.- Requerimientos de monitoreo del Agua Subterránea para manejar la respuesta de los acuíferos y las amenazas a la calidad del agua.

¿Cuáles son los objetivos, beneficios y retos del monitoreo del agua subterránea?

Las aguas subterráneas es un recurso muy grande, hay unos que están ocultos y hay otros que son difíciles de acceder, sufre de cambios en su cantidad y calidad pero estos

procesos son muy lentos que se producen por debajo de la tierra en grandes dimensiones. Para poder lograr una eficaz proceso de aguas subterráneas es básico obtener respuesta de un acuífero y de sus tendencias de calidad y controlar los impactos que puede ocasionar la extracción del agua subterránea y de sus cargas contaminantes.

Para poder evaluar características importantes sobre las aguas subterráneas y mencionar posibles soluciones se necesitan datos hidrogeológicos, como informaciones básicas inicial y datos variantes en el tiempo (Tabla 2). La obtención de los datos se menciona como “variaciones en el tiempo” es lo que se utiliza como el “monitoreo del agua subterránea”. Dicho monitoreo comprende la recolección, análisis y almacenamiento de un número determinado de datos en forma regular, circunstancias y objetivos específicos.[31]

Tabla 2 Tipos de datos que se requieren en la gestión del agua subterránea.

TIPO DE DATOS	INFORMACIÓN BÁSICA INICIAL (de archivos)	DATOS VARIANTES EN EL TIEMPO (de estaciones de campo)
Ocurrencia del Agua Subterránea y Propiedades del Acuífero	• registros de pozos de producción (perfiles hidrogeológicos, niveles y calidad instantáneos del agua subterránea) • pruebas de bombeo en pozos y acuífero	• monitoreo del nivel del agua subterránea • monitoreo de la calidad del agua
Uso del Agua Subterránea	• instalaciones de bombeo de pozos de producción • inventarios de los usos del agua • registros y pronósticos de población • consumo de energía para riego	• monitoreo de la extracción de pozos de producción (directo o indirecto) • variaciones del nivel del agua subterránea en los pozos
Información de Apoyo	• datos climáticos • inventarios de uso del suelo • mapas y secciones geológicos	• medición del flujo en los ríos • observaciones meteorológicas • levantamientos con satélite del uso del suelo

Fuente: Gestión Sustentable del Agua Subterránea Conceptos y Herramientas. Banco Mundial programa asociado de la GWP

Caso No. 5 .- Monitoreo de Pozos

El quinto metodo se maneja con muchas variables para monitorear los pozos de aguas subterraneas como los son:
1.- Ciclos y Objetivos del Monitoreo de Pozos de Agua
2.- Elementos inestables de un pozo
3.- Hoja de vida
4.- Observaciones Directas
5.- Corrosion y Colapso
6.- Videos
7.- Sonda Caliper

2.2.- PRE-FACTIBILIDAD

A continuacion se realiza un analisis de los casos de evaluación para la produccion y calidad de las aguas subterraneas:
En el primer caso Estrategias y metodos de monitoreo de aguas subterraneas consta de evaluar por medio de pozos de monitoreo donde existen dos clases: los pozos convencionales y los pozos no convencionales.

Por parte de los pozos convencionales consta de tres tipos de piezometricos sencillos, dobles y multiples. Los dobles y multiples se utilizan para medir dos o mas niveles del acuifero, respectivamente.

Por otra parte los pozos no convencionales son aquellos construidos son otros fines y que se adecuan para monitoreo. Se debe asegurar que capte agua de un unico acuifero, ademas de cumplir con las disposiciones sanitarias adecuadas (cercamiento, tapa de seguridad y sello sanitario).

Los principales metodos de porspeccion geofisica superficial para que se puedan aplicar es necesario que se presenten dos condiciones importantes:
1.- Que exsistan contrastes significativos, fallas que se pueden detectar y medir.
2.- Que estos contrastes se puedan correlacionar con la geologia del subsuelo.

En el **segundo metodo y tecnica para el monitoreo de acuiferos consiste en monitorear los acuiferos por medio de la evaluacion** de tres propiedades como son la calidad, la reserva y la productividad.

Con lo que respecta la calidad comprende tanto la composicion quimica como biologica, el muestreo da a conocer la calidad del acuifero.
Para el analisis de productividad las variaciones pueden deberse a modificaciones en la reserva de los acuiferos o a cambios en el rendimiento de los pozos. El rendimiento de una perforacion se expresa mediante la relacion caudal/depresion (Q/s) y en ella intervienen los parametros hidraulicos del acuifero, es fundamental la transmisividad, pero tambien el estado del pozo en relacion a su funcionamiento.

En el tercer metodo que es plan de monitoreo de la calidad del agua y niveles del agua subterranea en el acuifero aluvial de playa Panama el presente es un plan de la calidad de las aguas superficiales y subterraneas y las variaciones del nivel estatico en el acuifero de la provincia de Guanacaste de la Republica de Costa Rica.

La recoleccion de muestras de agua subterranea se realiza a partir de los pozos del bombeo de los pozos de monitoreo para la evaluacion de la calidad del agua subterranea.
Para medir las profundidades a los niveles de agua subterranea se lo realiza con el empleo de un indicador electrico o sonda, el cual toma como referencia un punto claro y con pocas probabilidades de variar como el cabezal del pozo, y empleando una precision de un centimetro.
Los parametros a medirse son de campo y parametros de laboratorio:
Los parametros de campo son:
- Conductividad electrica especifica
- ph
- Temperatura

Los parametros a medirse en el laboratorio son:

- Ph
- Turbidez
- Color
- Conductividad electrica
- Solidos totales
- Solidos disueltos
- Solidos suspendidos
- Alcalinidad total
- Dureza total
- Dureza de carbonatos
- Dureza de no carbonatos
- Calcio
- Magnesio
- Cloruros
- Sulfatos
- Silice
- Amonio
- Hierro total
- Fosforo
- Cianuro
- Plomo
- Mercurio
- Bromuros
- Sodio
- Fluoruros
- Nitratos

Los frecuencia del muestreo para las aguas subterraneas es la siguiente:
Parametros de campo: bimensual
Parametros de laboratorio: semestral
Nivel estatico: mensual

La medicion de niveles de agua subterranea se debera hacer mensualmente, midiendo el nivel estatico en cada uno de los pozos y piezometros de acuerdo con los alineamientos, la medicion de aforos diferenciales se propone realizar aforos diferenciales en la epoca que permita realizar un analisis mensual por lo menos durante un año. Con la finalidad de controlar el comportamiento y eficiencia de los pozos, se debera una campaña de aforos traves de pruebas de bombeo y se deberia realizar una limpieza y mantenimiento de los equipops y pozos por lo menos cada tres años.

En el cuarto método de requerimientos de monitoreo del Agua Subterránea para manejar la respuesta de los acuíferos y las amenazas a la calidad del agua.

Consiste en recolectar datos hidrogeológicos para poder evaluar los aspectos importantes del agua subterránea y poder implementar soluciones de gestión, se trabaja con dos aspectos como son la “condición básica inicial” y las “variaciones en el tiempo”. La recolección de los datos que registran las variaciones en el tiempo se las considera como el monitoreo del agua subterránea. El monitoreo consiste en recolectar, analizar y almacenar de un número determinado de datos en forma regular, conforme a circunstancias y objetivos específicos.

Describiré los dos tipos básicos de pozos que son esenciales para los proyectos de investigación y monitorear las aguas subterráneas. Los pozos son perforaciones claves para observar los acuíferos y sirven para efectuar mediciones de presión y calidad del agua subterránea.

Pozos de producción.- nos sirve para obtener datos in situ los cuales serán muy difíciles de volver a obtener a cerca de los recursos de agua subterránea para medir la variación

con respecto a su profundidad. Aquellos datos adquiridos durante la perforación y la prueba inicial de bombeo forman parte de la información inicial básica como referencia sobre la cantidad y calidad del agua subterránea, los datos obtenidos son valiosos para determinar el potencial de extracción del pozo.

Pozos de observacion.- formados por estaciones dedicadas exclusivamente al monitoreo, se ubican y diseñan para detectar cambios potenciales del flujo y de la calidad del agua subterranea. Entre sus parametros de diseño incluyen: la profundidad de la rejilla de entrada, la frecuencia de las mediciones y los parametros de calidad seleccionados.

Una red de monitoreo esta formada normalmente por un conjunto de pozos de observacion acoplado con una selección de pozos de extraccion. La red se diseña en un formato donde se obtenga acceso a los datos necesiarios del recurso de agua subterránea. Los sistemas y redes de monitoreo se forman en tres grupos principales, que no son mutuamente excluyentes (Tabla 3):

- Los sitemas primarios sirven para detectar cambios generales en el flujo del agua subterranea y sus tendencias de calidad, con objeto de aportar el conocimiento cientifico necesario para entender el recurso de agua subterranea.[31]
- Los Sistemas Secundarios y Terciarios son para evaluar y controlar el impacto de riesgos especificos del agua subterranea.[31]

Tabla 3.- Clasificacion de los sistemas de monitoreo de agua subterranea según su funcion.

SISTEMA	FUNCIÓN BÁSICA	UBICACIÓN DE LOS POZOS
Primario (Monitoreo de Referencia)	evaluación del comportamiento general del agua subterránea: • las tendencias resultantes de cambios en el uso del suelo y la variación climática • los procesos tales como recarga, flujo y contaminación difusa	• en zonas con hidrogeología y uso del suelo uniformes
Secundario (Monitoreo de Protección)	protección contra impactos potenciales en: • un recurso de agua subterránea que sea estratégico • los campos de pozos o manantiales para abastecimiento público de agua • la infraestructura urbana por el asentamiento del suelo • el afloramiento del manto freático en sitios arqueológicos • los ecosistemas que dependen del agua subterránea	• alrededor de las zonas, instalaciones o sitios peculiares que requieran protección
Terciario (Contención de la Contaminación)	alerta oportuna del impacto en el agua subterránea por: • el uso agrícola intensivo del suelo • las industrias • los rellenos sanitarios y depósitos no controlados de basura • las zonas de recuperación de suelos • las minas y canteras	• inmediatamente gradiente arriba o gradiente abajo de de la situación que represente el peligro

Fuente: Gestión Sustentable del Agua Subterránea Conceptos y Herramientas. Banco Mundial programa asociado de la GWP

Para un monitoreo de agua subterránea hay dos carcteristicas seguras como lo son:

- Tener un objetivo específico, para no utilizar los recursos humanos y económicos en vano.
- Almacenar datos y utilizarlos rapidamente para que no se pierdan en un futuro.

Se considera que realizar un monitoreo de agua subterránea es costoso. Los factores principales de costos icluyen de inversion que es la instalacion de la red, el costo de muestreo que corresponde al personal, instrumentos, logistica y con respecto a los costos de analisis como son laboratorios, procesamiento y almacenamiento de datos. Los beneficios no se ven a corto tiempo pero a la larga el beneficio puede ser mayor siempre y cuando el monitoreo forma parte de un sistema integral para evitar que:
"(a) se pierden fuentes valiosas de agua subterranea, (b) tengan que introducirse tratamientos costosos o (c) se requiere de un proceso costoso de remediacion del acuifero."[31]

"Las ventajas del monitoreo son mas faciles de apreciar si durante la fase del diseño se incluye un analisis de costo/beneficio."[31]

Según Albert Tuinhoft et al[31] se puede aumentar la eficiencia de un monitoreo de agua subterránea si además de los diseño de la red, la implementacion del sistema y la interpretacion de los datos (Tabla 4), también:

- Se emplean los datos obtenidos en actividades anteriores del monitoreo de la mejor manera posible.
- Se escojen los sitios de monitoreo para que sea de un fácil acceso."[31]
- Se aprovechan parámetros indicadores con el objeto de reducir los costos de los análisis.
- Se promueve que los usuarios realicen un auto-monitoreo complementario.
- Se incorporan procedimientos de control y aseguramiento de calidad.

Tabla 4 Reglas basicas para lograr programas de monitoreo del agua subterranea exitosos.

DISEÑO DE LA RED	• el programa debe adaptarse a objetivos previamente definidos • debe entenderse con antelación el sistema del flujo de agua subterránea • los sitios de muestreo y los parámetros por monitorear son seleccionados de acuerdo con los objetivos
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	• deben utilizarse pozos de observación y extracción apropiadamente construidos • el equipo de campo y las instalaciones de laboratorio debe ser apropiadas a los objetivos • debe establecerse un protocolo completo de operación así como un sistema de manejo de datos • debe integrarse el monitoreo del agua subterránea y el del agua superficial cuando proceda
INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	• debe verificarse regularmente la calidad de los datos mediante controles internos y externos • a los tomadores de decisiones deben proporcionárseles conjuntos de datos ya interpretados y que sean relevantes para la gestión • el programa debe ser evaluado y revisado periódicamente

Fuente: Gestión Sustentable del Agua Subterránea Conceptos y Herramientas. Banco Mundial programa asociado de la GWP

En el quinto metodo se analiza el Monitoreo de Pozos
Contenido:
1.- Ciclos y Objetivos del Monitoreo de Pozos de Agua
1.1.- Periodico:
1.1.1.- Caudal
1.1.2.- Niveles de Agua
1.1.3.- Calidad del Agua
1.2.- Detallado Anual o Bianual
1.2.1.- Prueba de bombeo
1.2.2.- Video
1.2.3.- Perfil Caliper
1.2.4.- Chequeo de la Bomba sumergible
1.2.5.- Chequeo interno del pozo con herramientas rigidas
1.2.6.- Calidad del Agua

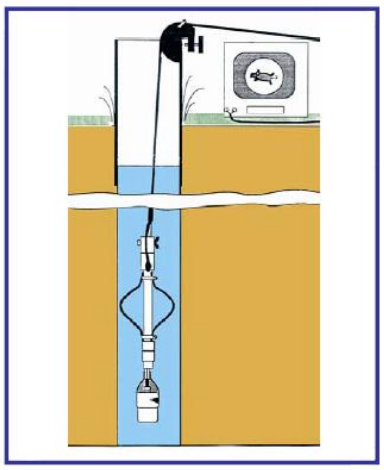
2.- Elementos inestables de un pozo
Fragilidad de un pozo y riesgos de inestabilidad.
Flujo de agua hacia un pozo:

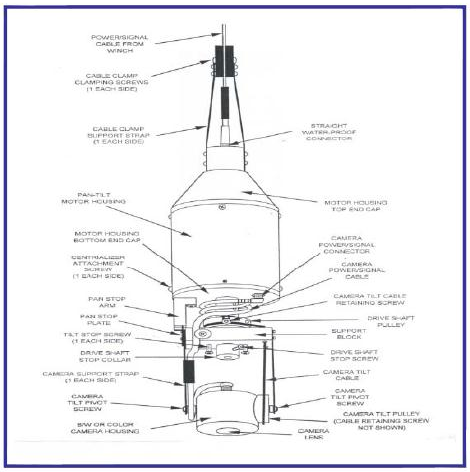
1. Acuifero (Estrato Poroso, Multigraulado = filtro 1)
2. Empaque de grava suelta (filtro 2)
3. Rejilla abierta (filtro 3)

3.- La hoja de vida de un pozo
Consiste en tomar las siguientes variables:

- Diseño
- Perfil Litologico
- Nivel Estatico
- Caudal
- Nivel Dinamico
- Abatimiento
- Capacidad Especifica
- Equipo de Bombeo
- Calidad del Agua

4.- Observaciones Directas
Detalles Externos del Pozo
4.1.1.- Problemas mecanicos externos
4.1.2.- Entrada de Contaminantes
Toma de Muestra de agua del pozo:
4.2.1.- Color
4.2.2.- Olor
4.2.3.- Sedimentos en suspension
Problemas Frecuentes:
4.3.1.- precipitaciones Quimicos (incrustaciones)
4.3.2.- Corrosion de tuberias metalicas
4.3.3.- Flujos de Arena abrasiva
5.- Corrosion y Colapso
Bacterias de Hierro.- las bacterias intervienen en el ciclo del nitrogeno y del carbono, los metabolismos del azufre, del fosforo y del hierro.
6.- Videos
Consiste que por medio de una camara introducirla por el interior del pozo para obtener observaciones verticales y horizontales en el medio acuoso.





Fuente: Monitoreo de Pozos, Aguassubterraneas.com

7.- Sonda Caliper

La sonda de brazos es para medir diametros internos y para identificar irregularidades.

Fuente: Monitoreo de Pozos, Aguassubterraneas.com

2.3.- FACTIBILIDAD

Para el estudio que es una evaluacion de la produccion de los pozos profundos de agua subterranea que abastecen a la ciudad de Machala el metodo que se ajusta para determinar su evaluacion no es ninguno de los antes mencionados en su totalidad para una excelente evaluacion de pozos profundos de agua subterranea, por el motivo de tiempo en unos casos y por otras razones como lo es que los instrumentos electronicos son muy costosos para poder realizar la evaluacion en su totalidad y completar todos pasos.

Por estos motivos se decidio que lo mas factible era de realizar un analisis de ciertos parametros para la evaluacion de pozos profundos en los cuales solo consta la produccion y calidad del agua subterranea de la cual se abastece la planta de tratamiento que es quien abastace a la ciudad de Machala con el liquido vital.

Los ciclos de monitoreo de pozos son datos recolectados periodicamente y otro que son datos detallados y se los realiza anaul o bianual.

Los datos recolectados que se realizan periodicamente son:
Caudal.- es la cantidad de fluido, medido en volumen y en unidad de tiempo.

La frecuencia del muestreo para las guas subterraneas es la siguiente:
Parametros de campo: bimensual
Parametros de laboratorio: semestral
Nivel estatico: mensual

Calidad del Agua.- son las caracteristicas quimicas, fisicas, biologicas del agua. Es una medida de la condicion del agua en relacion con los requisitos de una o mas especies bioticas o las necesidades para el consumo humano.

Las bases para la evaluacion de la calidad del agua de los pozos profundos se adapta a las Normas INEN 1108-2014 con esta norma establece los requisitos que debe cumplir el agua para que sea del consumo humano. Esta norma se aplica al aua potable de los sitemas de abastecimiento publico y privado a traves de redes de distribucion.

Los parametros a realizar un analisis periodicamente son: cloro residual tanto en la planta con en diferentes puntos de la ciudad que corresponde a las redes de distribucion, se analiza el pH, conductividad, temperatura turbiedad, solidos disueltos totales. Por parte de las caracteristicas quimicas a examinar estan los siguientes parametros como lo son: alcalinidad total, dureza total, dureza calcica, dureza magnesio, fluor, fosfatos, hierro, manganeso, nitritos, nitratos, sulfatos, cobre, cobalto, niquel. Por supuesto tambien se le realiza un analisis bactereologico como lo es coliformes fecales y cliformes totales.

2.4 MARCO TEORICO

2.4.1 Marco Teórico Referencial

2.4.1.1 Ubicación Planta El Cambio.

En la parroquia de El Cambio se encuentra la planta de tratamiento de agua subterranea que se obtine por medio de pozos profundos. Los procesos de tratamiento principales que se realizan en la planta son la aireacion, sedimentacion y filtracion.

La planta dispone de dos tanques circulares y una estacion de bombeo conformado por cinco equipos, cuyo objetivo es la de impulsar el agua almacenada en los tanques de agua potablizada hacia los sectores de la red de distribucion de la ciudad Machala.

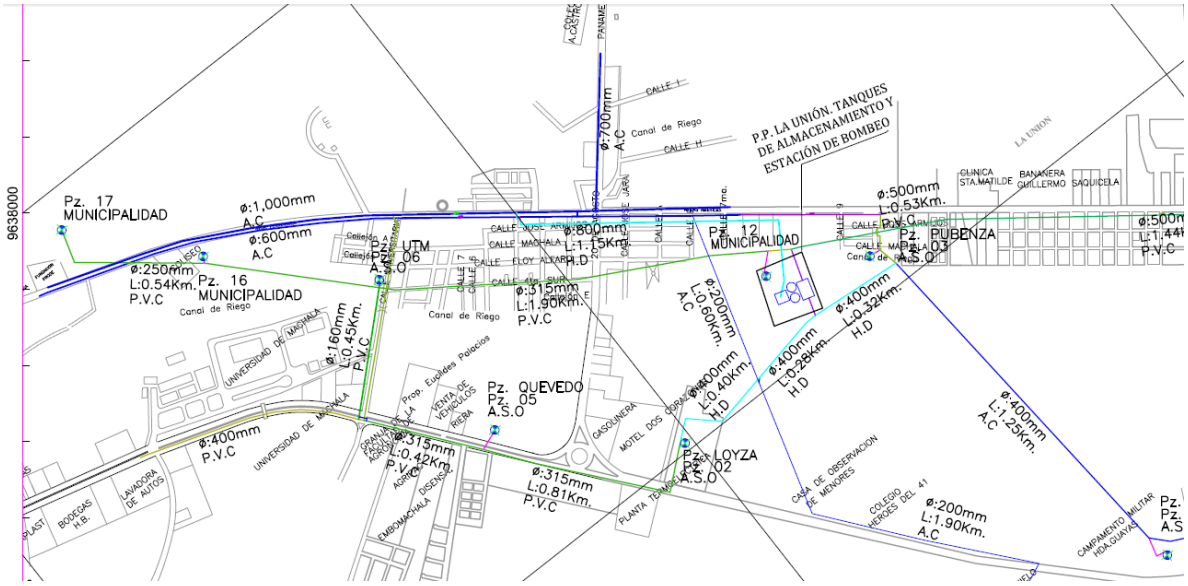
El sistema de la Planta Potabilizadora El Cambio cuenta son un Sistema de Control Operacional de punta, el cual permite operar y manipular los diferentes equipos y sistemas según los requerimientos y exigencias del sistema de distribucion y produccion. Este S.C.O permite conocer en tiempo real los valores de operación de los diferentes componentes del sistema, ya sean pozos, tanques, equipos de bombeo de la estacion, entre otros.

La georreferenciacion de la Planta de Tratamiento de Agua de Pozos de la ciudad de Machala se encuentra en las siguientes coordenadas:
Latitud: 3°17'29.52"S Longitud: 79°53'46.14"O

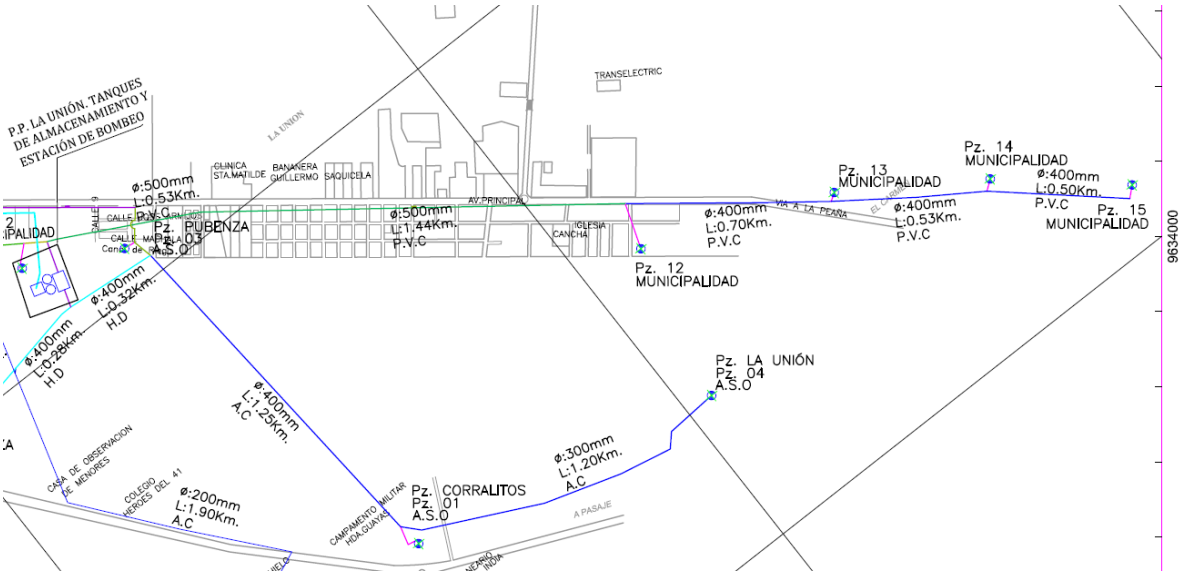
Fuente: Geogle Earth

En principio la red de pozos bajo la dependencia de Aguas y Servicios de El Oro operaban directamente a la red de distribución de la ciudad de Machala, no obstante con el Proyecto de los nuevos pozos de la Municipalidad y planta El Cambio, estos pozos tienen la flexibilidad de operar también hacia la nueva planta. En promedio, si todos los pozos están en operación, tendrían una capacidad de producción del orden de los 450 l/s (38,880 m3/d).[34]

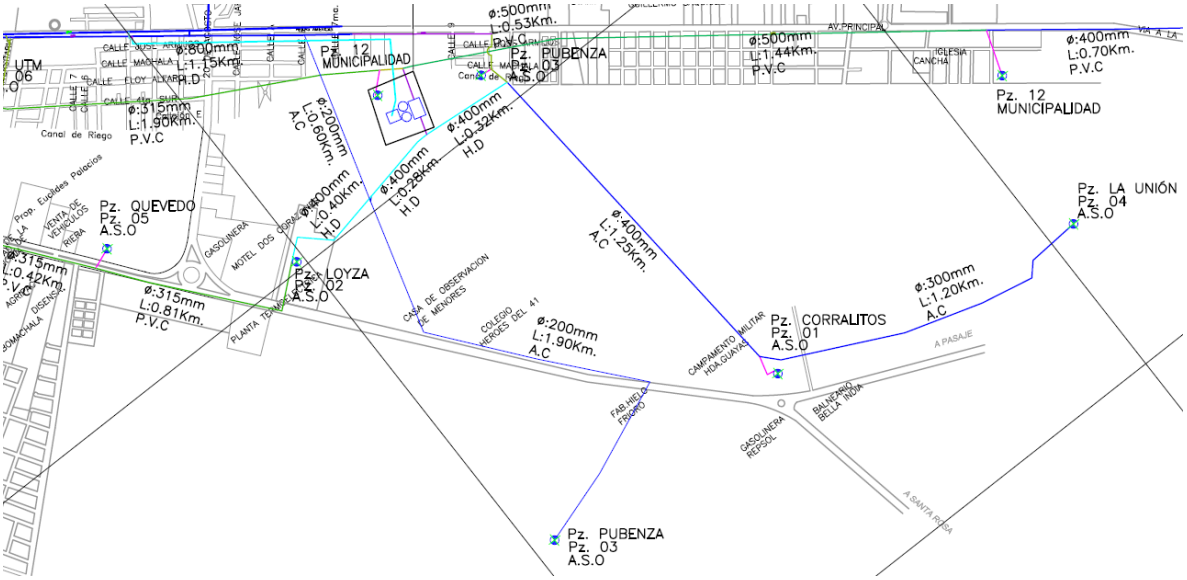
Esquema Hidraulico de la Ubicación General de los Pozos de aguas subterraneas.



- Pozo 17 Municipalidad
- Pozo 16 Municipalidad
- Pozo 06 UTM (A.S.O)
- Pozo 05 Quevedo (A.S.O)
- Pozo 11 Municipalidad
- Pozo 02 Loayza (A.S.O)
- Pozo 03 10 de agosto (A.S.O)



- Pozo 01 Corralitos (A.S.O)
- Pozo 04 La Union (A.S.O)
- Pozo 12Municipalidad
- Pozo 13 Municipalidad
- Pozo 14 Municipalidad
- Pozo 15 Municipalidad



- Pozo 03 Pubenza (A.S.O)

Grupo I: Sistema de suministro de aguas subterráneas conformado por cuatro pozos; Pubenza, 10 de Agosto, Corralitos y La Unión, los mismos que impulsan el agua subterránea mediante tuberías de impulsión entre 200 y 300 mm de diámetro. En principio estos pozos estaban conectados a un alimentador de asbesto cemento de 600 mm de diámetro que se conectaba directamente a la red de distribución, sin embargo en la actualidad cuya producción ingresa a la planta de potabilización el Cambio mediante una línea de impulsión de HD de 400 m.[34]

La produccion promedio diaria de los pozos durante los meses de junio hasta septiembre fue del orden de los 199 l/s (17,194 m^3)

Pozo N° 3 Pubenza

Pozo N° 10 Corralitos

Pozo N° 4 La Unión
Fuente: Evaluación Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Machala

Grupo II: Sistema conformado por tres pozos a saber; Loayza, Quevedo y UTM2, con una producción promedio diaria del orden 124 l/s (10,7143 m3). Cada una de los pozos se conecta a un colector principal de PVC con diámetro de 315 y 400 mm. A igual que para el caso del sistema del Grupo I, la producción de éstos pozos es impulsada a la Planta de Potabilización El Cambio, mediante una línea de impulsión de HD de 400 mm de diámetro. Al momento de la visita de campo –Mayo 2012- sólo estaba operando el pozo Loayza.

Pozo N° 2 Loayza

Pozo N° 5 Quevedo

Pozo N° 6 UTM actualmente está fuera de funcionamiento
Fuente: Evaluación Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Machala

Grupo III: Pozo Norte, pozo ubicado al norte de la ciudad de Machala, específicamente en el sector Jambelí 03; y abastece específicamente a un sector de la ciudad de Machala. Según datos proporcionados por EASO, la producción promedio de éste pozo a septiembre de 2012 era del orden de los 32 l/s (2,765 m3)[34]

Pozo N° 8 Norte

Fuente: Evaluación Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Machala

En la actualidad existen 7 pozos más (11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17) que están operando bajo el control de la Municipalidad de la ciudad de Machala, los cuales, se presume que en promedio produzcan alrededor de 400 l/s (34,560 m3/d), no obstante, según información recibida de EASO (Oct. 2012) la producción promedio de este campo de pozos es del orden de los 150 l/s (12,960 m3/d), es decir, 50 l/s c/pozo (Pozos operativos 12, 14 y 15).[34]

Fuente: Evaluación Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Machala

2.4.1.2 Poblacion Actual.

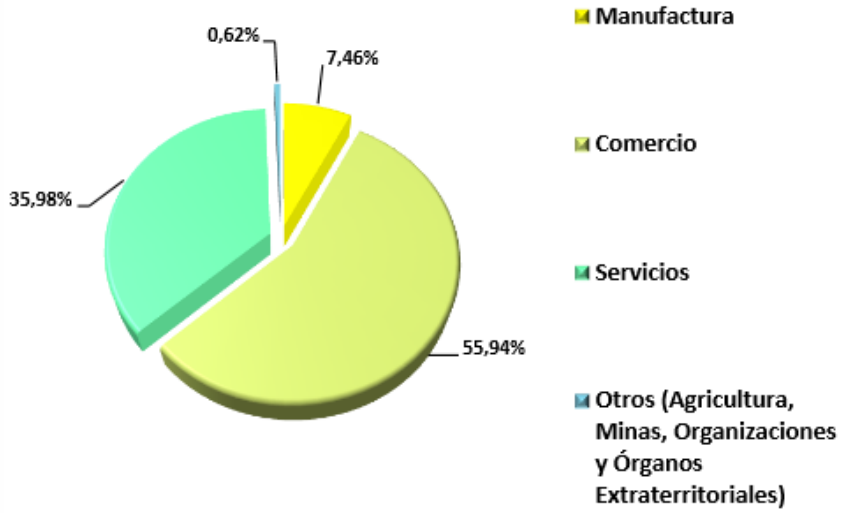
En el canton de Machala con el ultimo censo realizado en el 2010 presenta una poblacion total de 245 972 habitantes en las areas urbanas como en las areas rurales. En el area urbana la poblacion es de 231 260 habitantes, de los cuales 115 221 son hombres y 116 039 son mujeres; por su parte en el area rural la poblacion se de 14 712 habitantes, de los mismos 7803 son hombres y 6 909 son mujeres.

Haciendo una comparacion entre el censo del 2001 y el 2010 en el area rural existe un incremento porcentual de 10,43 % en el caso de los hombres y del 14,16 % con respecto a las mujeres, teniendo un promedio de 12,15% en incremento.

En respecto al area urbana se encuentra una variacion mayor en el caso de los hombres existe un 10,43 % de incremento y por las mujeres existe un aumento del 13,06 %; teniendo un promedio porcentual de 13,04 % de incremento poblacional entre el censo del 2001 y el censo del 2010.

2.4.1.3 Actividad Socio-Economica

En la figura 2 se muestra que en el canton de Machala existe un total de 10903 establecimientos comerciales las cuales satisfaqcen las necesidades a las areas vinculadas a la manofactura, comercio, servicios y otros. En donde el sector del comercio representa el 55,94 %, por otra parte los servicios 35,98 %, la manofactura protagoniza un 7,46 % y por ultimo con un pequeño porcentaje 0,62 % que significa lo que es agricultura, minas, organizaciones y organos extraterritoriales.[35]



Fuente: Memoria Tecnica, Canton Machala, Socioeconomico, Diciembre 2013

2.4.1.4 Calidad del Agua

La evaluación de la calidad del agua se realiza mediante una serie de análisis de laboratorio dirigidos a conocer cualitativa y cuantitativamente, las características físicas,

químicas y biológicas más importantes que pueden afectar, su uso real y potencial, como el tipo y grado de tratamiento requerido para un adecuado acondicionamiento.

La Asociación Americana de Salud Pública (American Public Health Association, APHA); La Asociación Americana de Abastecimiento de Agua (American Water Works Association, AWWA) y la Federación para el control de la Polución de las Aguas (Water Pollution Control Federation), WPCF), han establecido normas internacionales para la caracterización de la calidad del agua (APHA-AWWA-WPCF, 1992), las cuales se encuentran incluidas en los denominados "Métodos Normales para el Examen de las Aguas y de las Aguas Residuales" (Standard Methods For de Examination of Water and Wastewaster), de común adopción por numerosos países en todo el mundo.

Los procedimientos para la captación de muestras varían según los análisis que se van a efectuar y de las condiciones del cuerpo de agua; independientemente de los fines para los cuales han sido tornadas esas muestras, ellas deben ser representativas del cuerpo de agua en estudio.

2.4.2 Marco Teórico Conceptual

Frecuencia de muestreo para análisis Físico-Químico.- el factor determinante para realizar la frecuencia de muestreo depende de la variabilidad de la composición físico-químico de las aguas, donde las características dependen de los factores geológicos, hidrológicos, biológicos, etc.

Si los resultados son significativos durante el año, los muestreos deben ser más frecuentes. En cambio sí los resultados no varían mucho, la frecuencia de análisis pueden ser periódicas.

El muestreo diario ha sido considerado adecuado para la investigación amplia a la calidad química del agua, sin embargo en estudios de reconocimientos o de cuencas la frecuencia de muestreo se sugiere que sea semanal o mensual.[36]

Frecuencia de muestreo en aguas subterráneas.- de manera general, los cambios en la composición físico-químico de las aguas subterráneas son lentos y pocos significativos, no obstante, en algunos casos los mismos pueden ser muy acentuados como resultado de cambios en el equilibrio hidrológico debido a las variaciones en las ratas de cargas o descarga de los acuíferos, o bien la infiltración de aguas superficiales.

En relación al muestreo de aguas subterráneas, dada la naturaleza relativamente estable de las mismas, los programas de muestras mensuales, estacionales o anuales pueden detectar los cambios en la calidad del agua en estas fuentes.

Frecuencia de muestreo en Plantas de Tratamiento.- el muestreo en este caso se realiza con el fin de controlar los procesos de tratamiento. Normalmente se captan muestras tres veces al día y durante todos los días. Puede ser aconsejable instalar monitores continuos para la vigilancia de parámetros críticos, tales como turbiedad, pH y cloro residual.

Tabla 5 se muestra la frecuencia mínima de muestreo para el análisis de los parámetros físico-químicos

Componente o Características	Frecuencia Mínima
Color Turbiedad	Una (1) muestra quincenal aguas no sometidas a tratamiento de clarificación. Una (1) muestra diaria en aguas tratadas
Olor Sabor Aspecto Temperatura Cloro Residual	Una (1) muestra diaria
Todos los demás parámetros incluidos en las Normas Sanitarias de calidad de las aguas	Una (1) muestra anual

Fuente: Métodos de Análisis para la evaluación de la calidad del agua

Frecuencia de muestreo para análisis bacteriológico.- la frecuencia del muestreo para el control de la calidad bacteriológica de los sistemas de abastecimiento y de los sistemas propios de los usuarios, debe ser tal que se garantice una estricta vigilancia de su condición sanitaria. Esta se establece en función a la población servida y de los riesgos de contaminación del sistema de distribución como se aprecia en la tabla 6.

Cuando se van a tomar varias muestras al mismo tiempo y en un mismo lugar, se debe empezar por el muestreo bacteriológico para evitar los riesgos de contaminación, al manipular otros tipos de muestras.

Tabla 6

Población Abastecida	Frecuencia Minima
Menor de 5,000	Una (1) muestra mensual
5,000 a 100,000	Una (1) muestra mensual por cada 5,000 personas
Mayor de 100,000	Una (1) muestra mensual por cada 100,000 personas

Fuente: Métodos de Análisis para la evaluación de la calidad del agua

2.4.2.1 Calidad del agua subterránea.

El agua subterránea es la que posee más sólidos disueltos, cuando no sufre alguna contaminación el agua la composición y concentración de las sustancias disueltas dependen de los siguientes factores:

- La composición química de la precipitación.
- Las reacciones químicas y biológicas que ocurren en la superficie y el suelo.
- La composición mineral de los acuíferos y capas confinantes por la que el agua fluye.

La calidad del agua subterránea está definida por las reacciones químicas y biológicas que ocurren en las zonas por las que el agua fluye.

Las características físicas que posee el agua subterránea son las siguientes:

Temperatura.- responde a la media anual de las temperaturas atmosféricas del lugar.

Conductividad eléctrica.- es la medida de la facilidad del agua para conducir la corriente eléctrica y aumenta su valor con las sales disueltas en forma de iones.

Color.- es el resultado por las sustancias disueltas en el agua, principalmente provenientes de la disolución de la materia orgánica.

Olor y sabor.- el agua con más de 300 mg/l de cloruros tienen sabor salado, con más de 400 mg/l de SO_4^{-2} tienen sabor salado y amargo.

Turbidez.- esto sucede cuando existe una dificultad en el agua para transmitir luz y esto sucede por la presencia de sólidos en suspensión como lo son los limos, arcillas, materia orgánica, los cuales dificultan el paso de la luz.

Las características químicas de las aguas subterráneas:

pH.- es la medida de la concentración de hidrogeniones del agua, estando controlado por las reacciones químicas y por el equilibrio entre los iones presentes. En agua subterránea esta entre los valores de 6,5 y 8,5.

Demanda química de oxigeno.- la cual mide la capacidad de un agua de consumir oxigeno durante procesos químicos. Los valores comunes en las aguas subterráneas se sitúan de 1 a 5 mg/l de $O_{2.}$

Demanda bioquímica de oxigeno.- es la medida de la cantidad de oxigeno necesario para consumir materia orgánica contenida en el agua mediante procesos biológicos.

Producción del agua en pozos.

Por medio de pozos verticales se capta el agua subterránea los cuales son los más conocidos en el mundo.

Construir un pozo es realizar una obra compleja, con el objetivo de obtener agua subterránea de un acuífero, con la finalidad de satisfacer una demanda definida. El pozo tiene una vida útil donde puede ser décadas, cuando llegue agotarse el acuífero se procede al abandono del pozo mediante un sellado.

Para la captación del agua subterránea por medio de pozos verticales existen dos tipos como lo son:

Abiertos, excavados o brocales.- son pozos de poca profundidad construidos de forma manual o ligeramente mecanizada y con diámetros relativamente grandes mayor a 1 metro, lo que tiene que ver con la profundidad es posible excavar hasta alcanzar el nivel freático.

Perforados o tubulares.- son los más requeridos para obtener agua subterránea, para los cuales los diámetros más utilizados son de 6 a 12, la construcción se procede por medio de máquinas con diferente sistema dependiendo del tipo de material del acuífero a perforar.

Los métodos para perforar y construir los pozos más utilizados son el método de percusión por medio de cable, rotación y roto percusión. Para proceder con uno de ellos depende del

tipo de suelo a perforar, el caudal que se quiera para satisfacer la demanda, de la profundidad del pozo y de los diámetros de perforación.

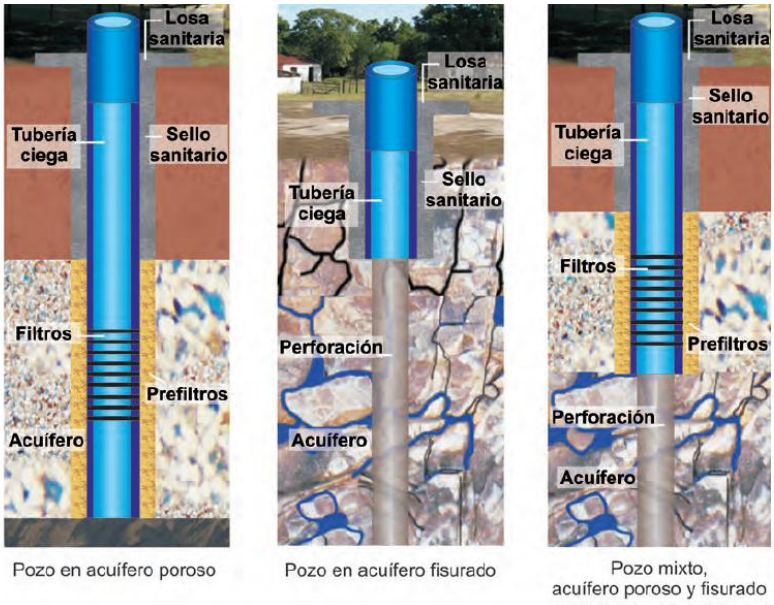
Tabla 7 Comparación entre los diferentes métodos de perforación.

Ventajas	Método rotativo	Método de rotopercusión	Método a percusión con cable
Tiempo empleado en perforar o avance	10 a 50 m/día	40 a 50 m/día	1 a 10 m/día
Tipo de material que puede atravesar	Terrenos sedimentarios	Principalmente rocas duras (graníticos)	Todo tipo de terrenos
Facilidad en determinar napas portadoras	Baja. Se enmascaran debido al uso de lodo de perforación	Alta. Se determinan fácilmente	Alta. Se determinan fácilmente
Tubería de maniobra	No necesita	Imprescindible en determinados materiales	Imprescindible en de terminados materiales
Muestreo	Pobre	Regular	Bueno
Ventajas	Alcanza grandes profundidades y realiza pozos de gran diámetro	El más rápido en roca dura.	Simplicidad del método. Adaptable a todo tipo de terrenos.
Inconvenientes	Enmascara todos los aportes de agua	No perfora en materiales no consolidados	Avance lento en rocas duras
Calidad constructiva	Buena	Buena	Buena

Fuente: Manual de agua subterránea 2012, Dra. María Collazo y Dr. Jorge Montaño

Diseños de pozos en función del tipo de acuífero.- se presentan varios diseños constructivos de pozos todo de acuerdo al tipo de acuífero como puede ser los pozos en acuíferos porosos generalmente son entubados en su totalidad, los pozos en acuíferos fracturados se entuban parcialmente y por último los pozos mixtos son una combinación de los anteriores mencionados.

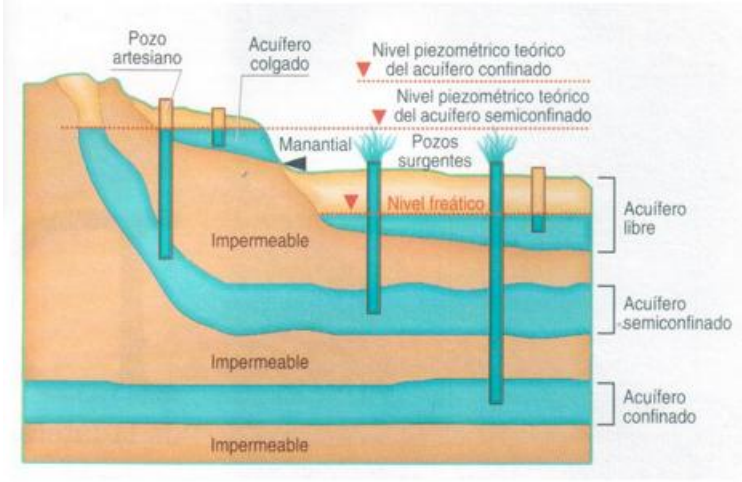
Fig. 2 Diseños de pozos en función del terreno.



Fuente: Manual de agua subterránea 2012, Dra. María Collazo y Dr. Jorge Montaño

2.4.2.2 Vulnerabilidad de los acuíferos.

Primero definimos a un acuífero como una capa de agua que se almacena y transmite en un estrato rocoso permeable de la litosfera de la tierra saturando sus poros o grietas y que puede extraerse en cantidades económicamente favorables. Fig. 3



Fuente: http://www.artinaid.com/2013/04/que-es-un-acuifero/

Por su parte la vulnerabilidad tiene varias definiciones según sus autores como es:

Según los autores Vrba y Zaporesec determinan a la vulnerabilidad como “una propiedad intrínseca del sistema de agua subterránea que se somete a la sensibilidad del mismo a los impactos humanos o naturales”.[37]

Foster e Hirata (1991) dicen que la “vulnerabilidad del acuífero a la contaminación, representa su sensibilidad para ser adversamente afectado por una carga contaminante impuesta”. [37]

Custodio (1995) señala “la vulnerabilidad a la polución expresa la incapacidad del sistema para absorber las alteraciones, tanto naturales como artificiales”. [37]

Ejemplo de un estudio por los métodos GOD y DRASTIC es la evaluación de la Vulnerabilidad de este acuífero en el área periurbana de la Ciudad de Paysandú en la República de Uruguay, donde fue realizado el trabajo mediante los métodos GOD (FOSTER & HIRATA, 1991) y DRASTIC (EPA 1985)[38]

En el estudio Generación de Índices de vulnerabilidad para Acuíferos Comparación de Métodos presenta el desarrollo de 4 métodos para determinar el índice de vulnerabilidad acuífera a la contaminación (GOD, AVI, DRASTIC, SINTACS) en la cuenca Media del rio Conchos, Chihuahua, Mexico.[39]

2.5.- METODOLOGIA

Para la realizacion del presente estudio se inicio con una busqueda de publicaciones de estudios realizados en muchas ciudades del mundo para tratar de resolver el estudio del cual aquí se expone como lo es la evaluacion de la produccion y calidad de las aguas subterraneas que abastecen a la ciudad de Machala.

El tipo de investigacion que se realiza a continuacion es un tipo de diseño de estudio documental ya que por los cuales se realizara el analisis de la produccion y calidad actual de las aguas subterraneas que abastecen de agua potable a la ciudad de Machala.

El presente estudio sera para conocer como es la situacion actual con respecto a la produccion y calidad de agua subterranea donde la poblacion de Machala es la beneficiada ya que en el 2006 se tenia un registro de que las aguas subterraneas era el 66% con una dotacion de 800 l/s de la produccion total que abastece a la poblacion, beneficiando al consumo domestico, industrial y comercial.
Para la recoleccion de datos en el presente estudio fue la documentacion con la cual cuenta la planta de tratamiento de las aguas de pozos localizada en la parroquia de El Cambio, donde se realiza un control diario sobre la produccion diaria de los pozos y las observaciones que se tiene durante el dia en el manejo de los pozos.

Los documentos que se entregan como reporte sobre el agua tratada a la ciudad de Machala se indica el dia y fecha del control, se registra la hora de presurizacion, caudal a presion, caudal a gravedad y se anota el caudal de agua potable enviado a la ciudad de Machala. Se mantiene un registro promedio diario sobre la produccion de los pozos nuevos y pozos antiguos medidos en metros cúbicos por dia.

Tambien en la produccion se registra un control iterno donde se toma en cuenta los horarios de funcionamiento de la presurizacion, en el mismo control se lleva los registros de la produccion de los pozos nuevos y antiguos, en el cual se apunta la produccion en metros cubicos por hora, tambien metros cubicos por dia y el porcentaje que aporta diario tanto los pozos nuevos como los pozos antiguos. Se apunta el ingreso total en metros cubicos de agua que ingresa a la planta de tratamiento y para finalizar el control interno se

anota las observaciones diarias que pueden tener los pozos durante su funcionamiento cotidiano.

La documentacion que se recolecta para el analisis de la calidad de las aguas de pozos se la realiza en las instalaciones de la planta de tratamiento que es el laboratorio y se lleva un control regular al analizar el agua cruda que llega a la planta y tambien el control periodico del agua potable que sale a las redes de distribucion que abastecen a la ciudad de Machala.

Los análisis realizados en la planta de tratamiento tiene como nombre Consolidacion que es un registro mensual sobre la calidad del agua que ingresa a la planta, el analisis del agua tratada que sale y tambien se examina los parametros en las redes de distribucion.

En el informe mensual que proporciona los encargados del laboratorio se manifiesta los parametros a analizar, las unidades en las cuales se registra, se anota como referencia los limites tolerables de la Norma INEN 1108-2014. En el mismo informe tambien se registra ocasionalmente en el mes las caracteristicas quimicas como son: alcalinidad total, dureza total, dureza calcica, dureza magnesio, fluor, fostatos, hierro, manganeso, nitritos, nitratos, sulfatos, cobre, cobalto y niquel. En el mismo reporte se examina de vez en cuando un analisis bacteriologico como lo es los coliformes fecales y los coliformes totales.

Estos son los puntos a analizar en la planta de tratamineto tanto en su produccion cruda como tambien las muestras de agua ya tratada y por supuesto en la red de distribuion en varios puntos de la ciudad de Machala.

CAPITULO 3

MEMORIA TECNICA

3.1.1 Evaluacion de Produccion de Agua de Pozos

Para realizar esta evaluacion se realizo por medio de los datos obtenidos por la empresa en donde se analizara los dos puntos principales de esta investigacion como lo son la produccion y la calidad de las aguas de pozo que abastecen a la ciudadad de Machala.

Para la recoleccion de datos sobre la produccion de los pozos de agua y poder evaluar los mismos se cuenta con las cifras de los meses de julio, agosto y septiembre del presente año 2015 que fueron facilitados por la empresa “Aguas Machala EP” en donde se explica los detalles de la prodccion de los pozos de agua subterranea que abastecen a la red de agua potable de la ciudad de Machala.

Informe de entrega de agua tratada sobre el mes de julio del 2015

ENTREGA DE AGUA TRATADA A LA CIUDAD DE MACHALA, JULIO 2015					
Día	Fecha	Hora de Presurización	Caudal a Presión m3/día	Caudal a Gravedad m3/h	Caudal Enviado a Machala m3
Miércoles	01/06/2015	12,00	26040	8720	34760
Jueves	02/06/2015	14,00	30110	8930	39040
Viernes	03/06/2015	14,00	32030	7860	39890
Sábado	04/06/2015	12,00	25550	6620	32170
Domingo	05/06/2015	13,00	26890	6620	33510
Lunes	06/06/2015	14,00	30960	6370	37330
Martes	07/06/2015	13,00	27890	9690	37580
Miércoles	08/06/2015	12,00	25400	10390	35790
Jueves	09/06/2015	14,00	30620	8900	39520
Viernes	10/06/2015	15,00	33310	7720	41030
Sábado	11/06/2015	14,00	29910	8870	38780
Domingo	12/06/2015	14,00	30710	8540	39250
Lunes	13/06/2015	15,00	32800	6860	39660
Martes	14/06/2015	16,00	34680	6250	40930
Miércoles	15/06/2015	14,00	29790	7720	37510
Jueves	16/06/2015	12,00	28944	9996	38940
Viernes	17/06/2015	14,00	30280	9390	39670
Sábado	18/06/2015	15,00	32650	8050	40700
Domingo	19/06/2015	15,00	31910	7990	39900
Lunes	20/06/2015	18,00	30220	4440	34660
Martes	21/06/2015	22,00	35600	2280	37880
Miércoles	22/06/2015	15,00	32770	6060	38830
Jueves	23/06/2015	15,00	30800	6980	37780

Viernes	24/06/2015	17,00	35270	5660	40930
Sábado	25/06/2015	17,00	35230	3780	39010
Domingo	26/06/2015	15,00	30310	5330	35640
Lunes	27/06/2015	16,00	32160	7930	40090
Martes	28/06/2015	14,00	29350	4580	33930
Miércoles	29/06/2015	12,00	25880	8650	34530
Jueves	30/06/2015	14,00	29580	7610	37190
Viernes	31/06/2015	10,00	23270	8540	31810
TOTAL ENTREGADE EN EL MES			940914	227326	1168240

Fuente: “Aguas Machala EP”

La producción total de los pozos en el mes de julio es de 1´240 540 metros cúbicos de los cuales el caudal promedio ocupado en la planta de agua, entre retro lavados y consumo interno nos da 72.300 m3. Y los 1´168 240 metros cúbicos fueron enviados a la cuidad de Machala para su distribución.

El promedio diario durante el mes de julio enviado a la cuidad fue de 37 685,16 metros cúbicos, con una presurización de salida de agua de 14.4 horas, y el caudal promedio de 2 107,78 metros cúbicos.

CONTROL INTERNO EN LA PLANTA, MES DE JULIO DEL 2015

CONTROL INTERNO EN LA PLANTA, JULIO 2015										
PRESURIZASIÓN			PRODUCCIÓN DE POZOS						INGRESO DE AGUA A LA PLANTA	OBSERVACIONES
			NUEVOS			ANTIGUOS				
ENCENDIDO	APAGADO	PRESIÓN	M3/H	M3/DÍA	% QUE APORTA	M3/H	M3/DÍA	% QUE APORTA		
5:00	17:00	2,3	560,0	13440	35,0	1038,3	24920	65,0	38360	
5:00	19:00	2,3	555,0	13320	32,6	1145,4	27490	67,4	40810	
5:00	19:00	2,3	533,8	12810	31,8	1146,3	27510	68,2	40320	19:30 Corte de energía , Se restablecio la energía 21:30
5:00	23:00	2,3	541,3	12990	36,7	935,0	22440	63,3	35430	Se apagaron las bombas de impulsión a las 14:00 se encendieron 21:00
5:00	23:00	2,3	506,7	12160	34,6	955,8	22940	65,4	35100	Apagado de bombas de impulsión de 13:00 a 19:00 horas, de 6:30 a 10:00 se bajó la presión a 2,2 bar
5:00	19:00	2,3	573,3	13760	33,2	1154,6	27710	66,8	41470	
5:00	18:00	2,3	568,8	13650	33,7	1117,5	26820	66,3	40470	De 12:30 a 16:30 se subio la presión a 2,4 bar
5:00	17:00	2,2	545,0	13080	33,0	1108,8	26610	67,0	39690	De 8:30 se bajó la presión a 2,2 bar
5:00	19:00	2,3	562,9	13510	32,3	1182,5	28380	67,7	41890	
5:00	20:00	2,3	560,4	13450	31,7	1207,5	28980	68,3	42430	
5:00	19:00	2,3	568,8	13650	32,3	1191,3	28590	67,7	42240	
5:00	19:00	2,3	567,5	13620	32,3	1187,5	28500	67,7	42120	
5:00	20:00	2,3	564,6	13550	32,9	1149,6	27590	67,1	41140	
5:00	21:00	2,3	572,9	13750	32,4	1197,9	28750	67,6	42500	
5:00	19:00	2,3	568,8	13650	33,1	1150,8	27620	66,9	41270	
5:00	19:00	2,3	576,3	13830	33,3	1152,9	27670	66,7	41500	
5:00	19:00	2,3	555,0	13320	32,0	1181,7	28360	68,0	41680	
5:00	20:00	2,3	565,8	13580	32,2	1190,8	28580	67,8	42160	
5:00	20:00	2,3	561,3	13470	32,1	1185,4	28450	67,9	41920	
5:00	0:00	2,3	561,7	13480	34,1	1087,5	26100	65,9	39580	
0:00	21:00	2,3	557,9	13390	36,3	978,8	23490	63,7	36880	
5:00	20:00	2,3	563,3	13520	32,3	1179,2	28300	67,7	41820	
5:00	20:00	2,2	563,3	13520	33,7	1106,3	26550	66,3	40070	De 9:00 se bajó la presión a 2,2 bar
5:00	22:00	2,3	562,9	13510	32,4	1176,3	28230	67,6	41740	
5:00	22:00	2,3	559,6	13430	32,4	1167,5	28020	67,6	41450	
5:00	20:00	2,3	547,1	13130	33,5	1085,0	26040	66,5	39170	
5:00	21:00	2,3	529,2	12700	28,6	1317,9	31630	71,4	44330	
5:00	19:00	2,3	362,9	8710	26,1	1025,4	24610	73,9	33320	Falla en fibra obtica del pozo # 15
5:00	17:00	2,3	416,7	10000	26,2	1173,3	28160	73,8	38160	
5:00	19:00	2,3	497,9	11950	32,0	1058,8	25410	68,0	37360	
5:00	16:00	2,3	522,9	12550	36,7	900,4	21610	63,3	34160	Se apagaron las bombas de impulsión a las 11:30 se encendieron 12:20
				404480			836060		1240540	

Informe de entrega de agua tratada sobre el mes de agosto del 2015

REPORTE ENTREGA DE AGUA TRATADA A LA CIUDAD DE MACHALA, AGOSTO 2015								
Día	Fecha	Hora de Presurización	Caudal a Presión			Caudal a Gravedad m3	Caudal Enviado a Machala	
			m3/h	m3	lt/seg		m3	lt/seg
Sábado	01/08/2015	9,00	2.066,67	18600	574,08	14290	32890	380,67
Domingo	02/08/2015	11,00	2.093,64	23030	581,57	9700	32730	378.82
Lunes	03/08/2015	11,00	2.069,09	22760	574,75	10380	33140	383,57
Martes	04/08/2015	14,00	2.171,43	30400	603,18	4720	35120	406,48
Miércoles	05/08/2015	11,00	2.160,36	23764	600,11	10266	34030	393,87
Jueves	06/08/2015	18,00	1.511,67	27210	419,91	5010	32330	372,92
Viernes	07/08/2015	15,00	2.162,00	32430	600,56	5740	38170	441.79
Sábado	08/08/2015	10,00	2.012,00	20120	558.89	8650	28770	332,99
Domingo	09/08/2015	13,00	2.162,31	28110	600,65	10490	38600	446,76
Lunes	10/08/2015	12,00	2.258,33	27100	627,32	8810	35910	415,63
Martes	11/08/2015	13,50	2.222,96	30010	617,49	9180	39190	453,59
Miércoles	12/08/2015	10,00	2.217,00	22170	615,84	12090	34260	396,53
Jueves	13/08/2015	15,00	2.170,00	32550	602,78	7910	40460	468,29
Viernes	14/08/2015	16,00	2.038,13	32610	566,15	5970	38580	446,53
Sábado	15/08/2015	12,50	2.056,80	25710	571,34	7310	33020	382,18
Domingo	16/08/2015	14,00	2.129,29	29810	591,47	8810	38620	446,99
Lunes	17/08/2015	13,00	2.195,38	28540	609,83	9920	38460	445,14
Martes	18/08/2015	13,00	2.210,77	28740	614,11	9890	38630	447,11
Miércoles	19/08/2015	13,00	2.213,85	28780	614,96	9750	38530	445,95
Jueves	20/08/2015	14,00	2.299,29	32190	638,70	8120	40310	466,55
Viernes	21/08/2015	13,00	2.222,31	28890	617,31	8530	37420	433,11
Sábado	22/08/2015	13,00	2.238,46	29100	621,80	10070	39170	453,36
Domingo	23/08/2015	10,50	2.098,10	22030	582,81	10260	32290	373,73
Lunes	24/08/2015	12,00	2.166,67	26000	601,86	7700	33700	390,05
Martes	25/08/2015	13,00	2.250,77	29260	625,22	10280	39540	457,64
Miércoles	26/08/2015	12,50	2.211,20	27640	614,23	9350	36990	428,13
Jueves	27/08/2015	12,50	2.131,20	26640	592,00	9250	35890	415,40
Viernes	28/08/2015	10,50	2.239,50	23510	621,96	10730	34240	396,30
Sábado	29/08/2015	14,00	2.242,14	31390	622,82	9340	40730	471,42
Domingo	30/08/2015	13,00	2.201,54	28620	611,54	10270	38890	450,12
Lunes	31/08/2015	12,00	2.385,00	28620	662,51	10270	38890	450,12
TOTAL ENTREGADO EN EL MES				846334		283056	1129390	

Fuente: “Aguas Machala EP”

La producción total de los pozos en el mes de agosto es de 1.197.660 metros cúbicos de los cuales el caudal promedio ocupado en la planta de agua, entre retro lavados y consumo interno nos da 68.270 m3. Y los 1.129.390 metros cúbicos fueron enviados a la cuidad de Machala para su distribución.

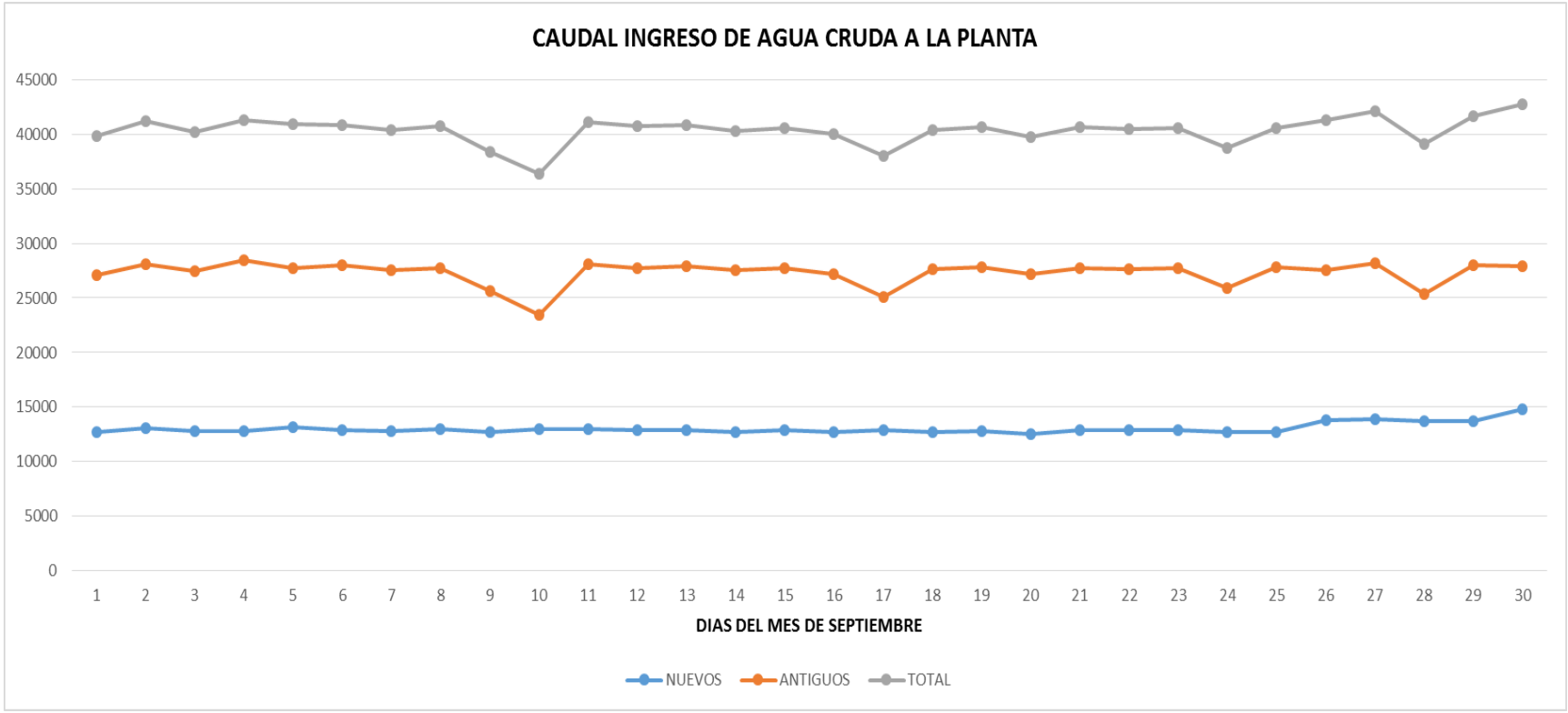
El promedio diario durante el mes de septiembre enviado a la ciudad fue de 36.431,94 metros cúbicos, con una presurización de salida de agua de 12.71 horas, y el caudal promedio de 2.148 metros cúbicos hora.

El promedio diario durante el mes de septiembre de producción de los pozos nuevos fue de 12.373,87 metros cúbicos y 23.260,32 metros cúbicos de los antiguos, dando un total de 38.634,19 metros cúbicos por día. En el caudal de entrada de agua cruda con respecto al mes de julio disminuyo 5.16% de los pozos nuevos, esto se dio debido al cierre de la válvula de 600 milímetros y a los cortes de energía y los antiguos un 2,63%, esto es por los cortes de energía.

CONTROL INTERNO EN LA PLANTA, MES DE AGOSTO DEL 2015

CONTROL INTERNO											
Fecha	PRESURIZACIÓN			PRODUCCIÓN DE POZOS						INGRESO DE AGUA A LA PLANTA	observaciones
				NUEVOS			ANTIGUOS				
	Encendido	Apagado	Presión	m3/h	m3/ día	% que Aporta	m3/h	m3/ día	% que Aporta		
01/09/2015	5:00	18:00	2,3	530,83	12740	32,00	1127,92	27070	68,00	39810	19:40 a 20:00 corte de energía P. #13, 15. 19:40 a 21:20 corte de energía P. Corralitos.19:40 a 21:40 corte de energía P. Loayza
02/09/2015	4:30	17:00	2,3	546,25	13110	31,85	1168,75	28050	68,15	41160	09:50 a 11:10 corte de energía P. Loayza
03/09/2015	5:00	17:30	2,3	532,50	12780	31,78	1142,92	27430	68,22	40210	
04/09/2015	5:00	17:30	2,3	534,17	12820	31,05	1186,25	28470	68,95	41290	
05/09/2015	5:00	18:00	2,3	547,92	13150	32,16	1155,83	27740	67,84	40890	
06/09/2015	5:00	18:00	2,3	536,67	12880	31,53	1165,42	27970	68,47	40850	
07/09/2015	5:00	18:00	2,3	533,33	12800	31,71	1148,33	27560	68,29	40360	
08/09/2015	5:00	17:30	2,3	542,92	13030	31,95	1156,25	27750	68,05	40780	
09/09/2015	5:00	20:30	2,3	529,58	12710	33,11	1070,00	25680	66,89	38390	00:36 a 09:10 P. Corralitos. 15:30 a 18:00 Apagado bombas de impulsión. 23:03 a 23:25 P. #13, 15. 23:03 P. Corralitos y Loayza parados por corte de energía
10/09/2015	5:00	20:30	2,2	539,58	12950	35,62	975,42	23410	64,38	36360	Se bombea a 2,2 Bar 09:10 empieza a funcionar P. Corralitos.09:35 empieza a funcionar P.Loayza.15:00 a 18:00 apagado bombas de impulsión.
11/09/2015	5:00	17:30	2,3	540,83	12980	31,59	1171,25	28110	68,41	41090	
12/09/2015	5:00	17:00	2,3	539,17	12940	31,79	1157,08	27770	68,21	40710	
13/09/2015	5:00	17:30	2,3	539,17	12940	31,68	1162,92	27910	68,32	40850	
14/09/2015	5:00	17:00	2,3	531,25	12750	31,65	1147,08	27530	68,35	40280	
15/09/2015	5:00	17:00	2,3	536,25	12870	31,73	1153,75	27690	68,27	40560	
16/09/2015	5:00	17:30	2,3	531,67	12760	31,92	1133,75	27210	68,08	39970	23:40 corte de energía P. Loayza
17/09/2015	6:00	18:00	2,3	538,33	12920	34,03	1043,75	25050	65,97	37970	01:38 a 04:30 P. 10 d Agosto. 01:38 a 05:15 P. Loayza.01:38 a 05:35 P. Quevedo. 08:00 a 09:00 P. Corrlalitos. Parados por corte de energía
18/09/2015	4:30	17:30	2,3	531,67	12760	31,60	1150,83	27620	68,40	40380	
19/09/2015	5:00	18:00	2,3	534,17	12820	31,56	1158,33	27800	68,44	40620	
20/09/2015	5:00	17:00	2,3	522,08	12530	31,52	1134,17	27220	68,48	39750	10:10 a 11:20 Corte de energía P. Loayza. 16:00 a 16:45 Corte de energía P. # 13 # 14 # 15.
21/09/2015	4:00	17:00	2,3	537,08	12890	31,74	1155,00	27720	68,26	40610	
22/09/2015	5:00	17:00	2,3	536,25	12870	31,78	1151,25	27630	68,22	40500	
23/09/2015	5:00	17:00	2,2	536,67	12880	31,74	1154,17	27700	68,26	40580	
24/09/2015	5:00	20:30	2,3	531,67	12760	32,96	1081,25	25950	67,04	38710	08:35 a 18:00 Apagado del P. Quevedo por cambio de motor y bomba. 15:30 a 18:00 Apagado de las bombas d impulsión.
25/09/2015	5:00	17:30	2,3	530,00	12720	31,38	1159,17	27820	68,62	40540	09:50 a 11:00 Corte de energía P. 10 d Agosto. 09:50 a 15:35 Apagado del P. # 11 para aumentar 2 tubos de 5 metros cada uno Produccion 135 m3/h.
26/09/2015	5:00	17:30	2,3	574,17	13780	33,37	1146,67	27520	66,63	41300	03:16 a 06:45 Corte de energía P. Puvenza.
27/09/2015	5:00	19:00	2,3	580,83	13940	33,13	1172,50	28140	66,87	42080	
28/09/2015	5:00	20:30	2,3	572,08	13730	35,11	1057,50	25380	64,89	39110	02:00 a 08:30 Corte de enrgía P. Puvenza. 02:00 a 08:50 Corte de enrgía P. Corralitos. 15:30 a 18:00 Apagado de las bombas d impulsión.
29/09/2015	5:00	17:00	2,3	572,08	13730	32,93	1165,00	27960	67,07	41690	09:35 a 1255 Apagado del P. # 13 para aumentar 2 tubos de 5 metros cada uno y uno de 2 metros Produccion 200 m3/h.
30/09/2015	4:00	17:30	2,3	618,33	14840	34,74	1161,67	27880	65,26	42720	
					391380			818740		1210120	

GRAFICO SOBRE EL CAUDAL INGRESO DE AGUA CRUDA A LA PLANTA



Informe de entrega de agua tratada sobre el mes de septiembre del 2015

REPORTE ENTREGA DE AGUA TRATADA A LA CIUDAD DE MACHALA, SEPTIEMBRE 2015								
Dia	Fecha	Hora de Presurización	Caudal a Presión			Caudal a Gravedad m3	Caudal Enviado a Machala	
			m3/h	m3	lt/seg		m3	lt/seg
Martes	01/09/2015	13,00	2.183,85	28390	606,63	9240	37630	435,54
Miércoles	02/09/2015	12,50	2.249,60	28120	624,89	10590	38710	448,04
Jueves	03/09/2015	12,50	2.227,20	27840	618,67	9900	37740	436,81
Viernes	04/09/2015	12,50	2.236,80	27960	621,34	11020	38980	451,16
Sábado	05/09/2015	13,00	2.246,92	29210	624,15	10100	39310	454,98
Domingo	06/09/2015	13,00	2.198,46	28580	610,69	9270	37850	438,08
Lunes	07/09/2015	13,00	2.227,69	28960	618,81	10150	39110	452,67
Martes	08/09/2015	12,50	2.226,40	27830	618,45	10570	38400	444,45
Miércoles	09/09/2015	12,50	2.195,20	27440	609,78	9380	36820	426,16
Jueves	10/09/2015	12,50	1.993,60	24920	553,78	8620	33540	388,20
Viernes	11/09/2015	12,50	2.199,20	27490	610,89	10920	38410	444,56
Sábado	12/09/2015	12,00	2.209,17	26510	613,66	11700	38210	442,25
Domingo	13/09/2015	12,50	2.196,80	27460	610,23	11180	38640	447,23
Lunes	14/09/2015	12,00	2.249,17	26990	624,77	11800	38790	448,96
Martes	15/09/2015	12,00	2.214,17	26570	615,05	11470	38040	440,28
Miércoles	16/09/2015	12,50	2.256,00	28200	626,67	9650	37850	438,08
Jueves	17/09/2015	12,00	2.285,83	27430	634,96	7510	34940	404,40
Viernes	18/09/2015	13,00	2.143,85	27870	595,52	9510	37380	432,64
Sábado	19/09/2015	13,00	2.156,92	28040	599,15	11350	39390	455,91
Domingo	20/09/2015	12,50	2.108,80	26360	585,78	10300	36660	424,31
Lunes	21/09/2015	13,00	2.137,69	27790	593,81	10900	38690	447,80
Martes	22/09/2015	12,00	2.151,00	25812	597,50	12128	37940	439,12
Miércoles	23/09/2015	12,00	2.219,17	26630	616,44	11690	38320	443,52
Jueves	24/09/2015	13,00	2.192,31	28500	608,98	8230	36730	425,12
Viernes	25/09/2015	12,50	2.230,40	27880	619,56	9360	37240	431,02
Sábado	26/09/2015	12,50	2.173,60	27170	603,78	10870	38040	440,28
Domingo	27/09/2015	14,00	2.170,71	30390	602,98	9190	39580	458,11
Lunes	28/09/2015	13,00	2.151,54	27970	597,65	7430	35400	409,73
Martes	29/09/2015	12,00	2.204,17	26450	612,27	10830	37280	431,48
Miércoles	30/09/2015	13,50	2.199,26	29690	610,91	10330	40020	463,20
TOTAL ENTREGADO EN EL MES				830452		305188	1135640	

Fuente: “Aguas Machala EP”

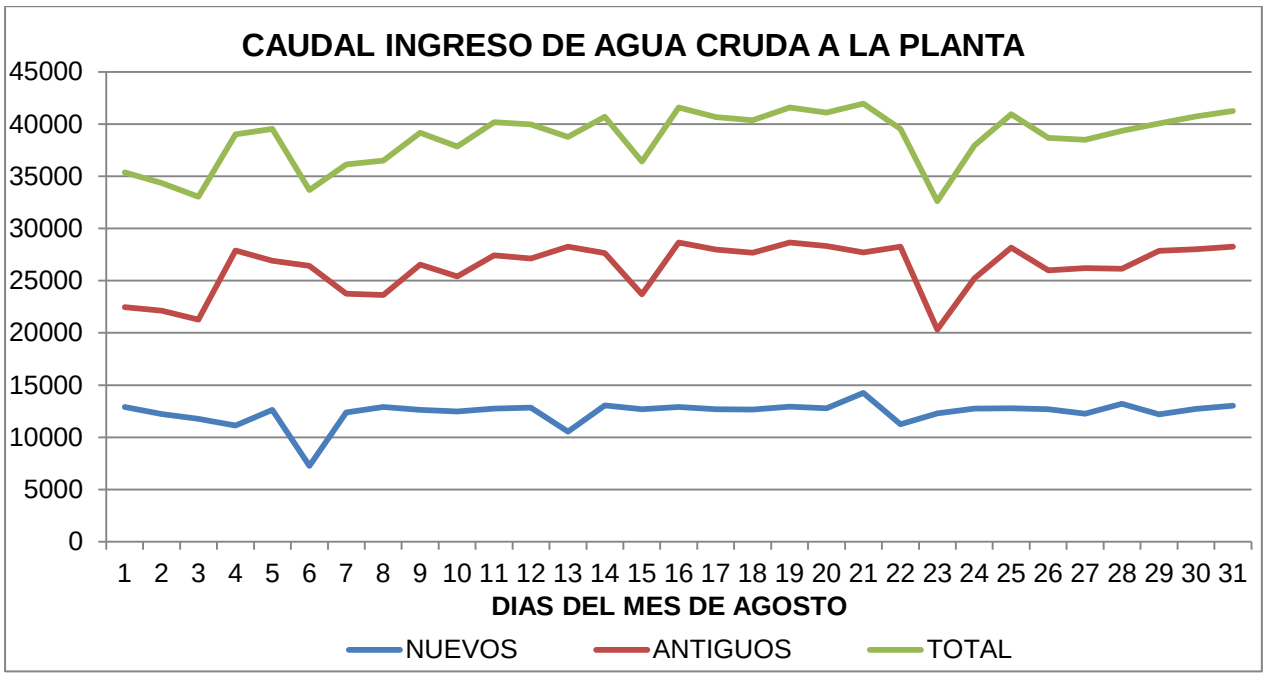
La producción total de los pozos en el mes de septiembre es de 1.210.120 metros cúbicos de los cuales el caudal promedio ocupado en la planta de agua, entre retro lavados y consumo interno nos da 74.480 m3. Y los 1.135.640 metros cúbicos fueron enviados a la cuidad de Machala para su distribución.

El promedio diario durante el mes de septiembre enviado a la ciudad fue de 37854.67 metros cúbicos, con una presurización de salida de agua de 12.62 horas, y el caudal promedio de 2.194,06 metros cúbicos hora.

El promedio diario durante el mes de septiembre de producción de los pozos nuevos fue de 13.046,00 metros cúbicos y 27.291,33 metros cúbicos de los antiguos, dando un total de 40.337,33 metros cúbicos por día. En el caudal de entrada de agua cruda con respecto al mes de anterior se incrementó 2,03% en los pozos nuevos y los antiguos un 0,57%, esto se dio porque tuvieron menos cortes de energía.

CONTROL INTERNO EN LA PLANTA, MES DE SEPTIEMBRE DEL 2015

CONTROL INTERNO										
PRESURIZACION			PRODUCCION DE POZOS						INGRESO DE AGUA A LA PLANTA	OBSERVACIONES
			NUEVOS			ANTIGUOS				
ENCENDIDO	APAGADO	PRESION	M3/H	M3/DIA	% QUE APORTA	M3/H	M3/DIA	% QUE APORTA		
05:00	14:00	2,3	537,50	12900	36,46	936,67	22480	63,54	35380	
05:00	16:00	2,3	509,17	12220	35,57	922,08	22130	64,43	34350	
05:00	16:00	2,3	490,42	11770	35,62	886,25	21270	64,38	33040	16:10 EMPIEZA A FUNCIONAR POZO LOAYZA
05:00	20:00	2,3	463,75	11130	28,52	1162,08	27890	71,48	39020	14:20 A 16:40 CORTE DE ENERGIA POZO #14. 18:30 A 21:40 CORTE DE ENERGIA #14 Y LOAYZA
05:00	16:00	2,3	526,25	12630	31,95	1120,83	26900	68,05	39530	03:17 A 03:50 CORTE DE ENERGIA POZO #14, #15. 03:17 A 06:00 CORTE DE ENERGIA 10 DE AGOSTO. 03:17 A 10:25 ENCENDIDOS LA UNION
05:00	23:00	2,3	302,50	7260	21,56	1100,83	26420	78,44	33680	09:20 A 21:20 CIERRE DE VALVULA D 600, 13:00 A 00:00 APAGADO DEL POZO #13,14,15 NIVEL ALTO EN TANQUES, 16:30 A 00:00 APAGADO POZO 10 DE AGOSTO
05:00	23:00	2,3	515,83	12380	34,27	989,58	23750	65,73	36130	00:00 A 04:20 APAGADO POZO #14. 00:00 A 05:30 APAGADO P 10 DE AGOSTO. 08:00 FALLA POZO 10 DE AGOSTO
05:00	15:00	2,2	537,08	12890	35,30	984,58	23630	64,70	36520	07:45 A 08:30 APAGADO P LOAYZA . 09:50 A 00:00 APAGADO P LA UNION. 17:05 ENCENDIDO P 10 DE AGOSTO
05:00	18:00	2,3	526,67	12640	32,27	1105,42	26530	67,73	39170	00:00 A 05:00 APAGADO POZO #11 NIVEL ALTO
05:00	17:00	2,3	519,17	12460	32,90	1058,75	25410	67,10	37870	
05:00	18:30	2,3	531,25	12750	31,72	1143,33	27440	68,28	40190	09:10 ENCENDIDO POZO LA UNION
05:00	15:00	2,3	535,42	12850	32,15	1130,00	27120	67,85	39970	07:40 A 08:15 CORTE DE ENERGIA POZO #15. 10:30 A 16:00 CORTE DE ENRGIA POZO LOAYZA
05:00	22:00	2,3	438,75	10530	27,15	1177,50	28260	72,85	38790	17:30 A 20:30 APAGADO BOMBAS DE IMPULSION. 01:00 A 05:00 APAGADO DE POZOS #11, 13, 14, 15 NIVEL ALTO
05:00	22:00	2,3	544.58	13070	32,10	1152,08	27650	67,90	40720	17:30 A 19:30 APAGADO BOMBAS DE IMPULSION. 09:15 A 12:00 APAGADO POZO QUEVEDO
05:00	22:30	2,3	529,17	12700	34,89	987,50	23700	65,11	36400	16:00 A 21:00 APAGADO BOMBAS DE IMPULSION. 01:00 A 19:00 CORTE DE ENERGIA POZO QUEVEDO
05:00	19:00	2,3	537,92	12910	31,05	1194,58	28670	68,95	41580	08:20 A 09:25 CORTE DE ENERGIA POZO CORRALITOS
05:00	18:00	2,3	529,17	12700	31,23	1165,42	27970	68,77	40670	
05:00	18:00	2,3	527,92	12670	31,39	1153,75	27690	68,61	40360	
05:00	18:00	2,3	539,17	12940	31,11	1194,17	28660	68,89	41600	
05:00	19:00	2,3	532,50	12780	31,10	1179,58	28310	68,90	41090	
05:00	18:00	2,3	593,33	14240	33,94	1155,00	27720	66,06	41960	
05:00	18:00	2,3	469,17	11260	28,48	1177,92	28270	71,52	39530	
05:00	20:30	2,3	512,08	12290	37,70	846,26	20310	62,30	32600	13:00 A 17:00 APAGADO BOMBAS. 03:30 A 09:00 CORTE DE ENERGIA 10 DE AGOSTO. 03:30 A 09:30 CORTE DE ENERGIA QUEVEDO. 03:30 A 00:00 CORTE DE ENERGIA LOAYZA
05:00	17:00	2,3	531,25	12750	33,59	1050,42	25210	66,41	37960	00:00 A 11:25 CORTE DE ENERGIA LOAYZA
05:00	18:00	2,3	532,50	12780	31,22	1173,33	28160	68,78	40940	
05:00	17:00	2,3	528,75	12690	32,80	1083,33	26000	67,20	38690	22:40 A 00:00 APAGADO DEL POZO #11. 19:45 A 22:25 CORTE DE ENERGIA POZO 10 DE AGOSTO. 19:45 A 23:10 CORTE DE ENERGIA POZO LOAYZA . 19:45 A 23:30 CORTE DE ENERGIA POZO QUEVEDO
05:00	17:00	2,3	511,25	12270	31,88	1092,50	26220	68,12	38490	17:20 A 20:30 CORTE DE ENERGIA POZO 10 DE AGOSTO. 17:20 A 21:00 CORTE DE ENERGIA POZO LOAYZA
05:00	16:00	2,3	550,00	13200	33,55	1089,58	26150	66,45	39,350	12:00 A 17:00 CORTE DE ENERGIA POZO 10 DE AGOSTO . 12:00 A 17:30 CORTE DE ENERGIA POZO LOAYZA
05:00	18:00	2,3	507,92	12190	30,43	1161,25	27870	69,57	40060	
05:00	18:00	2,3	530,42	12730	31,24	1167,50	28020	68,76	40750	
05:00	17:00	2,3	542,08	13010	31,52	1177,50	28260	68,48	41270	
				383590			814070		1197660	
Elaborado por: GMH										
Fuente: Estadistica de Planta										

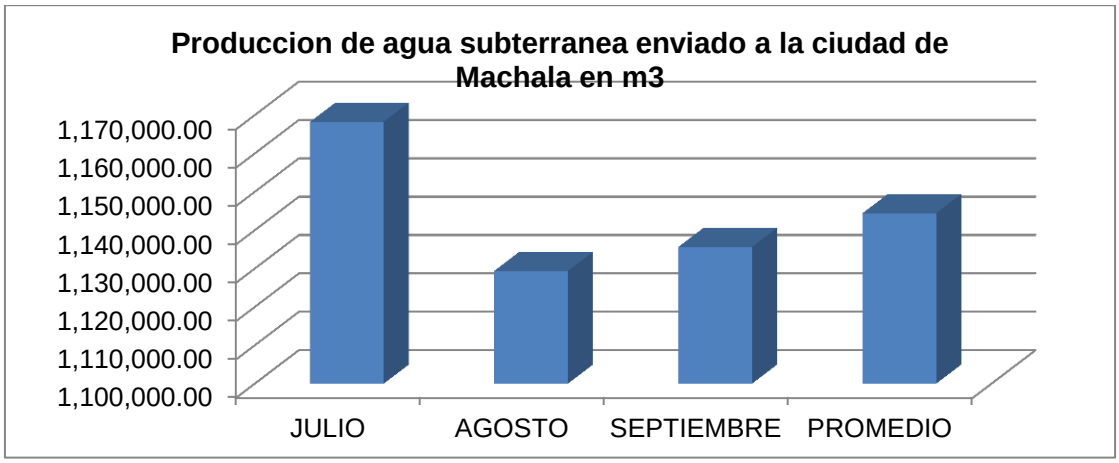


3.1.1.1 ANALISIS DE LA PRODUCCION DE LOS POZOS DE AGUAS SUBTERRANEAS

Tomando en cuenta los tres meses ultimos analizados en el mes de julio se obtuvo una produccion **1´168 240 metros cúbicos,** para el mes de agosto se obtuvo **1´129 390 metros cúbicos** y en el mes de septiembre los pozos produjeron **1´135 640 metros cúbicos**. En el conteo de los tres meses se obtiene una media de **1´144 423,3 metros cúbicos** de producción y enviados a la ciudad de Machala.

PRODUCCION DE AGUA SUBTERRANEA ENVIADO A LA CIUDAD DE MACHALA	
JULIO	1´168.240
AGOSTO	1´129.390
SEPTIEMBRE	1´135.640
PROMEDIO	**1´144.423,3**

Grafico comparativo de la producción de agua subterranea enviado a la ciudad de Machala.



Con la grafica se percibe que el mes de mayor produccion fue el mes de julio del 2015 llegando a una produccion de 1168 240 metros cubicos, mientra que el mes de agosto fue el mes de menor produccion con 1129 390 metros cubicos y durante los tres meses se obtuvo un promedio de 1´144 423,3 metros cubicos.

Población Futura

Proyección Aritmética

Según este método, la tasa de crecimiento de la población en un intervalo de tiempo es invariable e independiente del tamaño de la población. Esto da, al hacer una representación gráfica del mismo, una línea recta.

La estimación aritmética viene dada por la siguiente ecuación:

Pf = Pa + TC . (tf – ta)

De donde:

Pf es la población para el año que se desea hacer la proyección.

Pa es la población del último censo, en este caso es 2010.

tf es el año para el cual se desea hacer la proyección.

ta Es el año del último censo.

TC es la tasa de crecimiento y viene dada por la ecuación:

$$\mathrm{Tc} = \frac{\mathrm{Pa} - \mathrm{Po}}{\mathrm{ta} - \mathrm{to}}$$

De donde:

Po es la población del primer censo analizado.

to es el año del primer censo analizado.

La proyección se realizó con base a los tres últimos censos 1991, 2001 y 2010, tomando dos intervalos de estudio 1990–2010 y 2001–2010. En el cuadro No. 3 se presenta el resumen de las proyecciones hasta el año 2035 a intervalos de 5 años.

Cuadro. 3 Proyección aritmética de la población de la ciudad de Machala.

CENSOS INEC		**Tasa**	**Población Proyectada**				
1990	**2010**	**Aritmética**	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**	**2035**
148 110	245 542	4893	270 437	294 902	319 367	343 832	368 297
CENSOS INEC		**Tasa**	**Población Proyectada**				
2001	**2010**	**Aritmética**	**2015**	**2020**	**2025**	**2030**	**2035**
204 578	245 542	4551	268 727	291 482	314 237	336 992	359 747

Consumo Neto Diario

El Cuadro 4 muestra un resumen del consumo neto (todos los consumos), sin tomar en cuenta el agua no contabilizada (ANC). La dotación neta total resulta ser de 166 lppd.

Cuadro No. 4

Categoría	Dotación (lppd)
Residencial	155
Comercial	10
Industrial	1
Otros	0
Total	166

Fuente: Revision, analisis y verificacion del Plan Maestro de Agua Potable de la ciudad de Machala elaborado en el año 2006.

Producción de Agua para la ciudad de Machala.

En el año 2012 se registró unos cálculos sobre la producción del agua que origina las aguas superficiales como también aguas subterráneas y vemos en el cuadro No. 5 para la ciudad de Machala es asignado un 52.9 % del caudal total que se registra en la planta de Casacay que son 400 lt/s pero en esa fecha se distribuía a la ciudad 220 lt/s diarios.

Cuadro No. 5 Producción de Agua Mayo del 2012

Fuente	(l/s)	(m^3/d)
Producción fuente Superficial estimada (R. Casacay)	400**	34,560
Producción fuente Subterránea, Triple Oro	350	30,240
Producción fuente Subterránea, Municipal	150	12,960
Producción actual disponible	900	77,760

** Mayo 2012*

*** Suministro a ser entregado a la ciudad de Machala desde el sistema de Casacay, sin embargo en la actualidad lo que estaría llegando sería un caudal del orden de los 220 l/s, por lo cual EASO tiene planificado hacer las respectivas restricciones a lo largo del sistema con la finalidad de hacer cumplir el convenio de la repartición del recurso hídrico entre Machala, Pasaje y El Guabo que prescribe que el 52.9% del suministro le corresponde a Machala, el 26.5% a Pasaje y el 20.6 restante a el Guabo.*

Fuente: Revision, analisis y verificacion del Plan Maestro de Agua Potable de la ciudad de Machala elaborado en el año 2006.

Según este informe antes la producción de las fuentes subterráneas tanto de los pozos del municipio como también los pozos de la empresa triple Oro en ese momento producían a la ciudad 43200 m^3/d.

Según el análisis del Plan maestro de Agua Potable la demanda máxima diaria proyectada varía de los 860 l/s hasta los 1,495 l/s respectivamente para los años 2012 y 2036.
Si se considera que el suministro promedio actual es del orden de los 620 l/s, existe un déficit actual de aproximadamente 140 l/s, el cual se incrementará hasta los 775 l/s para el año 2036.

La producción de los pozos profundos de agua subterránea de la ciudad de Machala son de un promedio de 400 lt/s que representan 64.50% actualmente de la dotación que necesita la ciudad de Machala.

3.1.2 ANALISIS DE LA CALIDAD DE AGUA TRATADA, CRUDA Y EN LA RED DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.

Mes de Junio

Este el analisis del agua que ya fue tratada y es enviada a la ciudad de Machala, asi como las muestras de aguas crudas de pozos del municipio, la empresa Aguas y Servicios El Oro y tambien muestras en diferentes puntos de la red de distribucion en la ciudad de Machala, se realiza un analisis de las carcteristicas analizadas en el mes de junio del 2015 con los datos recolectados de parte del laboratorio de la Planta Potabilizadora El Cambio se realiza un analisis de los siguientes parametros:

Cloro Residual.- con lo que respecta a este parametro tiene limites tolerables Norma INEN 1108-2014 que es entre 0.3 – 1.5 mg/l, las muestras de agua tratada de la Planta potabilizadora El Cambio en el dia 12 de junio se obtuvo el mayor valor que fue de 1.20 mg/l, por otro lado el menor valor de residuo de cloro fue el dia 03 de junio con 0.86 mg/l muestra tomada en la direccion Cdla. Oro Verde que pertenece a la rede de la Planta Potabilizadora El Cambio, con esto los resultados obtenidos se mantinen en el limite que permite las normas INEN.

Conductividad.- su limite permisible es de 1000 µs/cm según las normas INEN 1108-2014 y durante el mes de junio no se produjo ninguna anomalia ya que se mantenia dentro de los limites tanto de las aguas tratadas, como las aguas crudas de los pozos del municipio y asi mismo las muestras crudas por parte de los pozos de Aguas y Servicios El Oro se mantienen dentro de los limites permisibles.

pH.- con este parametro durante el mes se mantine dentro de los limites de la normas INEN 1108-2014 con datos que va entre 7,2 como menor a 8,07 unidades en el mayor de los casos analizados diarios durante el mes de julio.

Turbiedad.- el limite tolerable Norma INEN 1108-2014 es de 5 NTU y en el reporte mensual se nota que ninguna de las muestras tomadas se sobrepaso los limites permitidos llegando a un maximo de 3.84 NTU por parte de la muestra de las aguas crudas de los pozos de Aguas y servicios El Oro el dia 01 de junio del 2015.

Solidos Disueltos Totales.- durante el mes de junio la muestra N°3 que corresponde a la muestra de agua cruda pozos de Aguas y Servicios El Oro el 18 de junio 2015 se obtuvo 443 mg/l de solidos disueltos totales.
Caracteristicas Quimicas.- con lo respecto a estos parametros se mantuvieron dentro de los limites tolerables según la Norma INEN 1108-2014, los cuales se realizaron en las fechas de 09 de junio del 2015 y el 23 de junio del 2015.

Analisis Bactereologicos.- dentro de los analasis coliformes fecales y coliformes totales se obtuvieron en su totalidad que siempre los analisis resultaron dentro de los limites tolerables según las Normas INEN 1108-2014 que es < 1 UFC/100 ml.

Mes de Julio

Este el analisis del agua que ya fue tratada y es enviada a la ciudad de Machala, asi como las muestras de aguas crudas de pozos del municipio, la empresa Aguas y Servicios El Oro y tambien muestras en diferentes puntos de la red de distribucion en la ciudad de Machala, se realiza un analisis de las carcteristicas analizadas en el mes de julio del 2015 con los datos recolectados de parte del laboratorio de la Planta Potabilizadora El Cambio se realiza un analisis de los siguientes parametros:

Cloro Residual.- con lo que respecta a este parametro tiene limites tolerables Norma INEN 1108-2014 que es entre 0.3 – 1.5 mg/l, las muestras de agua tratada de la Planta potabilizadora El Cambio en el dia 07 de julio se obtuvo el mayor valor que fue de 1.13 mg/l, por otro lado el menor valor de residuo de cloro fue el dia 11 de julio con 0.70 mg/l, con esto los resultados obtenidos se mantinen en el limite que permite las normas INEN.
Conductividad.- su limite permisible es de 1000 µs/cm según las normas INEN 1108-2014 y durante el mes de julio no se produjo ninguna anomalia ya que se mantenia dentro de los limites tanto de las aguas tratadas, como las aguas crudas de los pozos del municipio y asi mismo las muestras crudas por parte de los pozos de Aguas y Servicios El Oro se mantienen dentro de los limites permisibles.

pH.- con este parametro durante el mes se mantine dentro de los limites de la normas INEN 1108-2014 con datos que va entre 7,5 a 7,9 unidades en el mayor de los casos analizados diarios durante el mes de julio.
Turbiedad.- el limite tolerable Norma INEN 1108-2014 es de 5 NTU y en el reporte mensual se nota que ninguna de las muestras tomadas se sobrepaso los limites permitidos llegando a un maximo de 2.85 NTU por parte de la muestra de las aguas crudas de los pozos de Aguas y servicios El Oro el dia 20 de julio del 2015.

Solidos Disueltos Totales.- durante el mes de julio del 2015 se obtuvo datos que en su mayoria no llegaban a 400 mg/l, pero en la muestra N°7 que corresponde a la sucursal Banco Austro calle principal ingreso de la ciudad de Machala el 08 de julio 2015 se obtuvo 433 mg/l de solidos disueltos totales.

Caracteristicas Quimicas.- con lo respecto a estos parametros se mantuvieron dentro de los limites tolerables según la Norma INEN 1108-2014, los cuales se realizaron en las fechas de 11 de julio del 2015 y el 27 de julio del 2015.

Analisis Bactereologicos.- dentro de los analasis coliformes fecales y coliformes totales se obtuvieron en su totalidad que siempre los analisis resultaron dentro de los limites tolerables según las Normas INEN 1108-2014 que es < 1 UFC/100 ml.

En Anexos se muestra los resultados de los meses de junio y julio del 2015.

3.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.2.1 CONCLUSIONES

- ✓ La produccion actual de los 10 pozos profundos activos de agua subterranea está en un promedio de los 400 lt/s, los cuales abastacen a la Planta Potabilizadora El Cambio para el sistema de agua potable de la ciudad de Machala.
- ✓ La demanda de 720 lt/s que necesita la ciudad no alcanza a ser cubierta por las plantas de aguas superficiales y aguas subterráneas sumando ambos caudales en promedio de 620 lt/s
- ✓ La demanda diaria en un promedio es de 37 685 metros cubicos los cuales se producen en la Planta de Potabilizadora El Cambio
- ✓ La demanda es deficiente en 100 lt/s ya que 4 pozos no estan en funcionamiento por falta de bombas y en un futuro seguira aumentando el deficit ya que la poblacion seguira en aumento.
- ✓ La evaluacion de los analisis del agua como lo son sus parametros: cloro residual, conductividad, pH, Turbiedad y Solidos Disueltos Totales se encuentran dentro de los limites tolerables como lo recomienda las normas INEN 1108-2014
- ✓ Los resultados de los análisis sobre las caracteristicas químicas y análisis bactereológico que se realizan al agua que es enviada a la ciudad se encuentran dentro los límites tolerables como los sugiere las Normas INEN 1108-2014

3.2.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Se debe realizar una evaluacion de vulnerabilidad a la contaminacion del acuifero que abastece la Planta Potabilizadora El Cambio ya que no se cuenta con ningun estudio parecido.

- ✓ Ya que 4 pozos no se encuentran en ejecucion se recomienda realizar todas las dilegencias para poder comprar las bombas que se requieren para entren en su funcionamiento y asi cumplir con la demanda diaria que necesita la ciudad.

- ✓ Mantener el sistema de tratamiento de la Planta Potabilizadora ya que realiza un buen trabajo al distribuir un agua de buena calidad.

Referencias Bibliográficas:

[1] Protección de las aguas subterráneas en Europa, Comisión europea 2008

[2] Manual de Agua Subterránea, Montevideo Uruguay 2012, Dra. María Collazo y Dr. Jorge Montaño Javier

[3] Recursos Hídricos – Resumen del 2do informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, Jacques Wirtgen

[4] Recursos Hídricos – Resumen del 2do informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, Jacques Wirtgen

[5] Recursos Hídricos – Resumen del 2do informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo, Jacques Wirtgen

[6] Evaluación de vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación, aplicación a la zona norte de Santiago, Ing. Carlos Espinoza, Ing. Jorge Ramírez

[7] Aplicación del Método DRASTIC para la evaluación del riesgo de afección a las aguas subterráneas por una obra lineal, Martínez M, Delgado P y Fabregat. Valencia, 1998

[8] Determinación de la vulnerabilidad a contaminación de acuíferos en el Noreste de Estado de Michoacán

[9]Aplicación del método SINTACS para la determinación de la vulnerabilidad acuífera en la cuenca del rio Duero, Michoacán, México, Francisco Estrada, José Silva, Salvador Ochoa, Rodrigo Moncayo, Gustavo Cruz, Fabián Villalpando, Alfredo Ramos, Jaime Nava, 2013

[10] Evaluación de la vulnerabilidad del agua subterránea en el bajo cauca antioqueño, Orfely María Rueda, teresita Betancur, Medellín, 2006

[11] Análisis de metodologías para la caracterización y remediación de acuíferos contaminados por líquidos en fase no acuosa, García García y Martínez Navarrete, 2005

[12] Método ultravioleta selectivo y de reducción con hidracina en la determinación del ion nitrato en aguas subterráneas, Roberto Belgrano, Viviana Colasurdo y Oscar Diaz, 2003

[13] El Riesgo de lixiviación de nitrato en las principales zonas hortícolas de la comunidad valenciana, Instituo de Investigaciones Agrarias.

[14] Procesos y Tecnologías emergentes de remediación de aguas subterráneas contaminadas con disolventes clorados, José Luis Ordoñez Suarez.

[15] Saneamiento de acuíferos contaminados por disolventes halógenos, Andrés Navarro, Manuel Almarcha y Montserrat Puigcercós.

[16] Evaluación de las extracciones de agua subterránea mediante balances hídricos, Javier Samper, Universidad de la Coruña.

[17] Evaluación de Agua Subterránea para riego en la Estancia San Bernardo, Departamento Capital, Provincia de San Luis, Argentina. Luis Bonini, Norberto Bucich, Adolfo Fernández y Juan Herrero.

[18] La gestión de las aguas Subterráneas, Universidad Politécnica de Valencia, Universitat Politécnica de Catalunya, Universidad Complutense de Madrid, Real Academia de ciencias matemáticas, físicas y naturales de España.

[19] Plan de Monitoreo y extracción controlada de las aguas del Acuífero Sardinal, Instituto Meteorológico Nacional Costa Rica, 2008.

[20] Monitoreo de la calidad del agua del acuífero de Guasave, Sinaloa (México), Rodríguez Meza, Rodríguez Figueroa, Sapozhnikov, Vargas Ramírez, vallejo Soto, Verdugo Quiñonez, Michel Rubio,

[21]Mapa hidrológico del Ecuador Memoria Técnica, 1982, Ing. Roberto Cruz Astudillo, Ing. Ivan Leiva, Dr. Pierre Pourrut

[22] [23] Secretaria Nacional del Agua, Informe de gestión 2008 - 2010

[24] Introducción a la Hidrogeología del Ecuador 2da Edición 2014, Napoleón Burbano, Simón Becerra, Efrén Pasquel
[25] Revisión, Análisis y Verificación del Plan Maestro de Agua Potable de la ciudad de Machala elaborado en el Año 2006.
[26] Constitución Política del Ecuador, Capitulo 2 De los derechos civiles, Art 23
[27] Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, Secretaria Nacional de planificación y Desarrollo
[28] Estrategias y métodos de Monitoreo de aguas subterráneas, Carlos F. Quintana Sotomayor.
[29] Métodos y Técnicas para el Monitoreo de Acuíferos, La Plata 2006, Dr. Géol. Miguel Auge
[30] Plan de Monitoreo de la Calidad del Agua y Niveles del Agua Subterránea en el Acuífero Aluvial de playa Panamá
[31] Requerimientos de Monitoreo del Agua Subterránea para manejar la respuesta de los acuíferos y las amenazas a la calidad del agua, 2002-2006, Albert Tuinhof, Stephen Foster, Karin Kemper
[32] Gestión Sustentable del Agua subterránea, Albert Tuinhof, Stephen Foster, Karin Kemper
[33] Gestión Sustentable del Agua subterránea, Albert Tuinhof, Stephen Foster, Karin Kemper
[34] Evaluación Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Machala
[35] Memoria Técnica Cantón Machala Socioeconómico, Diciembre 2013
[36]Métodos de Análisis para la evaluación de la calidad del agua, Ing. Antonio Guevara Vera M.S. en Saneamiento Ambiental
[37] Vulnerabilidad de Acuíferos Conceptos y Métodos, Dr. Miguel Auge, Buenos Aires
[38] Evaluación de la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero mercedes en el área metropolitana de la ciudad de Paysandú – comparación de los Métodos GOD y DRASTIC, Jorge Montaño, Sergio Gagliardi, Hernán Vidal, Mauricio Montaño, Leandson Roberto F. da Lucena.
[39] Generación de los Índices de Vulnerabilidad para Acuíferos: Comparación de Métodos. Lina Hernández, Ing. Julio Haro, Jurgen Mahlknecht.

ANEXOS

URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis Evaluacion de Pozos Porfundos.pdf (D16469940)
Submitted: 2015-11-30 21:13:00
Submitted By: joseroosevelt_05@hotmail.com
Significance: 4 %

Sources included in the report:

http://siteresources.worldbank.org/EXTWAT/Resources/4602122-1210186362590/GWM_Briefing_9_sp.pdf
http://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/recursos-hidricos-foldout.pdf
http://www.uci.ac.cr/Biblioteca/Tesis/PFGBAP30.pdf

Instances where selected sources appear:

25

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Ing. César Solano De La Sala