



**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**“Sistema para Monitoreo de la Explotación y  
Manejo de Aguas Subterráneas para Consumo  
Humano en Trujillo Metropolitano”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:  
WILDER DENYS RAMOS CONTRERAS**

**ASESOR:  
Mg. CONSTANTE GUILLERMO CRUZ ARANDA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**TRUJILLO - PERÚ  
2017**

## DEDICATORIA

### **A DIOS;**

*Por ser fuente de guía interior para ir por el buen camino, dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar ante las adversidades, encarándolas con dignidad, honradez y buscando el bien común.*

### **A Santiago y Yolanda, mis padres;**

*Personas que han entregado gran parte de su vida para velar por mi bienestar y se constituyeron en el pilar de mi desarrollo personal y profesional, con su permanente preocupación y sabios consejos me otorgan la confianza y seguridad de que siempre estarán allí, incluso hasta la eternidad; comprometiéndome a no defraudarlos y hacer denodados esfuerzos por formar unas niñas de bien y solidarias con su sociedad.*

### **A Bressia y Farha, mis hijas;**

*Porque desde que llegaron a este mundo, en diferentes momentos, dieron sentido a mi vida, y son la fuente de motivación permanente para seguir adelante, para no desmayar ante las adversidades y las pruebas que nos depara el destino; comprometiéndome en ser su soporte y guía eterna para consolidar su desarrollo personal y profesional, en armonía con la valoración y cuidado del ambiente que nos rodea y sus recursos naturales.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mis docentes, profesionales que con sus conocimientos y experiencias transmitidas me han permitido tomar conciencia de la difícil realidad que experimenta nuestro planeta y el país que compartimos, en gran medida por impacto del cambio climático; así como, valorar nuestros recursos naturales, con el objeto de promover acciones para el uso eficiente y sostenible.

Quiero expresar un reconocimiento especial a todas aquellas personas, compañeros de estudios y trabajo, profesionales y amigos, que han contribuido con sus conocimientos, consejos e información, para lograr un producto que estoy seguro contribuirá en la gestión sostenible de un recurso natural tan importante para la vida y bienestar de las personas, como es el agua.

## TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
TABLA DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi
<b>CAPÍTULO I : PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO</b>	
1.1 Descripción de la Realidad Problemática	1
1.2 Delimitaciones y Definición del Problema	9
1.3 Formulación del Problema	12
1.4 Objetivo de la Investigación	12
1.5 Hipótesis de la investigación	13
1.6 Variables e Indicadores	13
1.7 Viabilidad de la investigación	15
1.8 Justificación e Importancia de la Investigación	15
1.9 Limitaciones de la Investigación	18
1.10 Tipo y Nivel de la Investigación	18
1.11 Método y Diseño de la investigación	19
1.12 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información	19
1.13 Cobertura de Estudio	20
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes de la Investigación	22
2.2 Marco Histórico	25
2.3 Marco Conceptual	30

<b>CAPÍTULO III: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO</b>	
3.1. Generalidades	39
3.2. Estudio de Factibilidad	43
3.2.1. Factibilidad Técnica	43
3.2.2. Factibilidad Operativa	44
3.2.3. Factibilidad Económica	44
3.3. Análisis del Modelo	45
3.4. Diseño del Modelo y la Herramienta	49
3.4.1. Esquemas Conceptuales	49
3.4.2. Diseño del Modelo Conceptual	55
3.5. Implementación del Sistema	59
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS</b>	
4.1. Análisis de Resultados	67
4.1.1. Resultados de la Encuesta	67
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
5.1. Conclusiones	76
5.2. Recomendaciones	77
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	79
<b>ANEXOS</b>	
ANEXO 1. Matriz de Consistencia	83
ANEXO 2. Estructura de la Hoja Plantilla	85
ANEXO 3. Inventario de Fuentes de Agua Subterránea	93
ANEXO 4. Resumen de Datos de Fuentes de Agua Subterránea	95
ANEXO 5. Representación de los Modelos de Geoprocesamiento	98
ANEXO 6. Modelos de Información geoestadística de los Pozos	101
ANEXO 7. Formato de la Encuesta	109
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b>	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	El desarrollo que solo responde al incremento de la oferta conduce a un 'círculo vicioso'	4
Figura 2.	Gestión integrada del agua subterránea conduce a un 'círculo virtuoso'	5
Figura 3.	Representación del Ciclo Hidrológico	30
Figura 4.	Representación del Sistema Hidrológico	31
Figura 5.	Acuíferos	31
Figura 6.	Tipos de Acuíferos	32
Figura 7.	Aguas Subterráneas	33
Figura 8.	Construcción de un Pozo	34
Figura 9.	La suite de ArcGIS	37
Figura 10.	Presentación inicial de ArcMap	37
Figura 11.	Ejemplo de Modelo de Geoprocesamiento con Model Builder	38
Figura 12.	Análisis del entorno, marco estratégico, normativo y legal	46
Figura 13.	Análisis del proceso de registro, saneamiento e implementación de pozos	46
Figura 14.	Análisis del proceso de explotación del recurso hídrico – Monitoreo de la oferta	47
Figura 15.	Análisis del manejo del recurso hídrico - Monitoreo de la demanda	47
Figura 16.	Análisis de los procesos de soporte estratégicos	48
Figura 17.	Análisis de la información geoestadística y prospectiva	48
Figura 18.	Enfoque de Articulación Estratégica del Marco Normativo de los Servicios de Agua y Saneamiento	50
Figura 19.	Enfoque para una Gestión Integrada del Agua Subterránea para Consumo Humano	53
Figura 20.	Modelo Conceptual para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para Consumo Humano	55
Figura 21.	Modelo GIS y GDB del Sistema	65

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. El Panorama Mundial del Riesgo 2016	1
Gráfico 2. Utilidad del Sistema - Campo de acción estratégico	68
Gráfico 3. Utilidad del Sistema - Integración de los procesos críticos	69
Gráfico 4. Versatilidad del Sistema - Estandarización y parametrización	70
Gráfico 5. Versatilidad del Sistema - Interrelación de datos	71
Gráfico 6. Productividad de la Gestión - Reducción de esfuerzo y tiempo	72
Gráfico 7. Productividad de la Gestión - Toma de decisiones	73
Gráfico 8. Gestión Participativa - Involucramiento de todas las áreas	74
Gráfico 9. Gestión Participativa - Gestión del Conocimiento	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Producción de Agua para Consumo Humano en Trujillo Metropolitano del año 2016	8
Tabla 2.	Tipos de datos que se requieren en la gestión del agua subterránea	22
Tabla 3.	Normatividad vinculante a los Recursos Hídricos	39
Tabla 4.	LMP de Parámetros de Calidad Microbiológica y Parasitológica aplicado a Fuente de Agua Subterránea	42
Tabla 5.	LMP de Parámetros de Calidad Organoléptica aplicados a la Fuente de Agua Subterránea	42
Tabla 6.	LMP de Parámetros de Calidad Química Inorgánica y Orgánica aplicados a la Fuente de Agua Subterránea	43
Tabla 7.	Información de Base del Sistema Georreferenciado	64
Tabla 8.	Información Temática del Sistema Georreferenciado	64
Tabla 9.	Lista de Modelos de Geoprocesamiento	66
Tabla 10.	Análisis de la Utilidad del Sistema - Campo de acción estratégico	68
Tabla 11.	Análisis de la Utilidad del Sistema - Integración de los procesos críticos	69
Tabla 12.	Análisis de la Versatilidad del Sistema - Estandarización y parametrización	70
Tabla 13.	Análisis de la Versatilidad del Sistema - Interrelación de datos	71
Tabla 14.	Análisis de la Productividad de la Gestión - Reducción de esfuerzo y tiempo	72
Tabla 15.	Análisis de la Productividad de la Gestión - Toma de decisiones	73
Tabla 16.	Análisis de la Gestión Participativa - Involucramiento de todas las áreas	74
Tabla 17.	Análisis de la Gestión Participativa - Gestión del Conocimiento	75



## RESUMEN

El presente trabajo se refiere específicamente al diseño y construcción de un Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para Consumo Humano en Trujillo Metropolitano conceptualizado desde un enfoque integral, que comprenda los factores asociados al marco estratégico, normativo y legal; los procesos claves para el monitoreo y los procesos de soporte estratégico relacionados con la explotación y manejo de aguas subterráneas.

La investigación plantea como objetivo: Construir un Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas que contribuya en la gestión integrada del agua subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano.

El problema identificado que motivó la presente investigación, es la necesidad de implementar un Sistema de Monitoreo del Agua Subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano, que comprenda la explotación y manejo, para brindar capacidad de respuesta oportuna y eficiente a las variaciones del comportamiento de los acuíferos, riesgos de contaminación y posibles amenazas de riesgos de desastres que afecten la calidad del agua y su sostenibilidad.

Con los resultados obtenidos se determinó que un Sistema de Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas, integra los datos desde diversas perspectivas, permite la interrelación de múltiples criterios y se complementa con el análisis espacial; lo que mejora el análisis del estado y comportamiento de los pozos de agua para consumo humano y la toma de decisiones, garantizando una eficiente explotación y manejo de las aguas subterráneas, en términos de cantidad y calidad, y la ejecución de acciones orientadas a la sostenibilidad del recurso hídrico en Trujillo Metropolitano.

**Palabras clave:** Agua subterránea, sistema de monitoreo, gestión integral de recursos hídricos, sostenibilidad de los recursos hídricos, desarrollo sostenible.

## ABSTRACT

The present work refers specifically to the design and construction of a System for Monitoring the Operation and Management of Underground Waters for Human Consumption in Trujillo Metropolitano conceptualized from an integral approach, which includes the factors associated with the strategic, normative and legal framework; The key processes for monitoring and strategic support processes related to the exploitation and management of groundwater.

The objective of the research is to: Construct a System for Monitoring the Exploitation and Management of Underground Waters that contributes to the integrated management of groundwater for human consumption in Trujillo Metropolitano.

The identified problem that led to the present investigation is the need to implement an underground water monitoring system for human consumption in Trujillo Metropolitano, which includes the exploitation and management, to provide timely and efficient response capacity to variations in the behavior of Aquifers, pollution risks and possible threats of disaster risks affecting water quality and its sustainability.

With the results obtained, it was determined that a Monitoring System for the Exploitation and Management of Groundwater, integrates the data from different perspectives, allows the interrelationship of multiple criteria and is complemented with the spatial analysis; Which improves the analysis of the state and behavior of water wells for human consumption and decision making, ensuring efficient exploitation and management of groundwater, in terms of quantity and quality, and the implementation of actions oriented towards sustainability Of the water resource in Trujillo Metropolitano.

**Key words:** Groundwater, monitoring system, integrated management of water resources, sustainability of water resources, sustainable development.

## INTRODUCCIÓN

La historia de nuestro planeta, de la vida y de la humanidad ha sido moldeada por el agua, pues desde el origen del hombre el agua está ligada a la vida de los seres humanos. Esta molécula es la pieza básica en la composición de nuestro organismo y de toda forma de vida, constituyéndose en un factor clave para el desarrollo de las distintas culturas, además el agua es un bien económico estratégico para el desarrollo de los pueblos.

El “*garantizar la disponibilidad de agua y saneamiento de calidad para todos*” no debe motivarnos por cumplir el objetivo 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) formulado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), sino es una obligación del Estado para con todos los peruanos que no tienen servicio de agua potable, desagüe ni tratamiento de aguas residuales; es por ello que el sector agua y saneamiento es uno de los pilares de los gobiernos de turno, pero aún existe una gran brecha por cubrir y una deuda social generacional para con millones de peruanos.

El agua para consumo humano en Trujillo Metropolitano es abastecida por la Empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de La Libertad Sociedad Anónima (EPS SEDALIB S.A.), según información al año 2016, el 60 % del agua requerida es provista por fuente de agua superficial, suministrada por el Proyecto Especial CHAVIMOCHIC, y el 40 % restante se obtiene de fuente subterránea, a través de la extracción de agua mediante pozos; situación que refleja la gran importancia de la fuente de agua subterránea en Trujillo Metropolitano.

Es en este contexto, radica la necesidad e importancia de una gestión integral en la explotación y manejo del agua subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano, que permita tener capacidad de respuesta oportuna y eficiente al comportamiento de los acuíferos y a las amenazas de la calidad del agua, mediante el seguimiento y monitoreo de acciones de explotación,

evaluación y asignación del recurso hídrico, evaluación del peligro y control de la contaminación, en el marco del cumplimiento de las exigencias normativas, que garantice su sostenibilidad.

A este respecto la información es esencial para iniciar acciones de planificación estratégica a largo plazo donde se integren datos históricos, actuales y proyectados, asimismo incorporar criterios socio-ambientales para la formulación de planes y programas entorno a la gestión integrada de los recursos hídricos.

Un aspecto clave que influye en la sostenibilidad del agua subterránea es el cambio climático, el mismo que debe verse desde una perspectiva integral, con involucramiento de los grupos de interés, alineado al uso eficiente de los recursos naturales y la seguridad e independencia hídrica, siempre en beneficio de la población.

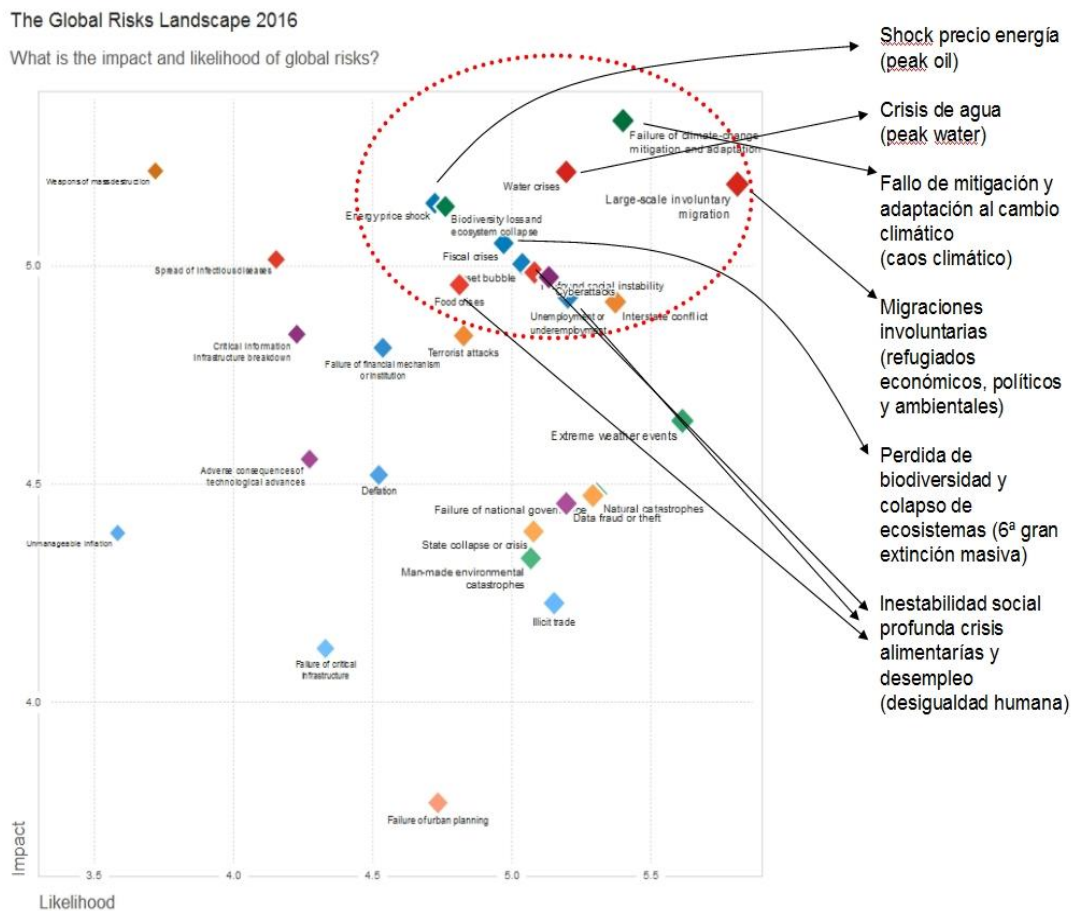
De esta manera, el presente estudio de investigación pretende aportar a la ciencia y tecnología con la finalidad de contar con una herramienta tecnológica para el monitoreo de la explotación y manejo de aguas subterráneas para consumo humano en Trujillo Metropolitano, que oriente y sustente las estrategias para garantizar de una parte la dotación de agua para consumo humano en términos de calidad y cantidad, y de otra parte asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico.

# CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

## 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Según (World Economic Forum 2016) indica que “Después de ser ranqueado entre los cinco riesgos con mayor impacto durante los últimos tres años, **la falta de mitigación y adaptación al cambio climático** sube en 2016 y se percibe como el riesgo con mayor impacto para los próximos años por delante de las **armas de destrucción masiva** que aparece en segundo lugar. Las **crisis de agua** ocupan el tercer puesto. Las **migraciones involuntarias a gran escala** también forman parte de los cinco primeros en términos de impacto, así como el impacto generado por cambios en el precio de la energía (por aumento o disminución).”

Gráfico 1: El Panorama Mundial del Riesgo 2016



Fuente: The Global Risks Report 2016

Según **PNUD (2011)**, *“Los recursos hídricos pueden verse afectados de muchas formas por el cambio climático, incluyendo, de acuerdo al Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) las siguientes:*

- ▶ *Los cambios del clima afectan al ciclo hidrológico: mayor variabilidad espacial y temporal en la precipitación, según muestran los modelos climatológicos para Costa Rica. Afectan la producción agrícola, hidroeléctrica y la provisión de agua potable.*
- ▶ *La mayor frecuencia de inundaciones y sequías. Esto afectará la calidad del agua y exacerbará muchas formas de contaminación del agua (sedimentos, nutrientes, carbono orgánico disuelto).*
- ▶ *Los cambios en la cantidad y la calidad del agua debido al cambio climático afectarán la disponibilidad, estabilidad, acceso y utilización de la comida. Esto aumentará la vulnerabilidad de las familias más pobres, y reducirá la seguridad alimentaria.*
- ▶ *El cambio climático afectará la operación de la infraestructura existente para el aprovechamiento de los recursos hídricos (represas para la generación hidroeléctrica, sistemas de riego y drenaje). Plantea un reto al supuesto tradicional de que la hidrología pasada brinda una buena guía para condiciones futuras.”*

Según Banco Mundial (2016), *“La seguridad hídrica continúa siendo uno de los principales riesgos mundiales en términos de los impactos en materia de desarrollo, y es un aspecto clave para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Los problemas de desarrollo sostenible del siglo XXI existentes en el mundo —desarrollo humano, ciudades habitables, cambio climático, seguridad alimentaria y seguridad energética— no se solucionarán si no se mejora la gestión de los recursos hídricos y se garantiza el acceso a servicios confiables de abastecimiento de agua y saneamiento”.*

Según (**Fundación para el Conocimiento Madrid 2016**) *“En la Tierra se acumulan y liberan sustancias que pueden tener efectos negativos*

*para la salud humana, cuando alcanzan elevadas concentraciones en el organismo. Algunas de estas sustancias son el mercurio y el arsénico. La presencia de arsénico en las aguas subterráneas en concentraciones perjudiciales para la salud constituye un problema de alta prioridad a escala internacional, desde que su incidencia se puso de manifiesto en las últimas décadas del siglo pasado en Bangladesh, donde para paliar las enfermedades endémicas originadas por la ingestión de agua superficial contaminada, se llevó a cabo una actuación basada en la extracción de agua subterránea, en principio de mejor calidad para el consumo humano.*

*Con el paso de los años, se produjo una incidencia muy alta de enfermos de cáncer de piel y otras dolencias (patologías cardiovasculares, diabetes, anemia, alteraciones inmunológicas, alteraciones neurológicas, alteraciones del desarrollo) relacionadas con la exposición a altas concentraciones de arsénico.*

*Ello generó una alarma a escala mundial, de tal manera que ahora el arsénico se incluye dentro de los elementos que son determinados en los análisis rutinarios de agua de consumo humano. Así, se han identificado un gran número de acuíferos en diversas partes del mundo (Alemania, México, Argentina, Bangladesh, China, Estados Unidos, Rumanía, etc.), donde las concentraciones exceden los límites aconsejados en aguas de bebida, establecidos en un contenido máximo de arsénico en 10 µg/l (Organización Mundial de la Salud [OMS], Unión Europea [Directiva 98/83], Agencia de Protección Ambiental Estadounidense [USEPA]).”*

*Según Banco Mundial (2001) “La gestión de los recursos de agua subterránea tiene que equilibrar la explotación de un recurso complejo (en términos de cantidad, calidad e interacciones con el agua superficial) con las crecientes exigencias de los usuarios del agua y de la tierra*

(quienes pueden representar un amenaza a la disponibilidad y la calidad del recurso hídrico)....

Las necesidades de gestión de agua subterránea generalmente no aparecen hasta que el descenso en el rendimiento de los pozos y/o la calidad del agua afecta a algún grupo interesado. Si se permite que haya más bombeo sin control, se puede desarrollar un 'círculo vicioso' (Figura 1), lo que puede traer como resultado el daño de los recursos en general (con un grave descenso del nivel de agua subterránea y, en algunos casos, invasión salina de los acuíferos o, incluso, asentamiento del terreno).

Figura 1. El desarrollo que solo responde al incremento de la oferta conduce a un 'círculo vicioso'



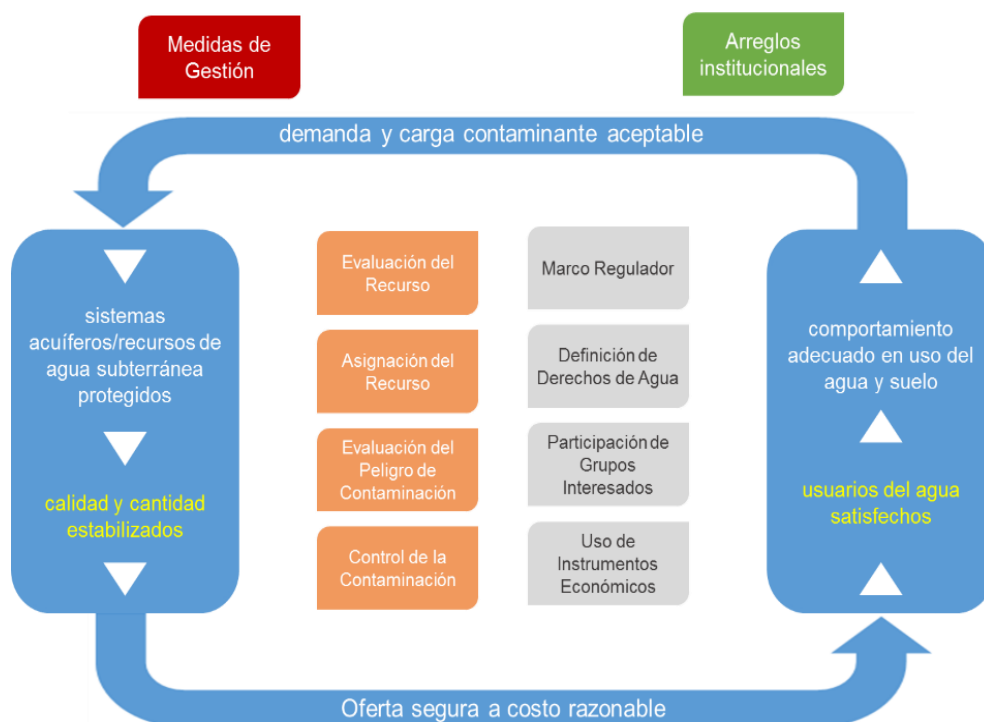
Fuente: Banco Mundial 2001.

Para transformar este 'círculo vicioso' en un 'círculo virtuoso' (Figura 2), resulta esencial conocer que gestionar el agua subterránea implica trabajar con la gente (usuarios de agua y de tierra) tanto como gestionar el agua (recursos acuíferos) o, en otras palabras, que las dimensiones



socioeconómicas (gestión de la demanda) como la dimensión hidrogeológica (gestión de la oferta), y que siempre requieren integrar ambas”.

Figura 2. Gestión integrada del agua subterránea conduce a un ‘círculo virtuoso’



Fuente: Banco Mundial 2001.

Según (**Comisión Técnica Multisectorial 2009**), señala que “en la zona costera Norte, el incremento de las disponibilidades hídricas superficiales, originada por la implementación de las medidas estructurales impuestas por los proyectos especiales de irrigación, con un bajo costo del servicio de abastecimiento (tarifa), ha desincentivado el uso de las aguas subterráneas, alentando el despilfarro de las aguas superficiales, generando la degradación de suelos por elevación del nivel freático, con la consecuente reducción de la superficie del suelo productivo.

Conforme a lo señalado, el uso desmedido y unilateral del agua superficial o subterránea, genera el desbalance hídrico del sistema

*acuífero, con la consecuente elevación de la Napa Freática a niveles críticos o sobreexplotación del agua subterránea respectivamente...”.*

El Gobierno del Perú, en el marco de su Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (PENRH) aprobada en el año 2009, ha establecido objetivos específicos y ha definido acciones estratégicas intersectoriales; es así que para el Sector Vivienda, Construcción y Saneamiento, existe un objetivo específico y acción estratégica vinculante asociado con las aguas subterráneas, como se describe a continuación:

- ▶ Objetivo específico: *“Priorizar el uso de aguas subterráneas para atender las demandas poblacionales (Comisión Técnica Multisectorial 2009),* pág. 19.
- ▶ Acción estratégica del ámbito urbano: *“Promover la explotación de aguas subterráneas con fines de abastecimiento poblacional” (Comisión Técnica Multisectorial 2009),* pág. 19.

El Decreto Legislativo N° 1280 que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento, en su Principio **10 - Protección del ambiente y uso eficiente del agua**, establece:

*“La prestación de los servicios de saneamiento garantiza la gestión sostenible de los recursos hídricos en concordancia con las normas ambientales mediante la priorización de proyectos, programas y acciones que promueven y/o garanticen el aprovechamiento eficiente y la conservación de las fuentes naturales de agua superficial y subterránea, en los procesos de planeamiento y ejecución de inversiones”.*

Con ello, se evidencia la importancia del agua subterránea en la gestión de los recursos hídricos a nivel país, para asegurar la implementación de la PENRH, constituyendo un aspecto crítico la recopilación y gestión de la información relacionada con las características hidrodinámicas,

calidad y régimen de aprovechamiento de las fuentes de aguas subterráneas, y para la planificación de acciones de mediano y largo plazo que garanticen la sostenibilidad de los recursos hídricos.

El Perú cuenta con el Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (SNGRH), que es una plataforma conformada por todas las instituciones del sector público y usuarios que tienen competencias y funciones relacionadas a la gestión del agua; asimismo, la Dirección de Gestión de Calidad de Recursos Hídricos (DGCRH) de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), con Resolución Jefatural 10-2016-ANA aprobó el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales”, mediante el cual realizan la vigilancia y fiscalización de la calidad de los recursos hídricos para prevenir, mitigar y controlar la contaminación, orientando esfuerzos hacia una gestión integrada y sostenible para la protección y conservación del recurso hídrico en el país, requiriendo información de entidades públicas y privadas según su manejo y competencia.

Se evidencia la necesidad de sistematizar la información de los recursos hídricos, siendo relevante la información que se genere en los procesos de explotación y manejo de las aguas subterráneas en Trujillo Metropolitano a cargo de la EPS competente, por estar destinada al consumo humano.

En Trujillo Metropolitano, la Empresa de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de la Libertad Sociedad Anónima (EPS SEDALIB S.A.), es la Entidad encargada de brindar los servicios de agua y saneamiento. En el año 2016, a nivel Empresa, el agua subterránea representó el 45% de total de agua producida, y a nivel de Trujillo Metropolitano el 40%, como se aprecia en la tabla siguiente:

Tabla 1. Producción de Agua para Consumo Humano en Trujillo Metropolitano del año 2016

Localidad de Trujillo Metropolitano	Población urbana del ámbito (*) (habitantes)	Producción año 2016		Total
		Agua Superficial (m <sup>3</sup> )	Agua Subterránea (m <sup>3</sup> )	
Trujillo	332 363	12 732 797	13 450 068	26 182 865
Víctor Larco Herrera	65 235		5 563 711	5 563 711
La Esperanza	186 936	8 524 930		8 524 930
Florencia de Mora	44 527	1 353 234		1 353 234
El Porvenir	199 091	6 401 518	549 350	6 950 868
Huanchaco	46 384	905 435	773 754	1 679 189
Moche	16 829	1 387 045		1 387 045
Salaverry	10 558	843 883		843 883
<b>TOTAL</b>	<b>901 922</b>	<b>31 304 959</b>	<b>21 180 766</b>	<b>52 485 725</b>
<b>Porcentaje (%)</b>		<b>60%</b>	<b>40%</b>	<b>100%</b>

(\*): Población urbana del ámbito estimada en el PMO vigente.

Fuente: Plan Operativo de la EPS SEDALIB S.A.

Esta situación refleja la importancia del uso del agua subterránea para el abastecimiento de la población dentro del ámbito jurisdiccional de la EPS, y en particular en Trujillo Metropolitano, y para efectos de cumplir con las exigencias normativas:

- ▶ Se lleva un registro de todos los pozos activos e inactivos, en hojas electrónicas, no sistematizadas ni integradas, realizado por el área de Mantenimiento Electromecánico.
- ▶ Se realiza monitoreos periódicos de la calidad del agua producida, cuyo registro se lleva en hojas electrónicas, no sistematizadas ni integradas, realizada por el área de Control de Calidad.
- ▶ Se realiza mantenimiento periódicos de la infraestructura sanitaria de los pozos, con algunas limitaciones presupuestales, realizado por el área de Mantenimiento Electromecánico, pero la información generada que no está sistematizada ni integrada.

La EPS, a la fecha, no cuenta con un sistema de monitoreo eficiente e integrado de las fuentes de agua subterránea, orientado a su explotación y manejo, que permita consolidar la información y generar estadísticas de la producción, comportamiento y estado actual de la fuente; limitando i) realizar una gestión integral; ii) implementar acciones oportunas ante posibles riesgos de contaminación y riesgos de desastres naturales; iii) implementar acciones para protección y conservación del recurso hídrico; y, iv) contribuir a garantizar su calidad y sostenibilidad.

Por la importancia que tiene la gestión de las aguas subterráneas, se han desarrollado sistemas de modelamiento hidrológico que ayudan a simular el comportamiento de las aguas subterráneas asociado a su explotación y manejo sostenible, pero son de propósito general y están orientados en un contexto mayor, como es la gestión de cuencas, fuera de la jurisdicción de la EPS de agua y saneamiento considerada en el ámbito de la presente investigación.

En tal contexto, la presente investigación busca identificar aquellos factores claves y específicos en torno a las aguas subterráneas que debieran ser monitoreados estratégicamente y permanentemente por la EPS de agua y saneamiento, permitiéndole realizar una gestión eficiente de su explotación y un manejo sostenible del recurso hídrico por constituirse en una fuente alternativa y crítica para el abastecimiento de agua para consumo humano en Trujillo Metropolitano.

## **1.2. DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **A. Delimitación Espacial**

La investigación se desarrolla en el ámbito de Trujillo Metropolitano, según la clasificación de la EPS de agua y saneamiento en este ámbito, y que comprende los distritos de

Trujillo, Víctor Larco Herrera, Florencia de Mora, El Porvenir, La Esperanza, Huanchaco y Moche.

Sin embargo, el alcance de los fundamentos conceptuales y técnicos son de aplicación a las Empresas y Entidades que tienen a cargo la administración de los servicios de agua y saneamiento que explotan fuentes subterráneas.

#### **B. Delimitación Temporal**

El trabajo de investigación comprende desde el año 2016 con la concepción del Proyecto de Investigación y la recopilación de información estratégica, y en el año 2017 se desarrolló el modelo, construyó el Sistema y se obtuvo los resultados de la investigación y se elaboró el informe final.

#### **C. Delimitación Social**

Está comprendida la población de Trujillo Metropolitano que es abastecida por fuente de agua subterránea, y que comprende a una población urbana estimada en 901 922,00 habitantes (Ver Tabla 1), siendo un aspecto crítico garantizar la dotación de este líquido elemento en condiciones de salud y salubridad acorde a las exigencias normativas.

#### **D. Delimitación Conceptual**

La presente investigación permitirá conocer el proceso de la gestión del agua subterránea que realiza la EPS de agua y saneamiento en Trujillo Metropolitano, proceso que comprende la explotación y manejo.

El estudio está delimitado por el marco conceptual por las variables:

### **1. Tecnología de información:**

Para realizar la presente investigación se ha recurrido a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), como MS-Excel y la suite ArcGIS, además es significativo el uso del internet, páginas web y redes sociales.

### **2. Gestión del Proceso escogido:**

Para el desarrollo del presente estudio se ha explorado información sobre la temática de la explotación y manejo de las fuentes de agua subterránea, contaminación ambiental, gestión de riesgos de desastres, como soporte para las variables principales. Todo ello ha contribuido en un proceso sistemático y secuencial de la investigación.

## **1.2.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Existe la necesidad de implementar un Sistema para Monitoreo del Agua Subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano, que comprenda su explotación y manejo, para brindar capacidad de respuesta oportuna y eficiente a las variaciones del comportamiento de los acuíferos, riesgos de contaminación ambiental y posibles amenazas de riesgos de desastres que afecten la calidad del agua y su sostenibilidad.

El sistema propuesto, entre otros aspectos, permitirá dar respuesta a las interrogantes siguientes:

- ▶ ¿Es adaptable a objetivos estratégicos institucionales?
- ▶ ¿Permite conocer las etapas para el monitoreo del agua subterránea y gestionar su información clave?
- ▶ ¿Permite identificar los puntos de muestreo y parámetros a monitorear acorde a las exigencias normativas?

- ▶ ¿Permite gestionar la información de los pozos de agua para consumo humano de Trujillo Metropolitano?
- ▶ ¿Permite identificar indicadores claves para evaluación?
- ▶ ¿Permite gestionar información de riesgos de contaminación ambiental y riesgos de desastres naturales?

### **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1. Problema principal:**

¿Qué características debe tener un Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para contribuir en la gestión integrada en las fuentes de agua subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano?

#### **1.3.2. Problemas específicos:**

- a) ¿Qué factores críticos influyen en la gestión integrada para la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para consumo humano en Trujillo Metropolitano?
- b) ¿Cuál es el Modelo Conceptual de un Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para consumo humano en Trujillo Metropolitano?
- c) ¿Cuáles son los indicadores de desempeño estratégicos en la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para consumo humano en Trujillo Metropolitano?

### **1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.4.1. Objetivo general:**

Construir un Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas que contribuya en la gestión integrada de las fuentes de agua subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano.



#### **1.4.2. Objetivos específicos:**

- a) Determinar los factores críticos que influyen en la gestión integrada para la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para consumo humano en Trujillo Metropolitano.
- b) Diseñar el Modelo Conceptual del Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para Consumo Humano en Trujillo Metropolitano.
- c) Determinar los indicadores de desempeño estratégicos en la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para consumo humano en Trujillo Metropolitano.

### **1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.5.1. Hipótesis general:**

Un Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas contribuye a la gestión integrada de las fuentes de agua subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano.

### **1.6. VARIABLES E INDICADORES**

#### **1.6.1. Variable Independiente:**

Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas.

#### **A. Definición Operacional:**

Conjunto de elementos dinámicamente interrelacionados, que realizan actividades para alcanzar un objetivo; operando sobre datos, energía o materia para poder así transformarlos

en información, energía y materia. (Arrascaeta 2007; Eguiluz 2007).

**B. Indicador:**

Herramienta tecnológica integrada para el Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas.

▶ **Índices:**

- ▶ Utilidad.
- ▶ Versatilidad.

**1.6.2. Variable Independiente:**

Gestión Integrada de las fuentes de agua subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano.

**A. Definición Operacional:**

Proceso que busca maximizar el bienestar económico y social de manera equitativa, promoviendo el desarrollo y gestión coordinados del agua, la tierra y los recursos con ellos relacionados, según un esquema operacional que no compromete la sostenibilidad de los ecosistemas vitales.

**B. Indicador:**

Acciones para la sostenibilidad de las fuentes de agua subterránea en Trujillo Metropolitano, en términos de cantidad y calidad.

▶ **Índices:**

- ▶ Productividad.
- ▶ Participativa.

## **1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.7.1. Viabilidad técnica**

- ▶ Se ha contado con el profesional con la capacidad técnica y cognoscitiva para la conceptualización del modelo, diseño del sistema y construcción de la herramienta tecnológica.
- ▶ Se ha tenido acceso a profesionales con conocimientos y amplia experiencia en la explotación y manejo de aguas subterráneas.

### **1.7.2. Viabilidad operativa**

- ▶ Se ha tenido acceso a datos asociados al monitoreo de las aguas subterráneas realizados por la EPS y de entidades con competencia en la gestión de recursos hídricos, como la ANA y DIGESA.

### **1.7.3. Viabilidad económica**

- ▶ Se ha destinado el tiempo necesario para el desarrollo de la investigación, se ha contado con información de la EPS y otras instituciones, alfanumérica y cartográfica, y se contó con el presupuesto requerido para llevar a cabo de manera integral el trabajo.

## **1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.8.1. Justificación**

#### **A. Justificación Teórica:**

La presente investigación ha permitido conocer las teorías de las variables de estudio, el correspondiente sustento científico y tecnológico, el marco normativo y regulador vigente en el Estado Peruano que tiene impacto en la explotación y manejo de aguas subterráneas para consumo humano.

### **B. Justificación Metodológica:**

La presente investigación hará posible conocer, elaborar y aplicar los instrumentos de recolección de datos, así mismo, como el desarrollo de la investigación mediante el esquema propuesto.

### **C. Justificación Práctica:**

La presente investigación exige realizar acciones y desarrollar actitudes que contribuyan a mejorar la explotación y manejo de las aguas subterráneas, tomando en cuenta que:

- ▶ Contribuye a la gestión eficaz del agua subterránea, dotando de mecanismos efectivos que promuevan la implementación de acciones oportunas para garantizar su sostenibilidad.
- ▶ Contribuye al logro de beneficios económicos, ambientales y sociales para la población involucrada.
- ▶ Orienta los esfuerzos hacia una gestión estratégica, oportuna, eficaz y de calidad de las aguas subterráneas.

### **D. Justificación Social:**

La presente investigación permite construir una herramienta de gestión para la explotación y manejo de aguas subterráneas para consumo humano que tiene un impacto favorable en la población de Trujillo Metropolitano.

### **1.8.2. Importancia**

El hecho de contar con un instrumento de gestión coherente e integrado, para el Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas, aplicada a un campo de relevancia para la gestión de la EPS de Agua y Saneamiento en el ámbito de estudio, es importante porque permitirá disponer de una vasta

información actualizada de las propiedades y características de las aguas subterráneas, que provea múltiples beneficios de forma directa e indirecta, como son:

**A. Institucional:**

- ▶ Integración del manejo de las aguas subterráneas hacia un enfoque integral de la gestión de cuencas (Modelamiento hidráulico).
- ▶ Promoción de la transparencia y responsabilidad en la gestión de las aguas subterráneas, incentivando su cuidado y preservación (Control Interno).

**B. Económica**

- ▶ Sostenibilidad en la generación de recursos financieros en la producción de agua para consumo humano para la población de Trujillo Metropolitano (Sistema de Costos).
- ▶ Contribuya a realizar proyecciones de la producción de agua subterránea para consumo humano.

**C. Comunicación y Educación:**

Acceso a información de forma permanente para que se implementen:

- ▶ Medidas que reduzcan la sobreexplotación de los acuíferos.
- ▶ Acciones de prevención y reducción de contaminación de las aguas subterráneas.

**D. Tecnológica**

- ▶ Promoción de tecnologías y nuevos conocimientos que permiten mejorar la productividad y eficiencia del personal en la gestión de las aguas subterráneas.

- ▶ Integración de conocimientos y herramientas de disciplinas del enfoque sistémico y científico en el contexto ambiental.

#### **E. Ambiental:**

- ▶ Contribución en la implementación de acciones que mitiguen los efectos del cambio climático, la gestión integrada de los recursos hídricos, la gestión de riesgos de desastres naturales y la gestión de riesgos de contaminación del agua y suelo, en el marco del desarrollo sostenible.

### **1.9. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

No se han presentado limitaciones importantes en aspectos financieros, información, tiempo o recurso humano; y algunos sucesos presentados durante el desarrollo de la investigación han sido superados con facilidad por el investigador sin mayor complicación, ni impacto en el resultado final.

### **1.10. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.10.1. Tipo de Investigación:**

**Aplicada**, siendo que la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad (**Murillo 2008**).

### 1.10.2. Nivel de Investigación:

**No-Experimental**, siendo aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos (**Hernández, Fernández, Baptista, 2010**).

## 1.11. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.11.1. Método de la Investigación:

En la presente investigación se utilizó el método estadístico para recolectar, procesar y estimar resultados, además se aplicó el método inductivo-deductivo y analítico-sistemático.

### 1.11.2. Diseño de la Investigación:

El trabajo se ajusta al diseño descriptivo, que consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento (**Hernández, Fernández, Baptista, 2010**).



**Donde:**

M : Muestra

OX : Observación de la variables

## 1.12. TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

### 1.12.1. Técnicas:

A. **Encuesta**: consiste en un conjunto de preguntas respecto de una variable. Debe ser congruente con el planteamiento del problema e hipótesis (**Brace 2008**).

B. **Observación de Campo:** consiste en el contacto directo del investigador con la realidad para la obtención de datos (Hernández, Fernández, Baptista, 2014).

#### 1.12.2. Instrumento:

A. **Cuestionario:** es un conjunto de preguntas aplicadas a directivos y funcionarios de la EPS sobre información relevante de la muestra en estudio (los pozos de agua subterránea para consumo humano), se estructuró en 12 preguntas, 4 de naturaleza general y 8 para validar las variables de la hipótesis.

B. **Guía de Observación:** Consiste en listar la serie de eventos, procesos, hechos o situaciones a ser observados, su ocurrencia y características (Ruíz 2002).

### 1.13. COBERTURA DEL ESTUDIO

#### 1.13.1. Universo

Se consideró como universo a la población laboral de la EPS, comprendida por Directivos y Funcionarios (hasta el año 2016), que asciende a 84 profesionales, quienes tienen o han tenido relación directa e indirecta con la gestión de las fuentes de agua subterránea de la EPS de Trujillo Metropolitano, conformado por 45 pozos en producción ubicados en los distritos de Trujillo, El Porvenir, La Esperanza, Laredo, Víctor Larco Herrera, Moche, Salaverry y Huanchaco.

#### 1.13.2. Muestra

La muestra está constituida por una parte de la población laboral de la EPS, que tiene o han tenido relación directa con la gestión de las fuentes de agua subterránea, que fue elegida mediante



un diseño mixto, este tipo de diseño combina diversos tipos de muestreo, ya sean probabilísticos o no (**Tamayo 2000**).

$$n = \frac{Z^2 \times P \times Q \times N}{e^2(N - 1) + Z^2 \times P \times Q}$$

**Donde:**

- n** = Tamaño necesario de la muestra
- Z** = Margen de confiabilidad
- P** = Probabilidad de que el evento ocurra
- Q** = Probabilidad de que el evento no ocurra
- e** = Error de estimación
- N** = Tamaño de la población

**Reemplazando los datos en la fórmula:**

$$n = \frac{(1.96)^2(0.5)(0.5)(84)}{(0.08)^2(84 - 1) + (1.96)^2(0.25)}$$

$$n = \frac{(3.84)(0.25)(84)}{(0.01)(83) + (3.84)(0.25)}$$

$$n = \frac{80.64}{0.83 + 0.96}$$

$$n = \frac{80.64}{1.79}$$

$$n = 45.05 \cong 45$$

La muestra se conformó por 45 profesionales, sustentado en el desarrollo de la fórmula.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En la nota informativa 9, del Banco Mundial (2006), sobre Requerimientos de Monitoreo de Agua Subterránea, indica que para evaluar aspectos importantes del agua subterránea para implementar soluciones de gestión se requieren datos hidrogeológicos, tanto de la ‘condición básica inicial’ como de las ‘variaciones en el tiempo’, como las que se describen en la tabla siguiente:

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	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Registros de pozos de producción (perfiles hidrogeológicos, niveles y calidad instantáneos del agua subterránea)</li> <li>▶ Pruebas de bombeo en pozos y acuíferos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Monitoreo del nivel del agua subterránea</li> <li>▶ Monitoreo de la calidad del agua</li> </ul>
Uso del Agua Subterránea	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Instalaciones de bombeo de pozos de producción</li> <li>▶ Inventario de los usos de agua</li> <li>▶ Registros y pronósticos de la población</li> <li>▶ Consumo de energía para riego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Monitoreo de la extracción de pozos de producción (directo o indirecto)</li> <li>▶ Variaciones el nivel del agua subterránea en los pozos</li> </ul>
Información de apoyo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Datos climáticos</li> <li>▶ Inventarios del uso del suelo</li> <li>▶ Mapas y secciones geológicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Medición del flujo de los ríos</li> <li>▶ Observaciones meteorológicas</li> <li>▶ Levantamientos con satélite del uso del suelo</li> </ul>

Fuente: *Banco Mundial (2006)*.

La recolección de los datos que registran las 'variaciones en el tiempo' es lo que generalmente se considera como el '**monitoreo del agua subterránea**', que comprende la recolección, análisis y almacenamiento de un número determinado de datos en forma regular, conforme a circunstancias y objetivos específicos.

Como indica (**Ordoñez 2011**), el agua subterránea fluye a través de los materiales porosos saturados del subsuelo hacia niveles más bajos que los de infiltración y puede volver a surgir naturalmente como manantiales y caudal de base de los ríos. La mayoría de estos devuelve el agua a los mares o la lleva a cuencas cerradas donde se evapora.

De esta manera, el agua subterránea representa una fracción importante de la masa de agua presente en cada momento en los continentes. Éstas están almacenadas en acuíferos, ubicados a diferentes niveles de profundidad, hasta sistemas confinados que están a varios kilómetros por debajo de la superficie. Se pueden encontrar aguas subterráneas en casi cualquier parte, trátase de zonas húmedas, áridas o semiáridas. El agua del subsuelo es un recurso importante, pero de difícil gestión, por sus sensibilidad a la contaminación y a la sobreexplotación.

Con respecto a (**Collazo et al 2012**) en su Manual de Agua Subterránea, presentan los principales problemas vinculados a las aguas subterráneas en Uruguay, como son:

- ▶ **Sobreexplotación**, fundamentalmente en un área de alta demanda para riego, en el que se explotan perforaciones en el Basamento Cristalino (acuífero fisurado). La alta densidad de pozos ha generado interferencia entre los mismos y descenso de los niveles piezométricos.
- ▶ **Sobreexplotación e intrusión salina**, en un área que debido al aumento desmedido de la explotación del agua subterránea llevó a

una situación de sobreexplotación que indujo la intrusión de agua de mar al acuífero, con la consecuente pérdida del recurso.

- ▶ **Contaminación**, en casos puntuales principalmente por nitrato y coliformes fecales generados por vertidos sanitarios, y sistemas de saneamiento precarios y defectuosos (fosas y pozos sépticos con vertedor hacia el suelo) y por la actividad lechera (tambos).
- ▶ **Calidad**, en casos puntuales, con presencia de altos contenidos de hierro, altos contenidos salinos, tenores altos de sales, lo que implica algunos problemas para la utilización de sus aguas para riego.

En relación al Decreto Legislativo N° 1185, del 15 de agosto de 2015, “Decreto Legislativo que regula el Régimen Especial del Monitoreo y Gestión del uso de las aguas subterráneas a cargo de las EPS de Saneamiento”, en su Segunda Disposición Complementaria Modificatoria, modifica el artículo 1 de la Ley N° 23521 del 21 de diciembre de 1982, Ley que reserva las aguas subterráneas de la cuenca del Río Moche (Trujillo) a favor de SEDAPAT, estableciendo:

*“Artículo 1.- Resérvese, con excepción de las dedicadas o por dedicarse a fines agrarios, las aguas subterráneas del acuífero de la provincia de Trujillo, a favor de la Empresa de Agua Potable y Servicio de Alcantarillado de La Libertad Sociedad Anónima SEDALIB S.A, en mérito de lo cual **ejercherà el rol de operador del servicio de monitoreo y gestión de aguas subterráneas de dichas aguas**”.*

La EPS SEDALIB S.A. en el marco de la normatividad expuesta, evidencia la necesidad de diseñar e implementar mecanismos de gestión que le permitan realizar un adecuado monitoreo de la cantidad y calidad del agua subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano, no solo para que se garantice la sostenibilidad del recurso hídrico sino para cumplir con la normatividad vigente.

## 2.2. MARCO HISTORICO

La historia de nuestro planeta, la de la vida y la de la humanidad han sido modeladas por el agua. Esta prodigiosa molécula es la pieza básica en la composición de nuestro organismo y de todas las formas de vida, y ha sido también un factor clave en el desarrollo de las distintas Culturas.

En la Conferencia de las Naciones Unidas para la Desertificación de 1977 (**CNUD 1997**), se expuso que el agua está presente en todas las formaciones geológicas, pero solo se considera como “agua subterránea” aquella que puede fluir a través de una formación de este tipo y puede ser extraída de ella por drenaje o por procedimientos de bombeo; y que además las aguas subterráneas constituyen el mayor potencial de agua dulce que se almacena en la corteza terrestre, estimada en 8,5 millones de Km<sup>3</sup>.

Se conoce que el hombre, desde sus albores de la humanidad, ello hace miles de años, se las ingenió para obtener agua mediante pozos excavados o perforados aunque sin conocimiento ni una explicación clara de dicho fenómeno; incluso muchos de esos antiguos procedimientos se siguen utilizando con algunas variaciones, aunque en la actualidad con otros materiales y uso de tecnologías.

En el tiempo, se han presentado muchas teorías del origen y gestión del agua subterránea, como por ejemplo:

- ▶ Homero (VIII, a.C.) y Tales de Mileto (V, a.C.) creían que el agua subterránea tenía su origen “en los océanos”.
- ▶ Platón (427 a 347, a.C.), pensaba que las aguas se originaban en “el más profundo de los abismos de la tercera Tierra (el Tártaro), repleto de agua, y que desciende hasta el centro de la tierra, donde convergen todas las aguas, tanto del océano como de los ríos”.
- ▶ El filósofo Aristóteles (384 a 322, a.C.) creía que “así como el aire que rodea la tierra se convierte en agua a causa del frío de los cielos y se

precipita en forma de lluvia, el aire que penetra en la corteza terrestre también se transforma en agua debido al frío que allí se encuentra y el agua que emerge de la tierra se une al agua de lluvia para dar origen a los ríos”.

- ▶ El arquitecto romano Marcos Vitruvius Polion (70 a 25, a.C.) se acercó más a la realidad cuando afirmó que: “las montañas reciben gran cantidad de lluvia, la cual se filtra en los estratos rocosos y emerge para formar las corrientes” (aproximación a las teorías actuales sobre la “infiltración”)
- ▶ El filósofo griego Lucius Annaeus Séneca (4 - 65 d.C.), creyó igual que Aristóteles, pero negó la realidad de la infiltración del agua. Por más de 1500 años se pensó que la lluvia era insuficiente fuente para alimentar toda el agua que brota de los manantiales.
- ▶ Bernard Palissy, filósofo y alfarero (1510-1589) reiteró esas ideas sobre la “teoría de la infiltración” (1580), pero sin lograr alcanzar el éxito, pues persistían las ideas greco-romanas.
- ▶ René Descartes, filósofo francés (1596-1650) reiteró la teoría de los griegos sobre el “agua de mar como origen”, complementada con “los procesos de vaporización y condensación dentro de la tierra”.
- ▶ Pierre Perrault (1608-1680), en su obra "de L'Origine des fontaines", publicado en 1674 París, introduce la Hidrología Científica. Perrault efectuó un balance hidrológico de una cuenca situada en el curso superior del Sena, donde midió durante tres años la lluvia y estimó el escurrimiento en la cuenca del “Alto Sena”, reportando en 1664 que lo “precipitado” en la cuenca era de alrededor de seis veces la descarga del río, demostrando lo falso de decir que la lluvia era insuficiente para cubrir el caudal de los ríos.
- ▶ Edme Mariotte (1620-1684) efectuó medidas en el río Sena de París, y confirmó lo que ya Perrault había postulado anteriormente, lo que fue publicado en 1686, posterior a su muerte, conteniendo datos reales que apoyaban fuertemente la teoría de la infiltración.

- ▶ Edmund Halley (1656-1742) efectuó medidas de evaporación, reportando en 1693 que lo evaporado en el mar era suficiente alimentar a todos los manantiales y corrientes de agua de la tierra.
- ▶ Durante el siglo XVIII se establecieron los fundamentos geológicos, base para la comprensión de la presencia y movimiento del agua bajo la superficie de la tierra.
- ▶ Henry Darcy (1803-1858), estudió el movimiento del agua a través de la arena de las fuentes de la Villa de Dijón, y definió (1856) la relación que gobierna el flujo del agua en los medios porosos, aplicable a la mayoría de las formaciones aluviales y sedimentarias en condiciones de flujo natural, la que actualmente se conoce como “Ley de Darcy”.
- ▶ Los científicos franceses en el Siglo XIX influenciaron en el estudio de las aguas subterráneas, como: Belgrand (1846), primero en establecer una clara distinción entre formaciones permeables y formaciones impermeables, en su libro “Estudio hidrológico de la parte superior del Sena”; Paramelle (1856), publicó con gran éxito y difusión en Europa su libro “El arte de descubrir fuentes”; Daubre (1887) publicó el primer tratado de geología aplicada a la prospección de las aguas subterráneas bajo el título “El agua subterránea en la época actual y en las antiguas”; y, Jules Dupuit que en 1863 fue el primero en aplicar la Ley de Darcy para calcular el flujo de agua a un pozo.
- ▶ Deglee (holandés), Forcheimer (austriaco) y Muskat (norteamericano), dieron aportes sustanciales al desarrollo de la teoría sobre captaciones de agua en régimen permanente; mientras que para las de régimen variable lo hicieron Theiss y Jacob (norteamericanos) y el irakí Hantush.
- ▶ Forcheimer (1886) aplica el cálculo diferencial al flujo de las aguas subterráneas y E. Lindquist (1933) fue el primero que hizo notar que las fuerzas de inercia dominaban el flujo en los medios porosos.
- ▶ Hubbert (1940), en su libro “La teoría del movimiento del agua subterránea”, dedujo la Ley de Darcy a partir de las ecuaciones

generales de Navier/Stokes (potencial de fuerza más general que el potencial de velocidad de Forcheimer).

- ▶ D. Pérez Franco (1977), presenta su trabajo “Bases para una nueva metodología para la determinación de las características de los acuíferos en régimen permanente, no lineal”, en el que muestra las limitaciones de Darcy y formula las primeras ecuaciones para su estudio, quien comprobó que la conductividad hidráulica no dependía solamente del medio sino también del fluido (viscosidad y peso específico).

La búsqueda y preservación de las aguas subterráneas - cada vez en situaciones más difíciles y complicadas - es algo que no termina nunca. La introducción de nuevos procedimientos de prospección hidrogeológica, el uso de los GIS y la modelación matemática, permiten ahora optimizar estos estudios.

Los modelos matemáticos reproducen los niveles de las aguas subterráneas en el tiempo y en cualquier lugar del acuífero en estudio, permiten además verificar la interacción entre cuerpos de agua subterráneos y superficiales, pueden ayudar a evaluar el movimiento de sustancias contaminantes en el medio acuífero y son una excelente herramienta para el análisis de la evaluación de los recursos, llegando a jugar un papel muy importante en la toma de decisiones para la adopción de políticas de explotación de las aguas subterráneas (**Bear et al 1992 y Hernández 1991**).

De otro lado, es importante mencionar una serie de fenómenos pasados y presentes que se relacionan directamente a la explotación y manejo de las aguas subterráneas, como:

- ▶ A finales del siglo XIX se comenzaron a realizar mediciones de la temperatura mundial, estas mediciones muestran que, en promedio, la temperatura ha aumentado en aproximadamente 0,6 °C en el siglo



XX, el nivel del mar ha crecido de 10 a 12 cm, y los expertos consideran que esto se debe a la expansión de océanos cada vez más calientes.

- ▶ La mayoría de los glaciares no polares estudiados están disminuyendo y algunas mediciones indican que el hielo ártico se ha reducido en cerca de un 40% en los veranos y otoños de las últimas décadas.
- ▶ Muchas áreas litorales podrían sufrir más inundaciones, aceleración de la erosión, pérdida de zonas húmedas y manglares o la intrusión del agua de mar en las aguas dulces.
- ▶ Los ecosistemas costeros como los arrecifes de coral, atolones, salinas, zonas pantanosas y manglares se verían afectados en mayor o menor medida.
- ▶ Se estima el aumento del nivel del mar e inundaciones derivadas de las tormentas, y grandes variaciones regionales, que son muy difíciles de predecir.
- ▶ Según informe de las Naciones Unidas, al 2015 éramos unas 7,3 mil millones de personas, en el 2030 seremos 8,5 mil millones y al 2050 unos 9,7 mil millones de personas, reflejando un ritmo de crecimiento anual muy acelerado. Además que, este incremento presupone un aumento adicional en la demanda de agua en 64 000 Hm<sup>3</sup> anuales; así como el aumento de productos agrícolas y consecuentemente mayor el consumo de agua.

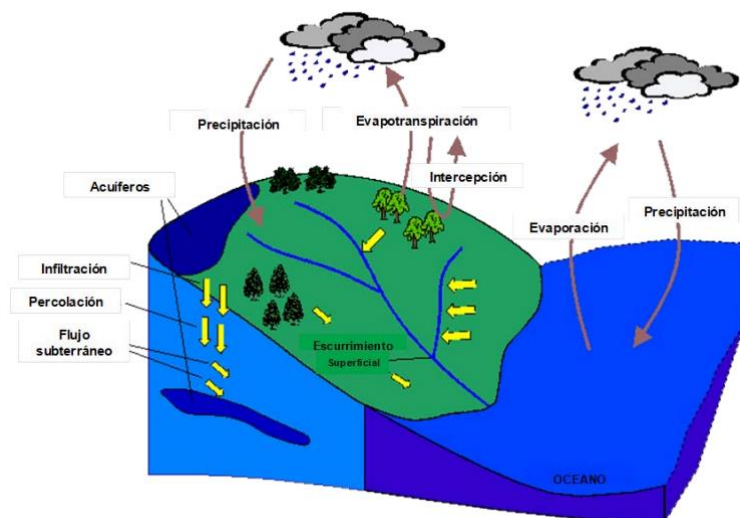
Esta descripción histórica nos demuestra la permanente preocupación del hombre por conocer su entorno y la necesidad de gestionar sus recursos, siendo el agua dulce, básica para el ser humano, un recurso crítico para el desarrollo de la humanidad, que en su mayoría se encuentra confinada en la corteza terrestre y para lo cual se ha generado conocimiento y desarrollado tecnologías que permitan una gestión integral y sostenible.

## 2.3. MARCO CONCEPTUAL

### 2.3.1. Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico (Figura 3) es la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la tierra a la atmósfera y volver a la tierra: evaporación desde el suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o masas de agua y reevaporación.

Figura 3. Representación del Ciclo Hidrológico



Fuente: Musi 2001.

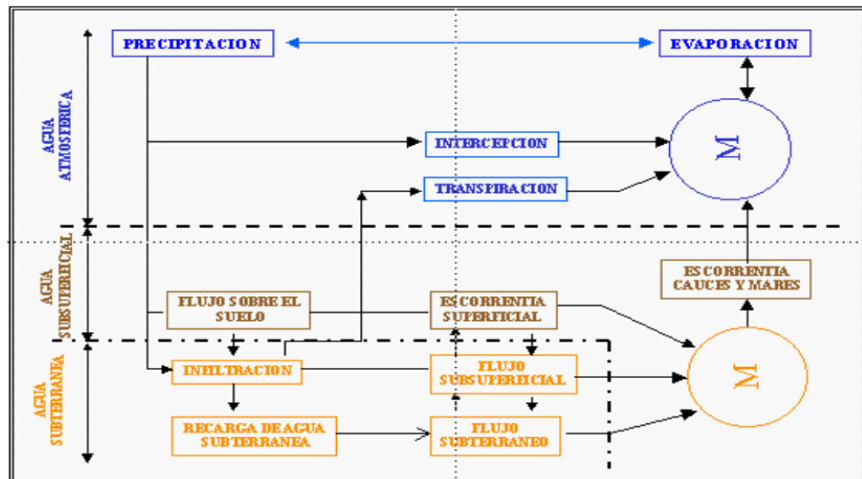
El ciclo hidrológico involucra un proceso de transporte recirculatorio e indefinido o permanente, este movimiento permanente del ciclo se debe fundamentalmente a dos causas: la primera, el sol que proporciona la energía para elevar el agua (evaporación); la segunda, la gravedad terrestre, que hace que el agua condensada descienda (precipitación y escurrimiento).

### 2.3.2. Sistema hidrológico:

Según (Guevara y Cartaya 1991), los fenómenos hidrológicos son muy complejos, por lo que nunca pueden ser totalmente conocidos. Sin embargo, a falta de una concepción perfecta, se pueden

representar de una manera simplificada mediante el concepto de sistema. (Figura 4).

Figura 4. Representación del Sistema Hidrológico



Fuente: Estrela 1992.

### 2.3.3. Acuífero:

Es un volumen subterráneo de roca y arena que contiene agua. El agua subterránea que se halla almacenada en los acuíferos es una parte importante del ciclo hidrológico. Se han realizado estudios donde determinan que aproximadamente el 30 % del caudal de superficie proviene de fuentes de agua subterránea (Figura 5).

Figura 5. Pozos en acuífero libre y confinado



Fuente: Collazo et al 2012.

Los acuíferos los podemos clasificar en (Figura 6):

- ▶ Acuíferos libres. Son aquellos en los que el nivel de agua se encuentra por debajo del techo de la formación permeable. Liberan agua por desaturación, es decir, el agua que ceden es la procedente del drenaje de sus poros.
- ▶ Acuíferos confinados o cautivos. Son aquellos cubiertos por una capa impermeable confinante. El nivel de agua en los acuíferos cautivos está por encima del techo de la formación acuífera. El agua que ceden procede de la expansión del agua y de la descompresión de la estructura permeable vertical, cuando se produce la depresión en el acuífero.
- ▶ Acuíferos semiconfinados. Se pueden considerar un caso particular de los acuíferos cautivos, en los que muro, techo o ambos no son totalmente impermeables, sino que permiten una circulación vertical del agua.

Figura 6. Tipos de Acuíferos

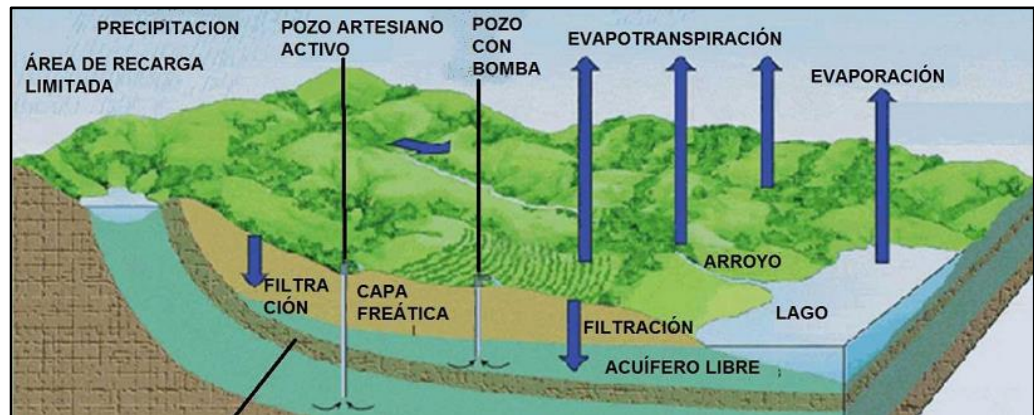


Fuente: [www.marm.es/sia/visualizacion/hidrogeologia\\_acuiferos.jsp](http://www.marm.es/sia/visualizacion/hidrogeologia_acuiferos.jsp)

#### 2.3.4. Agua subterránea:

Es la masa de agua que se encuentra en el subsuelo, se mueve lentamente a través de los espacios vacíos que tienen las rocas y suelos. Se recargan de manera natural y superficial (Figura 7).

Figura 7. Aguas Subterráneas



Fuente: [https://aguaspatagonicas.com/m/styles/imagen\\_principal/public/art\\_gen/portadas/aguas-subterraneas.jpg?itok=t4-hT3Wr](https://aguaspatagonicas.com/m/styles/imagen_principal/public/art_gen/portadas/aguas-subterraneas.jpg?itok=t4-hT3Wr)

### 2.3.5. Amenaza o peligro:

Es un fenómeno natural o provocado por la actividad humana que se torna peligroso para las personas, edificaciones, instalaciones sistemas y para el medio ambiente (OPS, 1998a; Jiménez, 2002).

### 2.3.6. Vulnerabilidad:

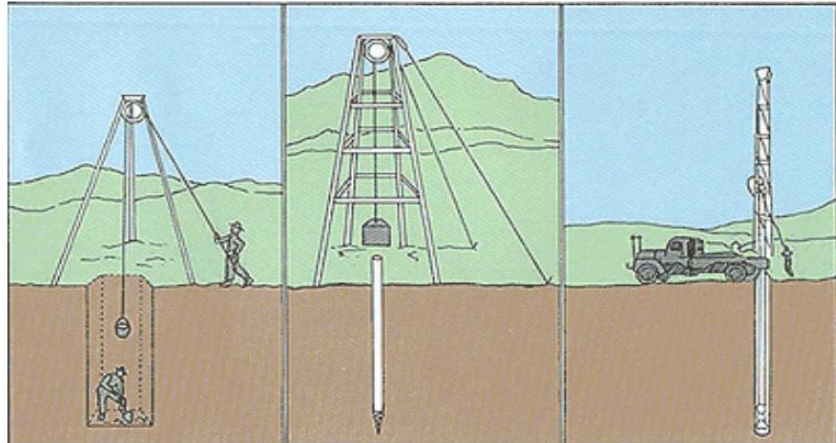
Grado de daño o pérdida susceptible de experimentar por un elemento bajo riesgo (personas, edificaciones, etc.) resultado de la probable ocurrencia de un evento de una magnitud e intensidad dada (Jiménez 2002). La OPS (1998a) la define como la medida de la debilidad de un componente para resistir el impacto de las amenazas. En contaminación de acuíferos, es la facilidad con la cual un contaminante, aplicado en o cerca de la superficie del suelo, puede migrar al acuífero.

### 2.3.7. Pozo:

Un pozo es un agujero, excavación o túnel vertical que perfora la tierra, hasta una profundidad suficiente para alcanzar lo que se busca, sea una reserva de agua subterránea del nivel freático o fluidos como el petróleo.

Generalmente de forma cilíndrica, se suele tomar la precaución de asegurar sus paredes con ladrillo, piedra, cemento o madera, para evitar su deterioro y derrumbe (Figura 8).

Figura 8. Construcción de un Pozo (excavación, propulsión, perforación)



Fuente: <http://water.usgs.gov>

### 2.3.8. Riesgo:

Medida de la probabilidad de impacto de una amenaza (OPS, 1998a). Puede ser definido como la posibilidad de que ocurra un evento indeseado, en este caso, que un contaminante de origen agropecuario escurra hasta un cuerpo de agua. También es definido como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad (Jiménez 2002).

### 2.3.9. Indicadores de calidad de agua:

Son muchos los factores que pueden afectar la calidad de agua de un sistema hídrico, así es frecuente que las condiciones de estos fluctúen, por eso es importante realizar mediciones periódicas para evaluar las tendencias de calidad del agua. En los últimos años se viene utilizando un índice estándar llamado el Índice de Calidad del Agua (ICA), el cual es el más usado de todos los índices de calidad de agua existentes (Mitchell et al 1991).

Otros indicadores son evidentes cuando la contaminación de las aguas es de origen orgánico. Cuando existe mucho material orgánico presente en los arroyos, los microorganismos presentes, crean una demanda de oxígeno bioquímico, lo cual permite solamente la sobrevivencia de organismos tolerantes a bajas condiciones de oxígeno como jejenes y Tubifex.

La presencia de algas y otras plantas acuáticas, son también indicadoras de exceso de nutrientes en el agua, lo cual conlleva a la eutrofización provocando serios efectos en la vida acuática al privar de oxígeno y luz (**Seoáñez 1999**).

**2.3.10. Peligro de contaminación del agua subterránea:**

Probabilidad de que el agua subterránea de un acuífero se contamine a concentraciones superiores a las marcadas en los lineamientos de la OMS para agua potable cuando una carga contaminante sub-superficial específica se genere en la superficie del terreno por actividad industrial puntual (**Foster et al 2002**).

**2.3.11. Riesgos de contaminación del agua subterránea:**

Amenaza a la salud humana por la contaminación de una fuente específica de suministro de agua subterránea, o amenaza a un ecosistema por la contaminación de una descarga natural específica de un acuífero (**Foster et al 2002**).

**2.3.12. Sistema de Información Geográfica (SIG):**

Según (**Star et al 1990**) definen un SIG como un «sistema de información diseñado para trabajar con datos referenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas. En otras palabras, un SIG es tanto un sistema de base de datos con capacidades específicas para datos georreferenciados, como un



conjunto de operaciones para trabajar con esos datos. En cierto modo, un SIG es un mapa de orden superior».

#### **2.3.13. Uso del SIG en la calidad del agua:**

Un SIG es un sistema de base de datos de entrada, manejo y presentación de los mismos, diseñada para manipular grandes volúmenes de información espacial y no espacial georeferenciada, provenientes de una amplia variedad de fuentes (**Tim y Jolly 1994**). Se viene utilizando herramientas que contribuyen en la toma de mejores decisiones al tiempo de brindar soluciones de corto plazo a través del diseño de estrategias para proteger la calidad de los cuerpos de agua. El uso de SIG, cada vez es más frecuente para evaluar la tendencia, el seguimiento y monitoreo de impactos de los variados usos del suelo sobre la calidad del agua en una cuenca, especialmente la contaminación por fuentes puntuales.

El SIG es una herramienta útil en la planeación de acciones de saneamiento y vigilancia de la salud pública e identificar grupos poblacionales vulnerables al impacto de la calidad del agua, que usando datos de satélites con modelos calibrados y validados simula procesos y/o escenarios relacionados al manejo de los recursos hídricos (**Vásquez y Terrasa 2000**).

#### **2.3.14. ArcGIS:**

Es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar los SIG (Figura 9). ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario (<http://resources.arcgis.com/...>).



Figura 9. La suite de ArcGIS

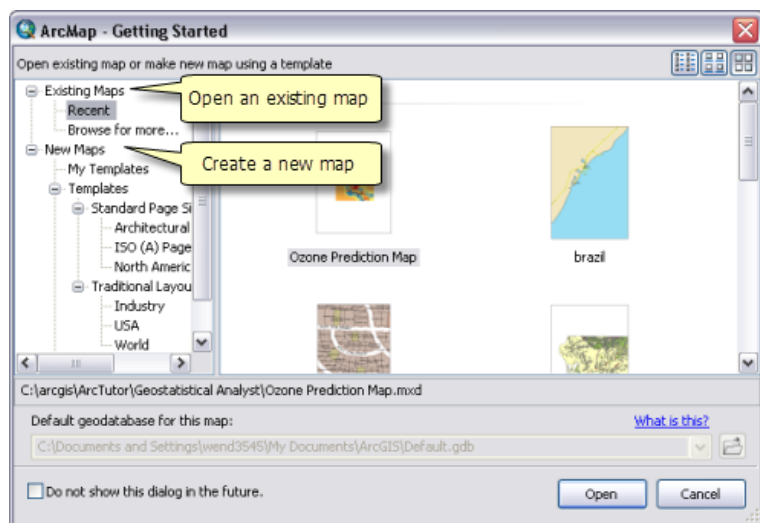


Fuente: <http://resources.arcgis.com>

### 2.3.15. ArcMap:

Es una aplicación central utilizada en ArcGIS. ArcMap es el lugar donde visualiza y explora los dataset SIG de su área de estudio, donde asigna símbolos y donde crea los diseños de mapa para imprimir o publicar (Figura 10). La aplicación se utiliza para crear y editar los dataset (<http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/...>).

Figura 10. Presentación inicial de ArcMap

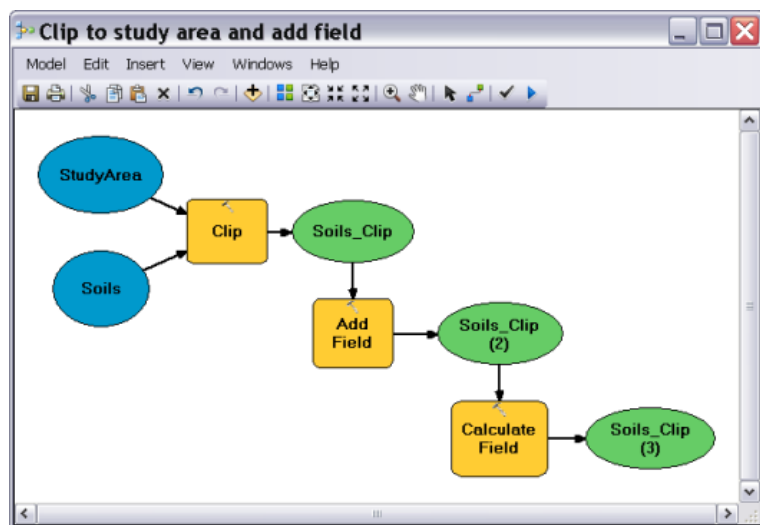


Fuente: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/...>

### 2.3.16. Model Builder:

Es una aplicación que se utiliza para crear, editar y administrar modelos. Los modelos son flujos de trabajo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocésamiento y suministran la salida de una herramienta a otra herramienta como entrada. Model Builder también se puede considerar un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo. (Figura 11).

Figura 11. Ejemplo de Modelo de Geoprocésamiento con Model Builder



Fuente: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/...>

## CAPÍTULO III: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

### 3.1. Generalidades

#### 3.1.1. Marco normativo vinculado al recurso hídrico

En la Tabla 3, se muestra la normatividad vinculante a los recursos hídricos:

Tabla 3. Normatividad vinculante a los Recursos Hídricos

Dispositivo	Descripción
Ley N° 26821	Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los Recursos Naturales (LORN)
Ley N° 29338	Ley de Recursos Hídricos (LRH)
Ley N° 27838	Ley de Transparencia y Simplificación de los Procedimientos Regulatorios de Tarifas
Decreto Legislativo N° 1280	Aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento (LMGPSS)
Decreto Legislativo N° 1185	Regula el Régimen Especial del Monitoreo y Gestión de Uso de las Aguas Subterráneas a cargo de las EPS de Saneamiento
Decreto Supremo 23-2005-VIVIENDA	Aprueba Texto Único Ordenado del Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento
Decreto Supremo 01-2010-AG	Aprueba el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos
Decreto Supremo 23-2014-MINAGRI	Modifica el Reglamento de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, aprobado por Decreto Supremo 01-2010-AG
Decreto Supremo 24-2014-MINAGRI	Aprueba Valores de Retribuciones Económicas a pagar por el uso de Agua Superficial y Subterránea y por el Vertimiento de Agua Residual Tratada a aplicarse en el año 2015
Decreto Supremo 07-2015-MINAGRI	Que regula los procedimientos de formalización o regularización de licencias de uso de agua
Resolución Jefatural N° 457-2014-ANA	Aprueba la Metodología para determinar el Valor de las Retribuciones Económicas por el Uso del Agua y por el Vertimiento de Aguas Residuales Tratadas
Resolución Jefatural N° 892-2011-ANA	Reglamento de operadores de infraestructura hidráulica
Resolución Jefatural N° 307-2015-ANA	Establecen disposiciones para la formulación y aprobación de las tarifas por utilización de la infraestructura hidráulica mayor y/o menos y por monitoreo y gestión de aguas subterráneas
Resolución de Consejo Directivo 09-2007-SUNASS-CD	Reglamento General de Tarifas

Fuente: Elaboración propia.

### **3.1.2. Tarifa por el Servicio de Monitoreo y Gestión de las Aguas Subterráneas consideradas en la LRH**

La implementación del Sistema de Monitoreo para Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas en Trujillo Metropolitano, contribuirá a sustentar la retribución y tarifas vinculadas al monitoreo y gestión del agua subterránea, de acuerdo al marco normativo que se expone a continuación:

- ▶ El artículo 66 de la Constitución Política de 1993, establece que los recursos naturales renovables y no renovables son patrimonio de la Nación, siendo el Estado soberano en su aprovechamiento, las condiciones para su utilización y otorgamiento a particulares se fijan por Ley Orgánica.
- ▶ El artículo 19 de la LORN, dispone que el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales se otorga a los particulares mediante las modalidades que establecen las leyes especiales para cada recurso natural.
- ▶ El artículo 20 de la LORN establece que el aprovechamiento de los recursos naturales por parte de particulares dará lugar al pago de una retribución económica que se determinará sobre la base de criterios económicos, sociales y ambientales.
- ▶ Para el caso de los recursos hídricos, la ley especial a la que hace referencia la LORN es la LRH. En lo que se refiere al régimen económico aplicable al uso del agua, el Título VI de la LRH, señala cuales son los pagos que debe realizarse:
  - ▶ Retribución económica por el uso del agua.
  - ▶ Retribución económica por el vertimiento del agua residual.
  - ▶ Tarifa por el servicio de distribución de agua en los usos sectoriales.
  - ▶ Tarifa por la utilización de la infraestructura hidráulica mayor y menor.

- ▶ Tarifa por el servicio de monitoreo y gestión de aguas subterráneas.
- ▶ El Decreto Legislativo N° 1185, crea un Régimen Especial de Monitoreo y Gestión de Uso de Aguas Subterráneas que tiene por finalidad cautelar el aprovechamiento eficiente y sostenible del recurso hídrico subterráneo y asegurar la prestación de los servicios de saneamiento.

En tal sentido, los usuarios con fines productivos no agrarios y los usuarios domésticos con fuente propia de agua subterránea **les aplica las tarifas por monitoreo y gestión de las aguas subterráneas** a cargo de las EPS.

### **3.1.3. Límites Máximos Permisibles del Agua para Consumo Humano en el Perú**

El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado con Decreto Supremo 31-2010-SA, establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y parámetros radiactivos, respecto a la Vigilancia de la Calidad del Agua, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población.

Los principales parámetros de calidad del agua que aplica la EPS SEDALIB S.A. a las fuentes de agua subterránea, en particular, y que se reportan periódicamente a las entidades fiscalizadoras y supervisoras, como la SUNASS y DIGESA, se enuncian en las tablas siguientes:

Tabla 4. LMP de Parámetros de Calidad Microbiológica y Parasitológica aplicados a la Fuente de Agua Subterránea

Parámetros	Unidad de Medida	Límite Máximo Permissible
Coliformes Totales	UFC/100 mL	0
Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL	0
Recuento de Bacterias heterotróficas	UFC/100 mL	500

UFC: Unidad Formadora de Colonias

Fuente : Decreto Supremo 31-2010-SA - "Aprueban Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano"

Tabla 5. LMP de Parámetros de Calidad Organoléptica aplicados a la Fuente de Agua Subterránea

Parámetros	Unidad de Medida	Límite Máximo Permissible
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	NTU	5
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
Conductividad (25°)	µmho/cm	1 500
Cloruros	mg Cl/L	250
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	250
Dureza Total	mgCaCO <sub>3</sub> /L	500
Hierro	mg Fe/L	0,3
Manganeso	mg Mn/L	0,4

NTU: Nephelometric Turbidity Unit (Unidades Nefelométricas de turbidez)

Fuente : Decreto Supremo 31-2010-SA - "Aprueban Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano"

Tabla 6. LMP de Parámetros de Calidad Química Inorgánica y Orgánica aplicados a la Fuente de Agua Subterránea

Parámetros	Unidad de Medida	Límite Máximo Permissible
Cloro Residual Libre	mg/L	≥ 5
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	50
Arsénico	mg As/L	0,01

Fuente : Decreto Supremo 31-2010-SA - "Aprueban Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano"

### 3.2. Estudio de factibilidad

#### 3.2.1. Factibilidad técnica

El Sistema de Monitoreo cubre las exigencias mínimas de los procesos para la explotación y manejo de las aguas subterráneas, y que permitirá:

- ▶ El registro de datos generales las fuentes de agua subterránea.
- ▶ El registro de la información de saneamiento físico-legal de los predios donde se ubican los pozos de agua subterránea.
- ▶ El registro de información de las licencias de uso y derechos de agua.
- ▶ El registro de información del estado de la infraestructura e implementación de pozos, como: componentes, estado y referencias relevantes.
- ▶ El registro de información asociada al proceso de explotación del recurso hídrico, como: datos técnicos de explotación, control de operación y producción, análisis de los factores de contaminación, análisis de gestión de riesgos de desastres y mecanismos de recarga.
- ▶ El registro de información asociada al proceso de manejo del recurso hídrico, como: lugares de suministro, monitoreo de la

calidad del agua, gestión de la demanda, e inspección sanitaria de la infraestructura y calidad del agua.

- ▶ La presentación de información estadística y espacial, de datos históricos y actuales, como: datos del pozo, infraestructura, explotación y manejo del recurso hídrico, por diferentes criterios y con opciones de personalización.

### **3.2.2. Factibilidad operativa**

Se garantiza la aceptación y usabilidad del Sistema de Monitoreo propuesto, por los considerandos siguientes:

- ▶ El diseño ágil y ordenado de la Ficha para el registro de datos.
- ▶ La versatilidad en el proceso de registro de datos (con alto nivel de estandarización y parametrización).
- ▶ La codificación única de los datos asociados a cada categoría de información.
- ▶ La posibilidad de integrar datos alfanuméricos, gráficos y georreferenciados.
- ▶ La combinación entre diferentes datos para obtener resúmenes de información y cuadros estadísticos.
- ▶ La importancia de la información geoestadística que se propone para mejora de la calidad en la toma de decisiones.
- ▶ La amigabilidad en la navegación entre las fichas y categorías de información a través de enlaces (hipervínculos).

### **3.2.3. Factibilidad económica**

El costo de construcción de la herramienta propuesta es asumido en el desarrollo del trabajo de investigación, estimado en S/. 9 760,00 por lo que no será trasladado a la EPS encargada del monitoreo y explotación de las fuentes de agua subterránea; y conllevará a una serie de beneficios en la EPS en los procesos de explotación y manejo de las aguas subterráneas.



En relación al costo que irrogue la operatividad de la herramienta, que implica el suministro y actualización periódica de información de las fuentes de agua subterránea, será asumido por la EPS como parte de sus actividades permanentes que actualmente desarrolla, no requiriendo un trabajo extraordinario que implique el desembolso de importantes recursos financieros.

Los recursos financieros que sean necesarios asignar para las acciones de prevención, mitigación y mejoras en las fuentes de agua subterránea, que como resultado del procesamiento de información que el Sistema de Monitoreo brinde escapen al alcance de la presente investigación.

### **3.3. Análisis del modelo**

Para identificar los componentes fundamentales del Sistema de Monitoreo, se ha realizado un análisis integral, desde perspectivas normativas, legales y técnicas, que permitan tener un conocimiento amplio de los aspectos que tienen relación directa con la explotación y manejo de las fuentes de agua subterránea para consumo humano.

Se ha logrado identificar categorías de información relacionados con dichos aspectos, y que se resumen a continuación:

- ▶ El Entorno y Marco Estratégico, Normativo y Legal (Figura 9).
- ▶ Los Procesos claves para el Monitoreo, conformado por:
  - ▶ Los procesos de Registro, Saneamiento e Implementación de Pozos (Figura 10).
  - ▶ Los procesos de Explotación del Recurso Hídrico – Monitoreo de la Oferta (Figura 11).
  - ▶ Los procesos de Manejo del Recurso Hídrico - Monitoreo de la Demanda (Figura 12).
  - ▶ El Análisis Geoestadístico y Prospectivo (Figura 13).
- ▶ Procesos Estratégicos de Soporte (Figura 14).

Figura 12. Análisis del entorno, marco estratégico, normativo y legal



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Análisis del proceso de registro, saneamiento e implementación de pozos



Fuente: Elaboración propia

Figura 14. Análisis del proceso de explotación del recurso hídrico – Monitoreo de la oferta



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Análisis del manejo del recurso hídrico - Monitoreo de la demanda



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Análisis de los procesos de soporte estratégicos



Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Análisis de la información geoestadística y prospectiva



Fuente: Elaboración propia

### **3.4. Diseño del Modelo y Herramienta**

El presente trabajo de investigación ha exigido el desarrollo de un modelo conceptual integral, que comprenda todos los elementos que intervienen en la Explotación y Manejo del Agua Subterránea, y que permita principalmente:

- ▶ La identificación de necesidades de información acerca del estado del agua subterránea.
- ▶ El acceso a la información a los grupos de interés entorno a la gestión de los recursos hídricos subterráneo.
- ▶ El aprovechamiento de la información de agua subterránea para reducción de los gastos de monitoreo a largo plazo.
- ▶ La elaboración de modelos hidrogeológicos y simulación de escenarios predictivos sobre los acuíferos.
- ▶ La difusión de datos para la mejora en la toma de decisiones sobre la gestión de los recursos hídricos subterráneos.
- ▶ La elaboración de indicadores claves de procesos, resultados e impactos para poder evaluar el desempeño de la gestión del agua subterránea.
- ▶ Compartir la información con otras instituciones relacionadas a la gestión del agua subterránea.

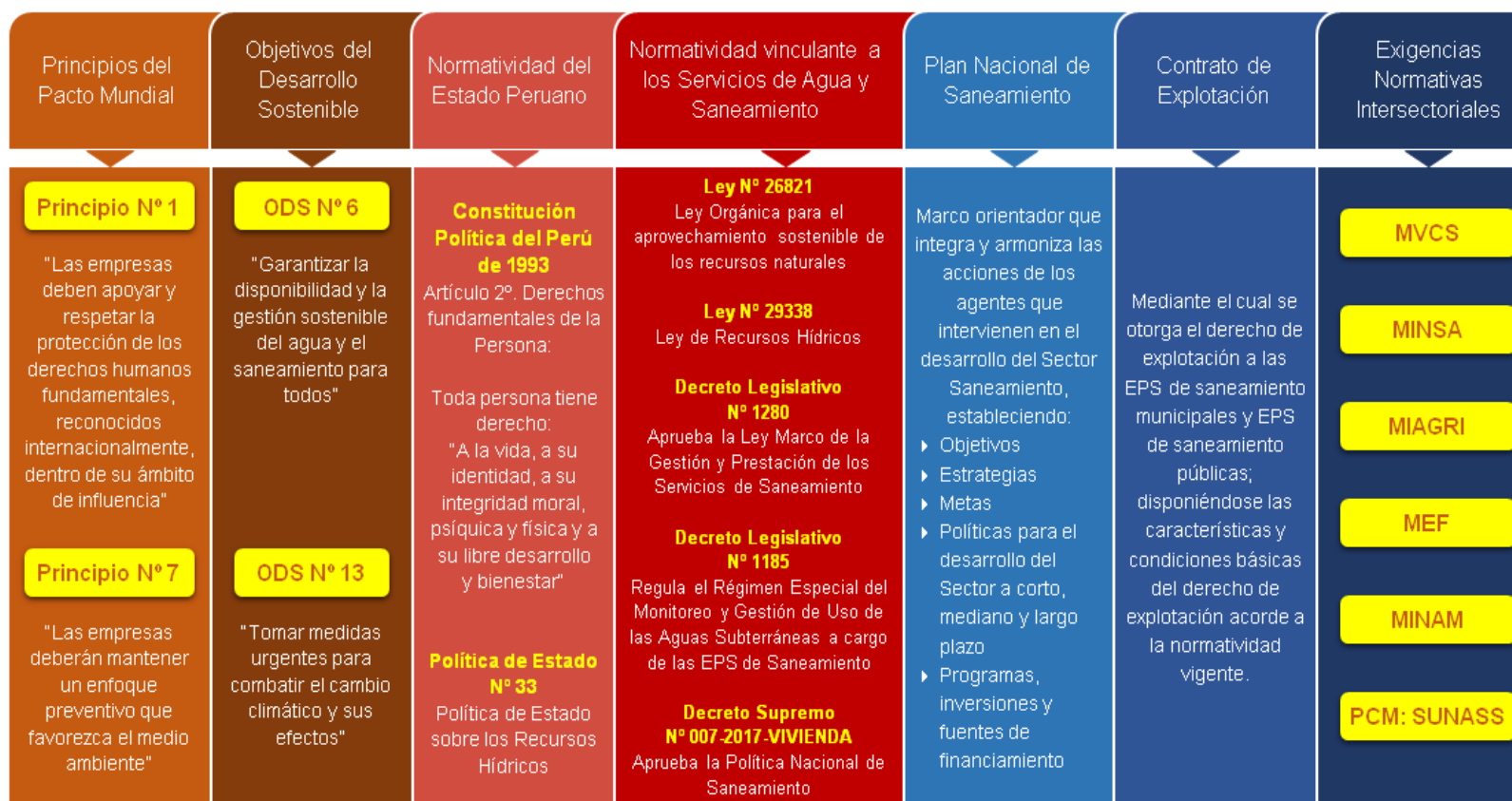
A continuación se describen los componentes del modelo conceptual:

#### **3.4.1. Esquemas Conceptuales**

El Sistema de Monitoreo para la Explotación y Manejo de las Aguas Subterráneas propuesto se ha desarrollado en base al marco normativo vigente en el país, el marco teórico y conceptual relacionado, de las exigencias de los procesos y actividades inmersas en la explotación y manejo de las aguas subterráneas, y de las necesidades de la gestión de la EPS; los cuales se describen a continuación:

## A. Enfoque de Articulación Estratégica del Marco Normativo de los Servicios de Agua y Saneamiento

Figura 18. Enfoque de Articulación Estratégica del Marco Normativo de los Servicios de Agua y Saneamiento



Fuente: Elaboración propia

El “Enfoque de Articulación Estratégica del Marco Normativo de los Servicios de Agua y Saneamiento” que se presenta en la Figura 18, busca determinar el alineamiento y vinculación del marco rector de los servicios de agua y saneamiento, cuya máxima aspiración es garantizar la vida de la persona, mediante el cuidado de la salud y bienestar.

En este contexto, se tiene:

- ▶ Los Principios del Pacto Mundial, siendo los más relevantes:
  - ▶ El Principio 1 → “Las empresas deben apoyar y respetar la protección de los derechos humanos fundamentales, reconocidos internacionalmente, dentro de su ámbito de influencia”.
  - ▶ El Principio 7 → “Las empresas deberán mantener un enfoque preventivo que favorezca el medio ambiente”.
  
- ▶ Los Objetivos del Desarrollo Sostenible, de donde se ha priorizado:
  - ▶ El Objetivo 6 → “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”.
  - ▶ El Objetivo N° 13 → “Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”.
  
- ▶ Marco normativo rector del Estado Peruano, que comprende:
  - ▶ La Constitución Política del Perú de 1993, que en su Artículo 2º, Derechos fundamentales de la Persona, numeral 2.1, establece que, toda persona tiene derecho: *“A la vida, a su identidad, a su integridad moral, psíquica y física y a su libre desarrollo y bienestar”*.
  - ▶ La Política de Estado N° 33, derivada de los Acuerdos Nacionales, referida a la *“Política de Estado sobre los Recursos Hídricos”*.

- ▶ La normatividad vinculante a los Servicios de Agua y Saneamiento, en donde por jerarquía se puntualiza:
  - ▶ Ley N° 26821, Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.
  - ▶ Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos
  - ▶ Decreto Legislativo N° 1280, que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento.
  - ▶ Decreto Legislativo N° 1185, que Regula el Régimen Especial del Monitoreo y Gestión de Uso de las Aguas Subterráneas a cargo de las EPS de Saneamiento.
  - ▶ Decreto Legislativo 07-2017, que aprueba la Política Nacional de Saneamiento.
  
- ▶ El Plan Nacional de Saneamiento, que define el marco orientador e integra y armoniza las acciones de los agentes intervinientes en el desarrollo del Sector Saneamiento, y establece: Objetivos, Estrategias, Metas, Políticas para el desarrollo del Sector a corto, mediano y largo plazo, Programas, inversiones y fuentes de financiamiento.
  
- ▶ El Contrato de Explotación, documento mediante el cual se otorga el derecho de explotación a las EPS de saneamiento municipales y EPS de saneamiento públicas; disponiéndose además las características y condiciones básicas del derecho de explotación acorde a la normatividad vigente.
  
- ▶ Las exigencias Normativas Intersectoriales, todas las disposiciones que emanan los organismos públicos de diferentes sectores como Vivienda, Construcción y Saneamiento, Salud, Agricultura y Riego, Economía y Finanzas, Ambiente y la Presidencia del Consejo de Ministros a través de la SUNASS.



## B. Enfoque para una Gestión Integrada del Agua Subterránea para Consumo Humano

Figura 19. Enfoque para una Gestión Integrada del Agua Subterránea para Consumo Humano



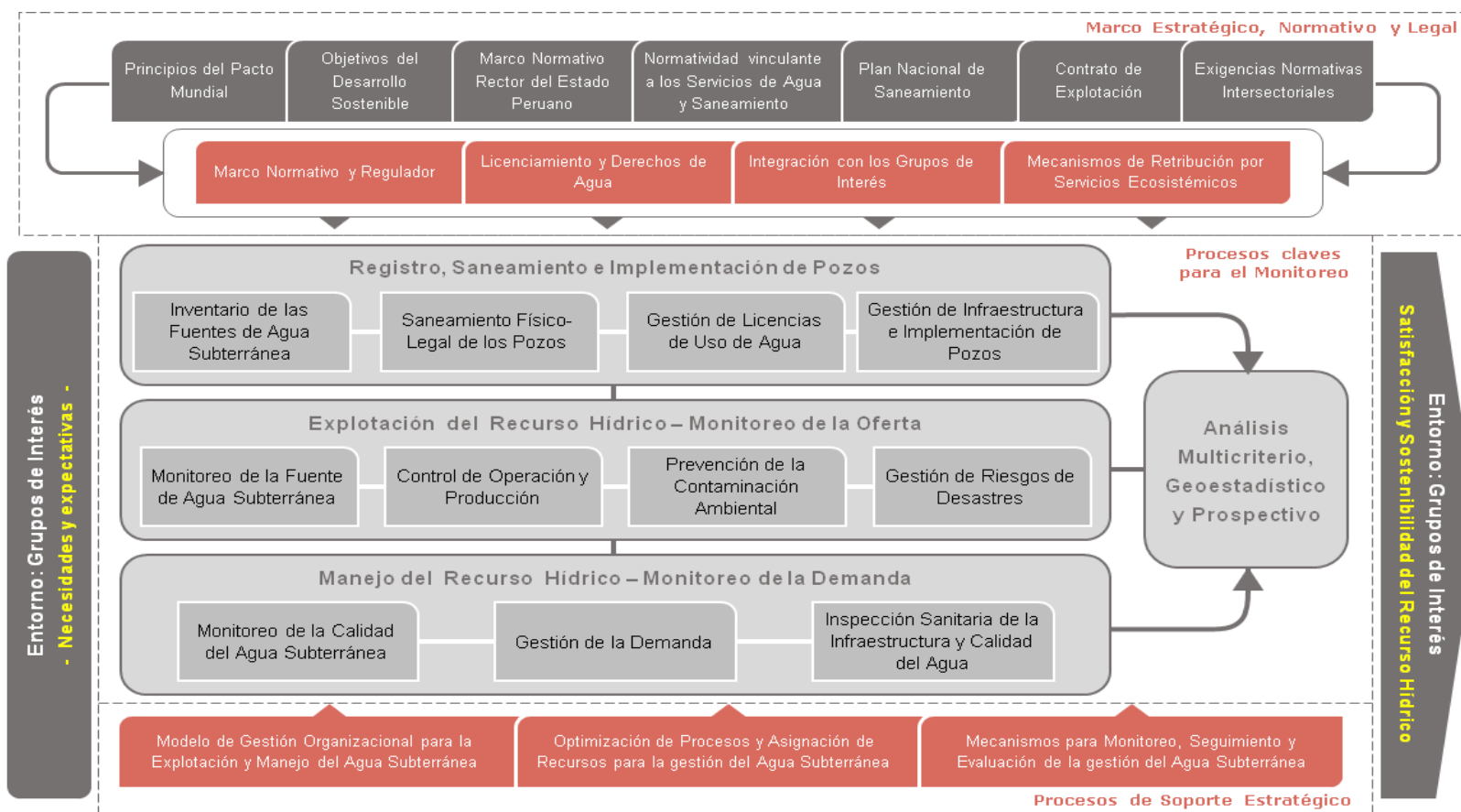
Fuente: Elaboración propia

El “**Enfoque para una Gestión Integrada del Agua Subterránea para Consumo Humano**” propuesto en la Figura 19, busca el equilibrio de la oferta/demanda del agua para consumo humano, en términos de cantidad y calidad, a costo razonable, para satisfacción de la población servida, donde se garantice el uso adecuado del agua y suelo, concordante con la normatividad vigente, requiriéndose para ello:

- ▶ A nivel sectorial:
  - ▶ El marco normativo y regulador de los recursos hídricos actualizado.
  - ▶ El licenciamiento de uso y derechos de agua.
  - ▶ La integración con los grupos de interés para lograr su involucramiento en la gestión de los servicios.
  - ▶ Los mecanismos de retribución por los servicios ecosistémicos para dar sostenibilidad a los recursos hídricos.
  
- ▶ A nivel institucional:
  - ▶ La adaptación del Modelo de Gestión Organizacional que garantice la designación de equipos de trabajo y los recursos financieros necesarios.
  - ▶ La optimización de procesos y asignación de recursos que garantice una gestión de calidad y sostenible.
  - ▶ La implementación de Mecanismos de Monitoreo, Seguimiento y Evaluación de la Gestión que garantice un control de gestión permanente.
  
- ▶ A nivel de procesos y actividades, asegurar:
  - ▶ La explotación estable del recurso hídrico.
  - ▶ El manejo sostenible del recurso hídrico.
  - ▶ La evaluación y control del peligro de contaminación.
  - ▶ La evaluación y control de riesgos de desastres.

### 3.4.2. Diseño del Modelo Conceptual

Figura 20. Modelo Conceptual para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para Consumo Humano



Fuente: Elaboración propia

El Diseño del Modelo Conceptual para el Sistema propuesto se desarrolla sobre la base del “**Modelo para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para Consumo Humano**”, que se presenta en la Figura 20, y cuyos componentes se explican a continuación:

#### **A. El Entorno: Grupos de Interés**

Este componente representa fundamentalmente a los **Grupos de Interés** de los Servicios de Agua de Fuente Subterránea, materia de la investigación, y comprende:

- ▶ Las **Necesidades y Expectativas**, reflejada en las diferentes perspectivas de los grupos de interés como son: usuarios y clientes; entidades rectoras, reguladoras y fiscalizadoras; sociedad civil y autoridades, entre otras.
- ▶ La **Satisfacción y Sostenibilidad del Recurso Hídrico**, que como producto de una gestión integrada de los Recursos Hídricos en armonía con el marco normativo y legal, se logra satisfacer las necesidades de los grupos de interés pero a su vez se garantiza la sostenibilidad del recurso hídrico.

#### **B. El Marco estratégico, normativo y legal**

Este componente se desarrolla sobre la base de los enfoques:

- ▶ *Articulación Estratégica del Marco Normativo de los Servicios de Agua y Saneamiento*, que comprende:
  - ▶ Los Principios del Pacto Mundial.
  - ▶ Los Objetivos del Desarrollo Sostenible.
  - ▶ El marco normativo rector del Estado Peruano.
  - ▶ La normatividad vinculante a los servicios de Agua y Saneamiento.
  - ▶ El Plan Nacional de Saneamiento.
  - ▶ El Contrato de Explotación de la EPS.
  - ▶ Las exigencias normativas intersectoriales.

- ▶ *Enfoque para una Gestión Integrada del Agua Subterránea para Consumo Humano*, desde la perspectiva Institucional, que a su vez comprende:
  - ▶ El marco normativo y regulador.
  - ▶ El licenciamiento y derechos de uso de agua.
  - ▶ La integración con los grupos de interés.
  - ▶ Los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos.

### C. Los Procesos claves para el monitoreo

Este componente se descompone a su vez en los siguientes procesos:

- ▶ El **Registro, Saneamiento e Implementación de Pozos**, donde se desarrollan las actividades:
  - ▶ Inventario de las Fuentes de Agua Subterránea.
  - ▶ Saneamiento Físico-Legal de los Pozos.
  - ▶ Gestión de Licencias de Uso de Agua.
  - ▶ Gestión de Infraestructura e Implementación de Pozos.
  
- ▶ La **Explotación del Recurso Hídrico - Monitoreo de la Oferta**,
  - ▶ Monitoreo de la Fuente de Agua Subterránea.
  - ▶ Control de Operación y Producción.
  - ▶ Prevención de la Contaminación Ambiental.
  - ▶ Gestión de Riesgos de Desastres.
  
- ▶ El **Manejo del Recurso Hídrico - Monitoreo de la Demanda**, donde se desarrollan las actividades:
  - ▶ Monitoreo de la Calidad del Agua Subterránea.
  - ▶ Gestión de la Demanda.
  - ▶ Inspección Sanitaria de la Infraestructura y Calidad del Agua.

- ▶ El **Análisis Multicriterio, Geoestadístico y Prospectivo**, donde se explota la información desde el nivel operativo a niveles estratégicos de la EPS, otros grupos de interés de las fuentes de agua subterránea, desde diversas perspectivas y objetivos, como:
  - ▶ El Análisis Espacial de Infraestructura.
  - ▶ El Análisis Espacial del proceso de Explotación del Recurso Hídrico.
  - ▶ El Análisis Espacial del proceso de Manejo del Recurso Hídrico.

#### **D. Los Procesos estratégicos de soporte**

Este componente es importante pues garantizará el adecuado desarrollo de los procesos claves y que comprende:

- ▶ El **Modelo de Gestión Organizacional para la Explotación y Manejo del Agua Subterránea**, que se alinee a la cultura organizacional de la EPS buscando la innovación y un alto impacto motivacional.
- ▶ **La Optimización de Procesos y Asignación de Recursos para la gestión del Agua Subterránea**, que se oriente hacia una cultura de calidad y mejora continua, buscando una gestión integrada para la sostenibilidad de los recursos hídricos, con la asignación de los recursos necesarios para su eficiencia y productividad.
- ▶ Los **Mecanismos para Monitoreo, Seguimiento y Evaluación de la gestión del Agua Subterránea**, que se aplique un enfoque de gestión de evaluación del desempeño, con el monitoreo de indicadores claves en todos los procesos de gestión que comprende la Explotación y el Manejo de las Aguas Subterráneas.

### **3.5. Implementación del Sistema**

En proceso de implementación del “Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para Consumo Humano en Trujillo Metropolitano”, se han considerado las herramientas tecnológicas siguientes:

#### **3.5.1. Herramientas tecnológicas**

Las principales herramientas tecnológicas utilizadas para el desarrollo del Sistema de Monitoreo, se tiene.

- ▶ «MS-Excel» en donde se ha elaborado las fichas de registro de datos para cada fuente de agua subterránea de Trujillo Metropolitano, se ha estandarizado y parametrizado los datos, para un mejor registro de datos, procesamiento y análisis de la información.
- ▶ El «ArcCatalog» de «ArcGIS», utilizado para el diseño y generación de la «Geodatabase» en donde se almacenan los datos e información georreferenciada, vectorial y ráster, de las fuentes de agua subterránea de Trujillo Metropolitano.
- ▶ El «ArcMap» de «ArcGIS», utilizado para el procesamiento de la información georreferenciada, importación de los datos y generación de información georreferenciada de las fuentes de agua subterránea de Trujillo Metropolitano, en complemento a la información georreferenciada y planimetría existente.
- ▶ El «Model Builder» de «ArcGIS», utilizado para elaborar los Módulo para el análisis geoestadístico y espacial de los datos asociados con las fuentes de agua subterránea de Trujillo Metropolitano, soportado en la información georreferenciada y planimetría existente.

### 3.5.2. Implementación de Interfaces

Las interfaces construidas en «MS-Excel» donde se registrará y procesarán de los datos de las fuentes de agua subterránea son las siguientes:

#### A. La hoja «**Datos**»

Esta hoja contiene tablas de parámetros y posibles valores estandarizados, como: Departamento, Provincia, Distrito, Localidad, Urbanización, Estado actual, Centro de costo, Tipo de pozo, Dirección del agua, Tipo de revestimiento, Si/No, Aforo, Administración Directa/Indirecta, Programa de Mantenimiento, Estado de Infraestructura, Mes, Ejercicios, Cuenca, Diámetro de tubería, Diámetro de columna, Líneas de salida, Grado de incidencia, Posible factor de contaminación, Importancia del factor de contaminación, Recarga de acuíferos, Entidad que realiza la inspección sanitaria, Resultados de inspección sanitaria, Amenazas de desastres, Año de perforación, Rango años de gráfico.

#### B. La hoja «**Formato**»

Esta hoja contiene el **formato general** del Sistema de Monitoreo y se constituye en un formato matriz, que se caracteriza por:

- ▶ Se han considerado 7 categorías de información, con datos o atributos asociados para cada una:
  - ▶ C01 - Datos Generales
  - ▶ C02 - Infraestructura e implementación.
  - ▶ C03 - Explotación del Recurso Hídrico - Monitoreo de la Oferta.
  - ▶ C04 - Manejo del Recurso Hídrico - Monitoreo de la Demanda.
  - ▶ C05 - Análisis Geoestadístico del comportamiento actual.
  - ▶ C06 - Análisis Histórico del Comportamiento de los principales indicadores.
  - ▶ C07 - Análisis Prospectivo - Proyecciones de Oferta de Producción del Pozo.



- ▶ Para cada grupo categoría de información se tiene asociada representaciones graficas de hasta 4 tipos:
  - ▶ *Información georreferenciada* (mapas), para representar mapas de ubicación y áreas de influencia.
  - ▶ *Representación o imagen digital*, para representar el esquema general del pozo.
  - ▶ *Toma fotográfica*, para representar la infraestructura y el equipamiento del pozo.
  - ▶ *Cuadros estadísticos*, para representar la información y su comportamiento actual, histórico y tendencial.

C. La hoja «**Plantilla**»

Esta hoja representa la **plantilla tipo** que adoptará cada fuente de agua subterránea (pozo) que forme parte del Sistema de Monitoreo (sea pozo en producción, de observación o proyecto). Se ha generado sobre la base de la hoja «Formato» y está enlazada con todos los atributos de dicha hoja, asimismo, los campos parametrizados se obtienen de la hoja «Datos»

En Anexo 2, se presenta la **Estructura de la Hoja Plantilla**.

D. La hoja «**Inventario**»

Esta hoja presenta la relación de fuentes de agua subterránea (Pozos) que forman parte del Sistema de Monitoreo (sea pozo en producción, de observación o proyecto), con información básica y enlaces a cada una de las categorías de información en su correspondiente ficha.

En Anexo 3, se presenta el **Inventario de Fuentes de Agua Subterránea** de Trujillo Metropolitano.

E. La hoja «**NN\_Nombre\_Pozo**»

Cada fuente de agua subterránea (Pozo) se registrará en una hoja, que llevará como denominación un correlativo y el nombre

de captación, con el cual lo identifica la EPS. Por ejemplo: 01\_Bosque\_1, 08\_Esperanza\_8, 32\_Manuel\_Arevalo\_A, etc.

F. La hoja «**Resumen**»

Esta hoja presenta el resumen de todos los datos de cada fuente de agua subterránea que serán exportados al Sistema de Información Geográfico (ArcGIS) en donde con la planimetría existente en la base de datos permitirá realizar el procesamiento geoestadístico y espacial de la información.

En Anexo 4, se presenta el **Formato de Resumen de Información** de las Fuentes de Agua Subterránea, que contiene los datos base que se han utilizado para el Análisis de Resultados (Capítulo IV).

### 3.5.3. Implementación del Sistema de Información Geográfico

Para el procesamiento de la información geográfica Las interfaces construidas en «MS-Excel» donde se registrará y procesarán de los datos de las fuentes de agua subterránea son las siguientes:

**A. Fuentes de Información**

En cuanto a la recopilación del inventario de cartografía base y temática (información espacial), se utilizaron diversas fuentes de apoyo cartográfico para adquirir esta información, las cuales se observan a continuación:

- ▶ Cartografía base de los Límites Distritales, Provinciales y Nacionales de IGN en escala 1:100.000.
- ▶ Cartografía base del manzaneo de Trujillo Metropolitano (información de base).
- ▶ Cartografía base de lotización de Trujillo Metropolitano (información de base).
- ▶ Cartografía base de ubicación de pozos en Trujillo Metropolitano (información de base)

- ▶ Mapa de la Hidrografía de la Región La Libertad (información temática).
- ▶ Mapa de las Áreas Naturales de la Región La Libertad (información temática).
- ▶ Mapa Localización sitios arqueológicos de la Región La Libertad (información temática).

Las razones por las cuales se escogió esta escala (1:100.000), son por la extensión del Bloque de exploración, homogeneidad del territorio, temporalidad y por último su disponibilidad.

## **B. Sistema de Coordenadas**

Toda la información recopilada se estandarizó en un mismo sistema de coordenadas de acuerdo a las proyecciones utilizadas para esta zona del país (tomado del Instituto Geográfico Nacional - IGV), como se puede ver a continuación:

- ▶ Elipsoide : World Geodetic System 1984 (WGS 84)
- ▶ Datum : Geocéntrico
- ▶ Proyección : Universal Transverse Mercator (UTM)
- ▶ Semieje mayor : 6 378 137 metros
- ▶ Semieje menor : 6 356 752,31424 metros
- ▶ Semieje menor : 1/298,257223563
- ▶ Escala : 1:100.000
- ▶ Exactitud horizontal : No más del 10%
- ▶ Exactitud vertical : No más del 10%
- ▶ Origen : Este Central
- ▶ Sistema de Proyección : WGS\_1984\_UTM\_Zone\_17S
- ▶ Unidad Lineal : Metros

## **C. Inventario Cartográfico del Área de Estudio**

Para el desarrollo del modelamiento espacial se ha trabajado con la información georreferenciada de base (Tabla 7) e información temática (Tabla 8) que se presentación a continuación.

Tabla 7. Información Base del Sistema Georreferenciado

Archivo	Tipo	Descripción	Ubicación (Feature dataset)
Limites_Trujillo	Shape	Contiene información georreferenciada de los límites de los distritos de Trujillo Metropolitano	Base
Manzanas_Trujillo	Shape	Contiene información georreferenciada del manzaneo catastral de los distritos de Trujillo Metropolitano	Base
Lotes_Trujillo	Shape	Contiene información georreferenciada de a lotización catastral de los distritos de Trujillo Metropolitano	Base
World Topographic Map	Raster	Tiene acceso a los mapas que provee ArcGIS, contiene limites administrativos, ciudades, características del agua, fisiografía, etc.	Add Basemap

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Información Temática del Sistema Georreferenciado

Archivo	Tipo	Descripción	Ubicación (Feature dataset)
Pozos_AP	Shp	Contiene información georreferenciada de los Pozos de Agua Subterránea de Trujillo Metropolitano	Tematica
Reservorios_AP	Shp	Contiene información georreferenciada los Reservorios de Agua Subterránea de Trujillo Metropolitano	Tematica
Lineas_AP	Shp	Contiene información georreferenciada las Líneas de Conducción de Agua Potable de Trujillo Metropolitano	Tematica
Datos_AS	Shp	Contiene información georreferenciada asociada a los Pozos de Agua Subterránea de Trujillo Metropolitano	Tematica
Ambito_Pozo	Shp	Contiene información georreferenciada asociada a lotes que están en el ámbito de cada Pozo de Agua Subterránea de Trujillo Metropolitano	Tematica

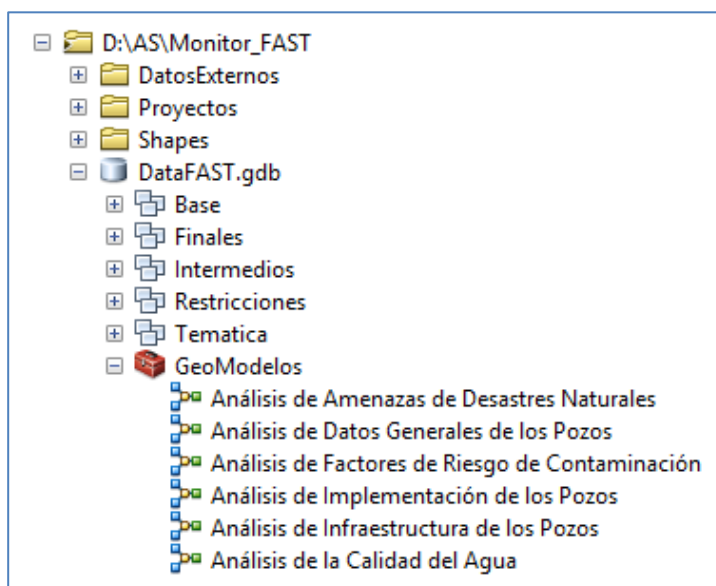
Fuente: Elaboración propia

#### D. Modelo GIS y Geodatabase del Sistema (GDB)

Luego de recopilada y estandarizada la información se procedió a diseñar el Modelo el Modelo del GIS (denominado Monitor FAST) y se ha construido la Geodatabase (GDB) en el software ArcGIS 10.4, a través del Módulo «ArcCatalog».

En la Figura 22 se muestra el Modelo GIS y la GDB. El proceso de diseño, se basó en la información base y temática, para la construcción de los modelos que gestione la información de las fuentes de agua subterránea en Trujillo Metropolitano.

Figura 21. Modelo GIS y GDB del Sistema



Fuente: Elaboración propia

#### E. Construcción de Modelos

Mediante la herramienta *Model Builder* se han elaborado los siguientes modelos de Geoprocesamiento, que permiten automatizar el análisis de los datos asociados a las fuentes de agua subterránea de Trujillo Metropolitano. En la Tabla 9, se presenta una lista de los principales modelos generados, y las representaciones se presentan en el Anexo 5:

Tabla 9. Lista de Modelos de Geoprocesamiento

Modelo	Ubicación	Descripción	Utilidad
DatosGenerales	Geomodelos.tbx	Análisis Multicriterio de Datos Generales de los Pozos	Combina tipo y estado de pozo con antigüedad
EstadoInfraestructura	Geomodelos.tbx	Análisis Multicriterio de Infraestructura de los Pozos	Combina tipo, estado de la infraestructura y la antigüedad
EstadoImplementacion	Geomodelos.tbx	Análisis Multicriterio de Implementación de los Pozos	Combina tipo, estado de la implementación y la antigüedad
RiesgosContaminacion	Geomodelos.tbx	Análisis Multicriterio de Factores de Riesgo de Contaminación	Combina tipo y estado de pozo y principales factores de riesgo de contaminación
AmenazasDesastresNaturales	Geomodelos.tbx	Análisis Multicriterio de Amenazas de Desastres Naturales	Combina tipo y estado de pozo y principales amenazas de riesgo de desastres naturales
CalidadAgua	Geomodelos.tbx	Análisis Multicriterio de la Calidad del Agua para Consumo Humano	Combina tipo y estado de pozo, calidad de agua y antigüedad

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 4.1 Análisis de Resultados

#### 4.1.1 Resultados de la Encuesta

Se realizó un total de 45 encuestas, la misma que pretende conocer las apreciaciones de los profesionales encuestados respecto al “*Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas*” propuesto y a su contribución a la “*Gestión integrada de las fuentes de agua subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano*”, concordante con los indicadores e índices establecidos.

En el Anexo 7, se presenta el Formato de Encuesta, el cual se ha estructura en 3 partes:

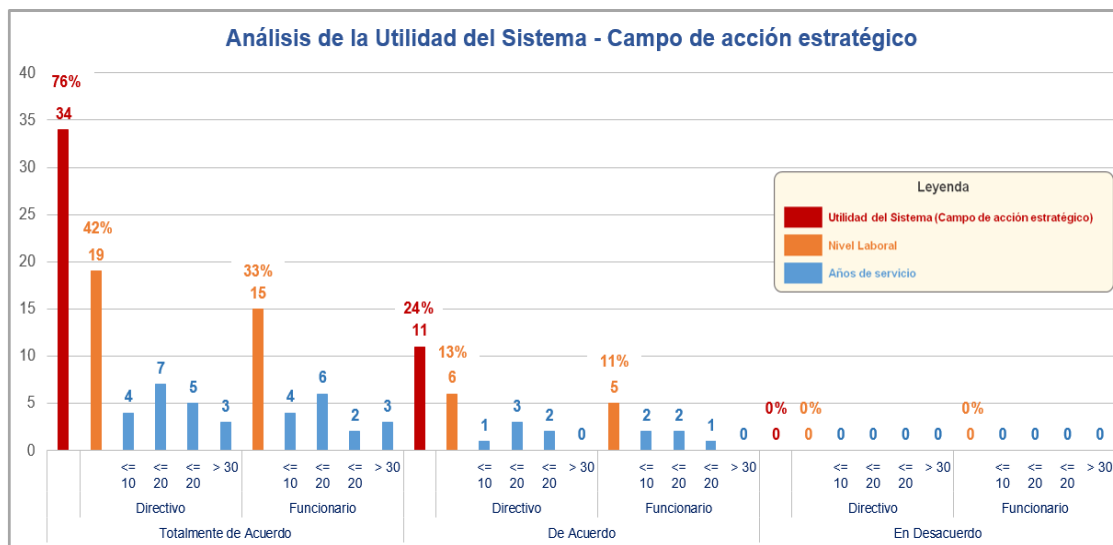
- A. ***Preguntas de alcance general***, compuesto por 4 preguntas que serán base para el análisis multicriterio de los resultados. Con respecto a la pregunta 4, el 100% de los encuestados coincidieron con que agua subterránea es estratégica en la gestión de la EPS.
- B. ***Preguntas sobre las bondades de la herramienta tecnológica propuesta***, este grupo de preguntas han permitido recoger la percepción de los encuestados para validar la variable independiente, indicador e índices establecidos.
- C. ***Preguntas sobre la contribución del Sistema con la Gestión Integrada de las Aguas Subterráneas***, este grupo de preguntas han permitido recoger la percepción de los encuestados para validar la variable dependiente, indicador e índices establecidos.

Los resultados obtenidos son:

Tabla 10. Análisis de la Utilidad del Sistema - Campo de acción estratégico

Utilidad - Campo de acción Nivel Laboral Años de Servicio	Nº de Encuestados	Porcentaje (%)
<b>Totalmente de Acuerdo</b>	<b>34</b>	<b>76</b>
<b>Directivo</b>	<b>19</b>	<b>42</b>
<= 10	4	9
<= 20	7	16
<= 30	5	11
> 30	3	7
<b>Funcionario</b>	<b>15</b>	<b>33</b>
<= 10	4	9
<= 20	6	13
<= 30	2	4
> 30	3	7
<b>De Acuerdo</b>	<b>11</b>	<b>24</b>
<b>Directivo</b>	<b>6</b>	<b>13</b>
<= 10	1	2
<= 20	3	7
<= 30	2	4
> 30	0	0
<b>Funcionario</b>	<b>5</b>	<b>11</b>
<= 10	2	4
<= 20	2	4
<= 30	1	2
> 30	0	0
<b>En Desacuerdo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Directivo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0
<b>Funcionario</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0

Gráfico 2. Utilidad del Sistema - Campo de acción estratégico



**Interpretación:**

En el Gráfico N° 02 se aprecia que el 76% (34) de los profesionales están **Totalmente de Acuerdo** con la Utilidad del Sistema, fundamentalmente porque se orienta a un campo de acción estratégico de la EPS; además el 24% (11) de los profesionales están **De Acuerdo** con la misma percepción, y el 0% (0) de los profesionales está **En Desacuerdo** con dicha percepción. Podemos apreciar esta distribución de los encuestados por nivel laboral y tiempo de servicios.

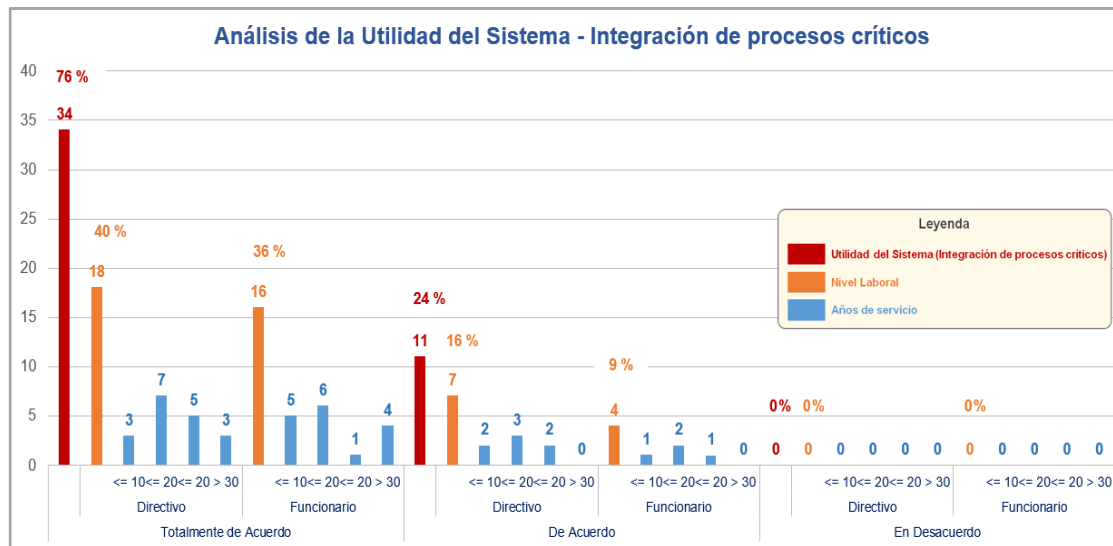
Fuente: Elaboración propia (generado con datos de prueba)



Tabla 11. Análisis de la Utilidad del Sistema - Integración de los procesos críticos

Utilidad - Integración de procesos Nivel Laboral Años de Servicio	Nº de Encuestados	Porcentaje (%)
<b>Totalmente de Acuerdo</b>	<b>34</b>	<b>76</b>
<b>Directivo</b>	<b>18</b>	<b>40</b>
<= 10	3	7
<= 20	7	16
<= 30	5	11
> 30	3	7
<b>Funcionario</b>	<b>16</b>	<b>36</b>
<= 10	5	11
<= 20	6	13
<= 30	1	2
> 30	4	9
<b>De Acuerdo</b>	<b>11</b>	<b>24</b>
<b>Directivo</b>	<b>7</b>	<b>16</b>
<= 10	2	4
<= 20	3	7
<= 30	2	4
> 30	0	0
<b>Funcionario</b>	<b>4</b>	<b>9</b>
<= 10	1	2
<= 20	2	4
<= 30	1	2
> 30	0	0
<b>En Desacuerdo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Directivo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0
<b>Funcionario</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0

Gráfico 3. Utilidad del Sistema - Integración de los procesos críticos



**Interpretación:**

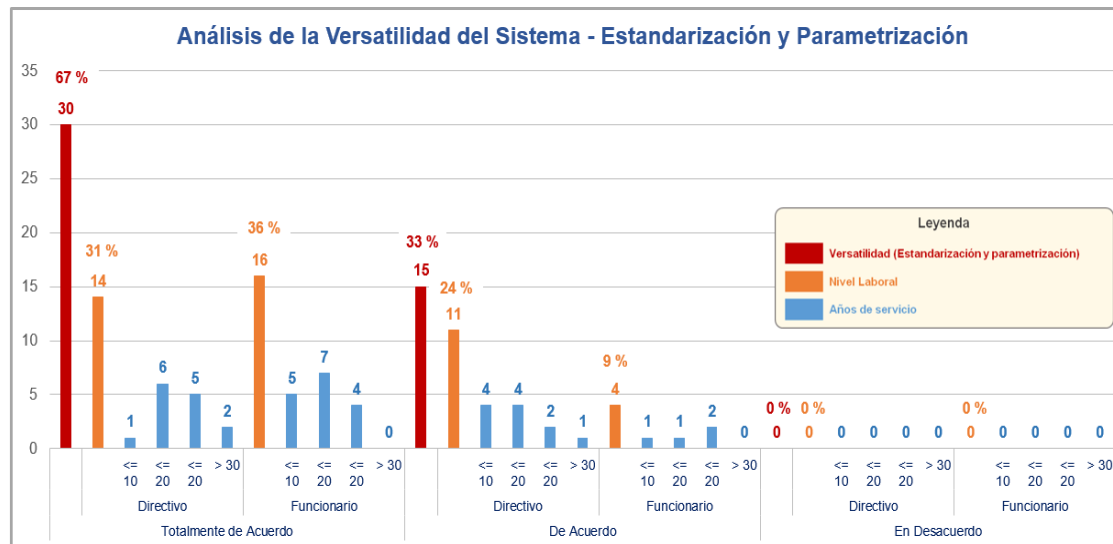
En el Gráfico N° 03 se aprecia que el 76% (34) de los profesionales están **Totalmente de Acuerdo** con la Utilidad del Sistema porque se promueve la integración de los procesos críticos de la gestión de la explotación y manejo del agua subterránea; además el 24% (11) de los profesionales están de **Acuerdo** con la misma percepción, y el 0% (0) de los profesionales está **En Desacuerdo** con dicha percepción. Podemos apreciar esta distribución de los encuestados por nivel laboral y tiempo de servicios.

Fuente: Elaboración propia (generado con datos de prueba)

Tabla 12. Análisis de la Versatilidad del Sistema - Estandarización y parametrización

Versatilidad - Estandarización Nivel Laboral Años de Servicio	Nº de Encuestados	Porcentaje (%)
<b>Totalmente de Acuerdo</b>	30	67
<b>Directivo</b>	14	31
<= 10	1	2
<= 20	6	13
<= 30	5	11
> 30	2	4
<b>Funcionario</b>	16	36
<= 10	5	11
<= 20	7	16
<= 30	4	9
> 30	0	0
<b>De Acuerdo</b>	15	33
<b>Directivo</b>	11	24
<= 10	4	9
<= 20	4	9
<= 30	2	4
> 30	1	2
<b>Funcionario</b>	4	9
<= 10	1	2
<= 20	1	2
<= 30	2	4
> 30	0	0
<b>En Desacuerdo</b>	0	0
<b>Directivo</b>	0	0
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0
<b>Funcionario</b>	0	0
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0

Gráfico 4. Versatilidad del Sistema - Estandarización y parametrización



**Interpretación:**

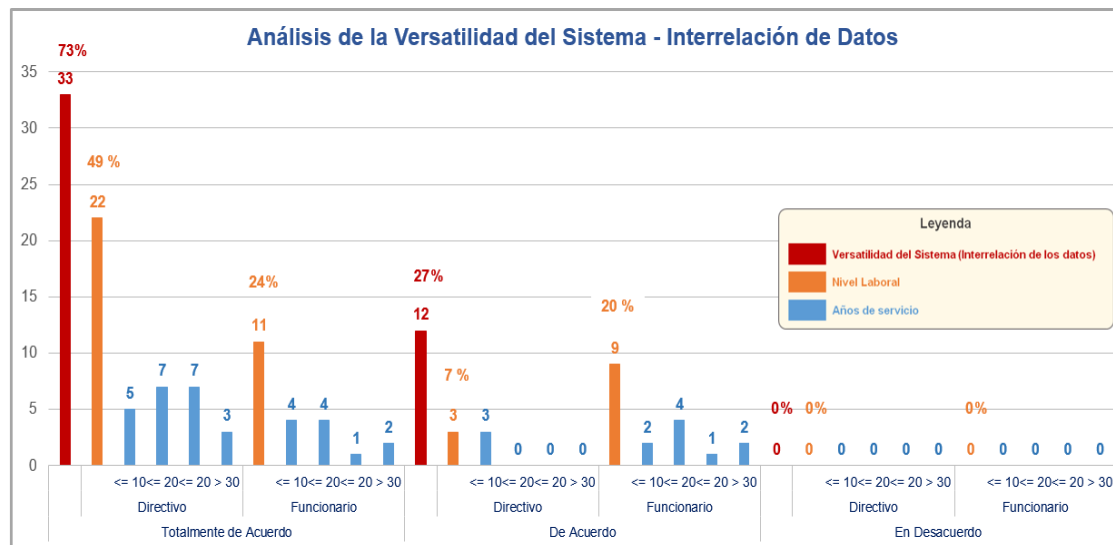
En el Gráfico N° 04 se aprecia que el 67% (30) de los profesionales están **Totalmente de Acuerdo** con la Versatilidad del Sistema porque evidencia alta estandarización y parametrización de los datos asociados a la gestión de la explotación y manejo del agua subterránea; además el 33% (16) de los profesionales están de **Acuerdo** con la misma percepción, y el 0% (0) de los profesionales está **En Desacuerdo** con dicha percepción. Podemos apreciar esta distribución de los encuestados por nivel laboral y tiempo de servicios.

Fuente: Elaboración propia (generado con datos de prueba)

Tabla 13. Análisis de la Versatilidad del Sistema - Interrelación de datos

Versatilidad - Interrelación de datos Nivel Laboral Años de Servicio	Nº de Encuestados	Porcentaje (%)
<b>Totalmente de Acuerdo</b>	33	73
<b>Directivo</b>	22	49
<= 10	5	11
<= 20	7	16
<= 30	7	16
> 30	3	7
<b>Funcionario</b>	11	24
<= 10	4	9
<= 20	4	9
<= 30	1	2
> 30	2	4
<b>De Acuerdo</b>	12	27
<b>Directivo</b>	3	7
<= 10	3	7
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0
<b>Funcionario</b>	9	20
<= 10	2	4
<= 20	4	9
<= 30	1	2
> 30	2	4
<b>En Desacuerdo</b>	0	0
<b>Directivo</b>	0	0
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0
<b>Funcionario</b>	0	0
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0

Gráfico 5. Versatilidad del Sistema - Interrelación de datos



**Interpretación:**

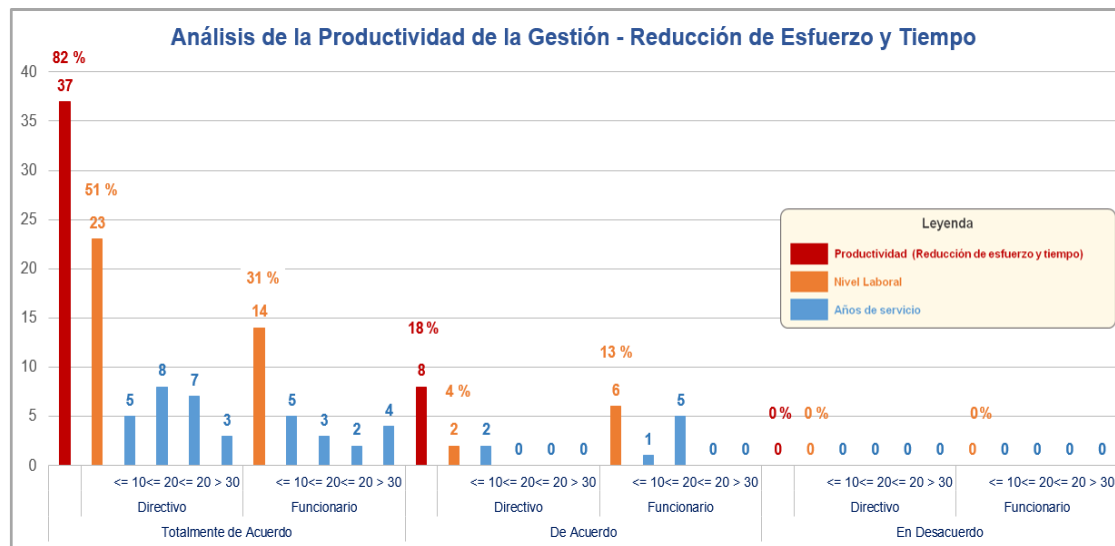
En el Gráfico N° 05 se aprecia que el 73% (33) de los profesionales están **Totalmente de Acuerdo** con la Versatilidad del Sistema porque permite el análisis multicriterio y espacial e interrelaciona los datos asociados a la gestión de la explotación y manejo del agua subterránea; además el 27% (12) de los profesionales están de **Acuerdo** con la misma percepción, y el 0% (0) de los profesionales está **En Desacuerdo** con dicha percepción. Podemos apreciar esta distribución de los encuestados por nivel laboral y tiempo de servicios.

Fuente: Elaboración propia (generado con datos de prueba)

Tabla 14. Análisis de la Productividad de la Gestión - Reducción de esfuerzo y tiempo

Productividad - Esfuerzo y tiempo Nivel Laboral Años de Servicio	Nº de Encuestados	Porcentaje (%)
<b>Totalmente de Acuerdo</b>	37	82
<b>Directivo</b>	23	51
<= 10	5	11
<= 20	8	18
<= 30	7	16
> 30	3	7
<b>Funcionario</b>	14	31
<= 10	5	11
<= 20	3	7
<= 30	2	4
> 30	4	9
<b>De Acuerdo</b>	8	18
<b>Directivo</b>	2	4
<= 10	2	4
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0
<b>Funcionario</b>	6	13
<= 10	1	2
<= 20	5	11
<= 30	0	0
> 30	0	0
<b>En Desacuerdo</b>	0	0
<b>Directivo</b>	0	0
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0
<b>Funcionario</b>	0	0
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0

Gráfico 6. Productividad de la Gestión - Reducción de esfuerzo y tiempo



**Interpretación:**

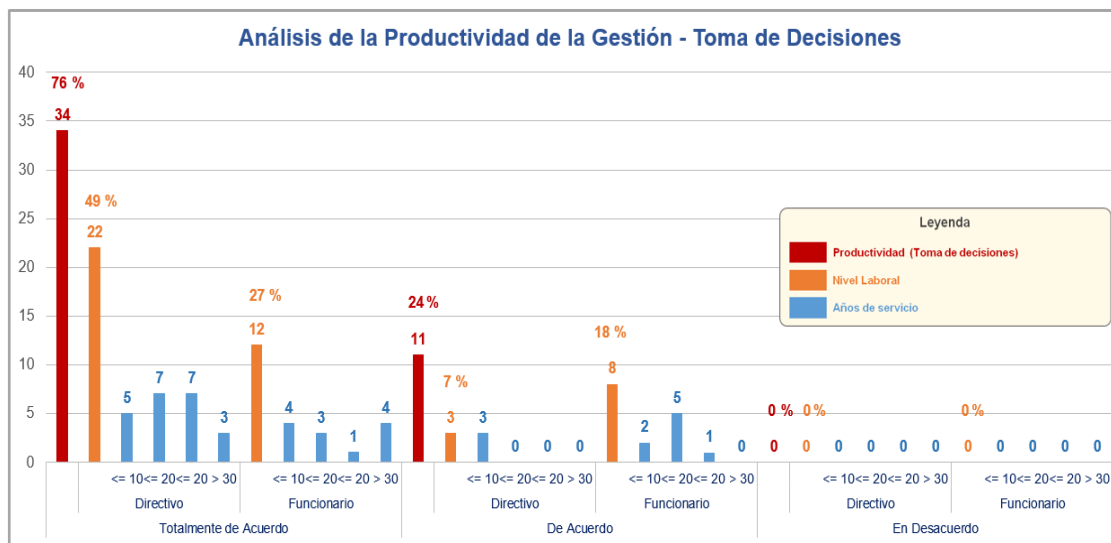
En el Gráfico N° 06 se aprecia que el 82% (37) de los profesionales están **Totalmente de Acuerdo** con que el Sistema contribuye a la Productividad de la gestión de la explotación y manejo del agua subterránea; además el 18% (8) de los profesionales están **De Acuerdo** con la misma percepción, y el 0% (0) de los profesionales está **En Desacuerdo** con dicha percepción. Podemos apreciar esta distribución de los encuestados por nivel laboral y tiempo de servicios.

Fuente: Elaboración propia (generado con datos de prueba)

Tabla 15. Análisis de la Productividad de la Gestión - Toma de decisiones

Productividad - Toma de decisiones	Nº de Encuestados	Porcentaje (%)
<b>Totalmente de Acuerdo</b>	<b>34</b>	<b>76</b>
<b>Directivo</b>	<b>22</b>	<b>49</b>
<= 10	5	11
<= 20	7	16
<= 20	7	16
> 30	3	7
<b>Funcionario</b>	<b>12</b>	<b>27</b>
<= 10	4	9
<= 20	3	7
<= 20	1	2
> 30	4	9
<b>De Acuerdo</b>	<b>11</b>	<b>24</b>
<b>Directivo</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<= 10	3	7
<= 20	0	0
<= 20	0	0
> 30	0	0
<b>Funcionario</b>	<b>8</b>	<b>18</b>
<= 10	2	4
<= 20	5	11
<= 20	1	2
> 30	0	0
<b>En Desacuerdo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Directivo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 20	0	0
> 30	0	0
<b>Funcionario</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 20	0	0
> 30	0	0

Gráfico 7. Productividad de la Gestión - Toma de decisiones



**Interpretación:**

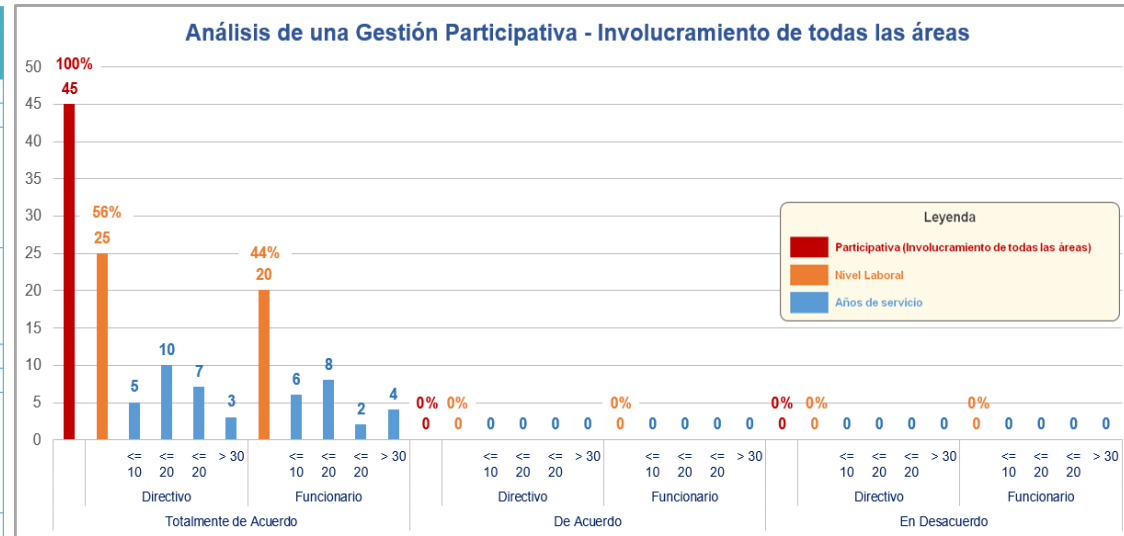
En el Gráfico N° 07 se aprecia que el 76% (34) de los profesionales están **Totalmente de Acuerdo** con que el Sistema facilita el análisis para la toma de decisiones oportunas y fundamentadas respecto a la gestión de la explotación y manejo del agua subterránea; además el 24% (11) de los profesionales están de **Acuerdo** con la misma percepción, y el 0% (0) de los profesionales está **En Desacuerdo** con dicha percepción. Podemos apreciar esta distribución de los encuestados por nivel laboral y tiempo de servicios.

Fuente: Elaboración propia (generado con datos de prueba)

Tabla 16. Análisis de la Gestión Participativa - Involucramiento de todas las áreas

Participativa - Involucramiento Nivel Laboral Años de Servicio	Nº de Encuestados	Porcentaje (%)
<b>Totalmente de Acuerdo</b>	<b>45</b>	<b>100</b>
<b>Directivo</b>	<b>25</b>	<b>56</b>
<= 10	5	11
<= 20	10	22
<= 30	7	16
> 30	3	7
<b>Funcionario</b>	<b>20</b>	<b>44</b>
<= 10	6	13
<= 20	8	18
<= 30	2	4
> 30	4	9
<b>De Acuerdo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Directivo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0
<b>Funcionario</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0
<b>En Desacuerdo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Directivo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0
<b>Funcionario</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0

Gráfico 8. Gestión Participativa - Involucramiento de todas las áreas



**Interpretación:**

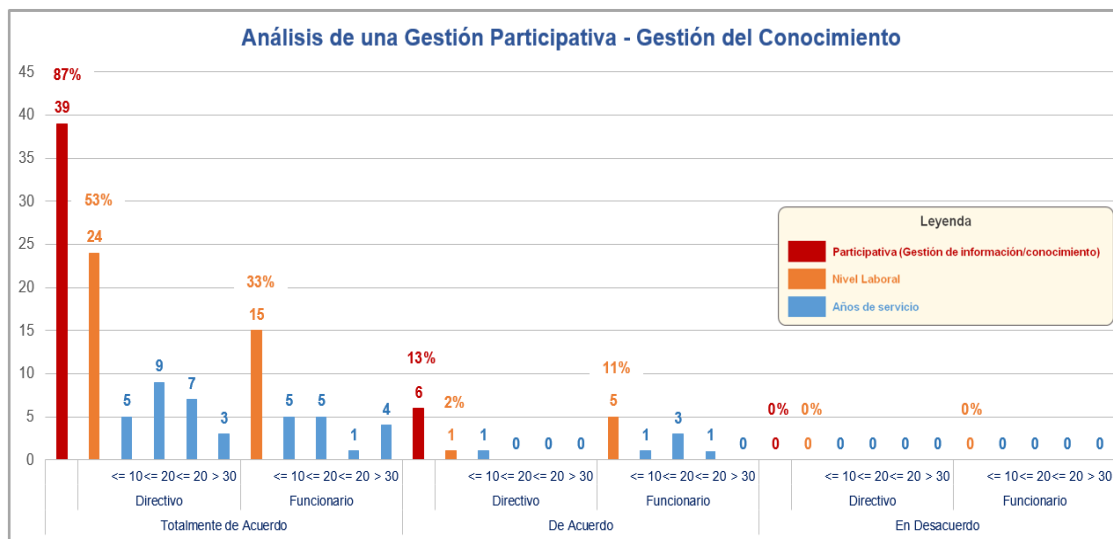
En el Gráfico N° 08 se aprecia que el 100% (45) de los profesionales están **Totalmente de Acuerdo** con que el Sistema promueve el involucramiento de todas las áreas que tienen relación con gestión de la explotación y manejo del agua subterránea. En este caso ningún profesional indico estar solo de **Acuerdo** o **En Desacuerdo** con dicha percepción. Podemos apreciar esta distribución de los encuestados por nivel laboral y tiempo de servicios.

Fuente: Elaboración propia (generado con datos de prueba)

Tabla 17. Análisis de la Gestión Participativa - Gestión del Conocimiento

Participativa - Gestión de conocimiento Nivel Laboral Años de Servicio	Nº de Encuestados	Porcentaje (%)
<b>Totalmente de Acuerdo</b>	<b>39</b>	<b>87</b>
Directivo	24	53
<= 10	5	11
<= 20	9	20
<= 30	7	16
> 30	3	7
Funcionario	15	33
<= 10	5	11
<= 20	5	11
<= 30	1	2
> 30	4	9
<b>De Acuerdo</b>	<b>6</b>	<b>13</b>
Directivo	1	2
<= 10	1	2
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0
Funcionario	5	11
<= 10	1	2
<= 20	3	7
<= 30	1	2
> 30	0	0
<b>En Desacuerdo</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Directivo	0	0
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0
Funcionario	0	0
<= 10	0	0
<= 20	0	0
<= 30	0	0
> 30	0	0

Gráfico 9. Gestión Participativa - Gestión del Conocimiento



**Interpretación:**

En el Gráfico N° 09 se aprecia que el 87% (39) de los profesionales están **Totalmente de Acuerdo** con que el Sistema promueve la gestión de información y del conocimiento para implementar estrategias orientadas a la sostenibilidad de las fuentes de agua subterránea en Trujillo Metropolitano; además el 13% (6) de los profesionales están **De Acuerdo** con la misma percepción, y el 0% (0) de los profesionales está **En Desacuerdo** con dicha percepción. Podemos apreciar esta distribución de los encuestados por nivel laboral y tiempo de servicios.

Fuente: Elaboración propia (generado con datos de prueba)

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

### **5.1. CONCLUSIONES**

- 5.1.1. El Sistema de Monitoreo propuesto ha determinado los factores críticos que influyen en la gestión integrada para la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para Consumo Humano en Trujillo Metropolitano, expresados en el Enfoque para una Gestión Integrada del Agua Subterránea para Consumo Humano (Figura 19).
- 5.1.2. El Sistema de Monitoreo propuesto se ha desarrollado sobre la base de un Modelo Conceptual estratégico e integrado, que involucra las necesidades y expectativas de los grupos de interés respecto a la gestión del agua subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano, expresado en el Modelo Conceptual para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para Consumo Humano (Figura 20).
- 5.1.3. El Sistema de Monitoreo propuesto ha determinado los indicadores de desempeño estratégicos que permitan realizar una gestión adecuada de la explotación y manejo de aguas subterráneas para consumo humano en Trujillo Metropolitano (Categoría de Información 6 del Sistema).
- 5.1.4. El Sistema de Monitoreo propuesto permite evaluar los aspectos importantes del agua subterránea, como variaciones de la 'condición básica inicial' y las condiciones producto de 'variaciones en el tiempo', debiéndose mantener un proceso de recolección, análisis y almacenamiento de datos que registren las 'variaciones en el tiempo', de forma regular y sistemática conforme a circunstancias y objetivos específicos.



- 5.1.5. El Sistema de Monitoreo propuesto se constituye en un '*sistema de alertas*' que permita implementar las estrategias de prevención y mitigación ante posibles riesgos de contaminación y amenazas de riesgos de desastres naturales a que estuvieran expuestas las fuentes de agua subterránea; así como, ejecutar acciones de mantenimiento y recarga de los acuíferos en caso la calidad o cantidad del agua se vean impactadas negativamente.
- 5.1.6. El Sistema de Monitoreo propuesto permite visualizar los datos desde diversas perspectivas y criterios (análisis multicriterio), y brinda a los responsables de la gestión del agua subterránea para consumo humano, información clave para orientar las acciones de planificación a mediano y largo plazo, integrando datos históricos, actuales y proyectados, e incorporando aspectos socio-ambientales para la formulación de planes y programas para la gestión integrada de los recursos hídricos, en el marco del desarrollo sostenible.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- 5.2.1. Se recomienda implementar el Sistema para Monitoreo propuesto porque contribuirá de manera relevante a la gestión integrada en las fuentes de agua subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano, y como aspectos complementarios, contribuye:
- ▶ En el Sistema de Costos asociados a la gestión del agua subterránea, contribuyendo a sustentar la retribución y tarifas vinculadas al uso, monitoreo y gestión del agua subterránea.
  - ▶ En la implementación del Sistema de Control Interno asociado a la gestión del agua subterránea, con el objetivo de prevenir posibles riesgos que afecten a la Entidad.
  - ▶ Al monitoreo de las cuencas hidrográficas y acuíferos en el ámbito de influencia, e incluso permita desarrollar el modelamiento hidráulico para la planificación y uso del recurso hídrico.

- ▶ A implementar acciones que contrarresten los embates de la naturaleza e impactos negativos derivados del cambio climático, sobretodo que en muchas partes del mundo los recursos hídricos subterráneos están bajo una amenaza creciente debido a su creciente demanda, el desperdicio en su uso y la contaminación.
- 5.2.2. Se recomienda promover la automatización del Sistema para Monitoreo propuesto, porque permitirá integrar datos alfanuméricos, gráficos y georreferenciados en una base de datos única otorgando mayores bondades y beneficios a esta herramienta de gestión.
- 5.2.3. Se recomienda impulsar la replicación del Sistema para Monitoreo propuesto en otros ámbitos jurisdiccionales de la Región La Libertad u otras regiones del país donde la explotación y manejo del agua subterránea constituye una fuente crítica y estratégica en la dotación de agua para consumo humano de calidad y para la sostenibilidad del recurso hídrico.
- 5.2.4. Se recomienda que la implementación del Sistema de Monitoreo propuesto se realice teniendo en consideración:
- ▶ La formalización de una unidad orgánica alineada al Modelo de Gestión Organizacional, integrada por un Equipo de Trabajo con personas acorde al perfil profesional y técnico requerido.
  - ▶ La optimización de los procesos asociados a la gestión de la explotación y manejo del agua subterránea, con la asignación de recursos que garantice una gestión de calidad y sostenible.
  - ▶ La implementación de Mecanismos de Monitoreo, Seguimiento y Evaluación de la Gestión que garantice un control de gestión permanente, siendo la herramienta propuesta un pilar clave en esta línea de acción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrascaeta, Rafael (2007).** El Enfoque de Sistemas en las Organizaciones. Reflexiones en torno a las organizaciones. Macro Economía, México, 118 (2), 21-54
- Banco Mundial (2001),** Gestión de Recursos de Agua Subterránea: Introducción a su alcance y práctica. Washington D.C. Ed. Banco Mundial, 6 p.
- Banco Mundial (2006),** Requerimientos de Monitoreo del Agua Subterránea: para manejar la respuesta de los acuíferos y las amenazas a la calidad del agua. Washington D.C. Ed. Banco Mundial, 10 p.
- Banco Mundial (2016).** Agua: Panorama general. En <http://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>, consultado el 03 de enero 2017, Madrid, 3 p.
- Brace, I. (2008).** Diseño de Cuestionarios. Editorial Difusora Larousse. Colombia. Formato PDF.
- Collazo, María; Montaña, Jorge (2012).** Manual de Agua Subterránea. Ed. Denad Internacional S.A., Uruguay, 121 p.
- Comisión Técnica Multisectorial (2009).** Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú. Lima. Ed. Autoridad Nacional del Agua, 88 p.
- Custodio Gimena, E. (1998).** Recarga de los acuíferos: aspectos generales sobre el proceso, la evaluación y la incertidumbre. Barcelona. Boletín Geológico y Minero, 109 p.
- Eguiluz, Luz (2007).** La Teoría Sistémica. Alternativa para Investigar el Sistema Familiar. (3ª reimp). México DF: Universidad Autónoma de Tlaxcala y Universidad Nacional Autónoma de México. FES - Iztacala.

- Foster, S., Hirata, R., Gómez, D., D'Elia, M., Paris, M. (2002).** Protección de la Calidad del Agua Subterránea, guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. 2da. Edición. Banco Mundial. Washington, D.C., USA
- Fundación para el Conocimiento Madrid (2016).** Arsénico en las aguas subterráneas: la amenaza escondida. En <http://www.madrimasd.org/noticias/arsenico-en-las-aguas-subterraneas--la-amenaza-escondida/25402>. Consultado 03 de enero 2017, Madrid, 1 p.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2010).** Metodología de la Investigación. Quinta Edición. México.
- Jiménez, F. (2002).** Apuntes de clase del curso Manejo de Desastres Naturales. Turrialba, CR. CATIE. 288 p.
- ODUM, Eugene P. (1972).** Ecología. 3º Edición. Interamericana McGraw-Hill. México, 619 p.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud) (1987).** Guías para la calidad del agua potable: criterios relativos a la salud y otra información de base. Volumen 2. OPS, Washington, D.C. 1987. 350 p.
- Ordoñez, Juan (2011).** Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y Gestión Integral del Recurso Hídrico. Ed. Sociedad Geográfica de Lima, Lima, 44 p.
- Mitchell, M; Stapp, W; Bixby, K. (1991).** Manual de campo de Proyecto del Río: una guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo. Segunda edición. Proyecto del Río. New Mexico, USA. 200p
- Murillo, W. (2008).** La investigación científica. Sitio web: <http://www.monografias.com/trabajos15/investcientifica/investcientifica.shtml>, consultado el 05 de enero 2017.

- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2011).** Evaluación de la Vulnerabilidad Futura del Sistema Hídrico al Cambio Climático. San José, Costa Rica, 88 p.
- Ruiz Bolivar, C. (2002).** Instrumentos de Investigación Educativa. Caracas. Fedeupel. Sitio web: <https://nticsaplicadasalainvestigacion.wikispaces.com/file/view/guia+para+elaboracion+de+instrumentos.pdf>, consultado el 05 enero 2017.
- Seoáñez, M. (1999).** Ingeniería del medioambiente aplicada al medio natural continental. 2ª. Edición, Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 702 p.
- Star Jeffrey, Estes J. E. (1990).** Geographic Information Systems: An Introduction. New Jersey. Prentice Hall, 303 p.
- Tamayo y Tamayo, M. (2000).** El Proceso de la Investigación científica. Editorial Limusa S.A. México. Sitio web: <http://tesisdeinvestig.blogspot.pe/2011/06/poblacion-y-muestra-tamayo-y-tamayo.html>
- Tim, U; Jolly, R. (1994).** Evaluating agricultural nonpoint-source pollution using integrated Geographic Information Systems and Hydrologic/Water Quality model. Journal Environmental Quality, 23:25- 35 p.
- Vásquez, AS; Terrasa, JJ. (2000).** Integración y manejo de abastos de agua y cuencas hidrográficas con herramientas de alta tecnología. In Congreso Interamericano de Engenharia Sanitaria e Ambiental (27, 2001, Rio de Janeiro, Brasil). Memorias, Rio de Janeiro, Brasil. ABES -CEPIS-OPS. s.p
- World Economic Forum (2016).** The Global Risk Report 2016. Geneva, Switzerland. Ed. World Economic Forum, 103 p.

# **ANEXOS**

## **ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA**

### Matriz de Consistencia

Título : Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para Consumo Humano en Trujillo Metropolitano

1.3. Problema	1.4. Objetivo	1.5. Hipótesis	1.6. Variables e Indicadores			1.10. Tipo y Nivel 1.11. Método y Diseño 1.13. Cobertura	1.12. Técnicas e Instrumentos
1.3.1. Problema Principal	1.4.1. Objetivo General	1.5.1. Hipótesis General	1.6.1. Variable Independiente	B. Indicador	C. Índices		1.12.1 Técnicas
¿Qué características debe tener un Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para contribuir en la gestión integrada en las fuentes de agua subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano?	Construir un Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas que contribuya en la gestión integrada en las fuentes de agua subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano.	Un Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas contribuye a la gestión integrada de las fuentes de agua subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano	Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas	Herramienta tecnológica integrada para el Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Utilidad</li> <li>▶ Versatilidad</li> </ul>	<b>1.10.1 Tipo de Investigación:</b> Aplicada	A.Encuesta  B.Observación de Campo
<b>1.3.2. Problemas Específicos</b>	<b>1.4.2. Objetivos Específicos</b>					<b>1.10.2. Nivel de investigación:</b> No Experimental	
a) ¿Qué factores críticos influyen en la gestión integrada para la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para consumo humano en Trujillo Metropolitano?	a) Determinar los factores críticos que influyen en la gestión integrada para la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para consumo humano en Trujillo Metropolitano.		<b>1.6.2. Variable Dependiente</b>	<b>B. Indicador</b>	<b>C. Índices</b>	<b>1.11.1. Método de la investigación:</b> Estadístico	
b) ¿Cuál es el Modelo Conceptual de un Sistema para Monitoreo de Aguas Subterráneas para consumo humano en Trujillo Metropolitano?	b) Diseñar el Modelo Conceptual del Sistema para Monitoreo de Aguas Subterráneas para consumo humano en Trujillo Metropolitano.		Gestión Integrada de las fuentes de agua subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano	Acciones para la sostenibilidad de las fuentes de agua subterránea en Trujillo Metropolitano, en términos de cantidad y calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Productividad</li> <li>▶ Participativa</li> </ul>	<b>1.13.1. Población:</b> La población laboral conformada por Directivos y Funcionarios, que tienen o han tenido relación directa/indirecta con la gestión de las fuentes de agua subterránea en Trujillo Metropolitano.	<b>1.12.2. Instrumentos</b>
c) ¿Cuáles son los indicadores de desempeño estratégicos en la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para consumo humano en Trujillo Metropolitano?	c) Determinar los indicadores de desempeño estratégicos en la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para consumo humano en Trujillo Metropolitano.					<b>1.13.2 Muestra:</b> Se obtuvo una muestra conformada por 45 profesionales.	A.Cuestionario  B.Guía de Observación

Fuente:Elaboración propia



## **ANEXO 2. ESTRUCTURA DE LA HOJA PLANTILLA**

## Estructura de la Hoja Plantilla (1/7)

Ficha de la Fuente de Agua Subterránea para Consumo Humano			
C01 - Datos Generales			
Nombre de captación (D01)	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Identificación de ANA (D02)	<input style="width: 100%;" type="text"/>	Estado actual (D03)	-- Seleccionar --
<b>Ubicación física:</b>		<b>Ubicación georreferenciada:</b>	
- Departamento (D04)	-- Seleccionar --	- Zona (D11)	<input style="width: 100%;" type="text"/>
- Provincia (D05)	-- Seleccionar --	- Latitud (Norte) (D12)	<input style="width: 100%;" type="text"/>
- Distrito (D06)	-- Seleccionar --	- Longitud (Este) (D13)	<input style="width: 100%;" type="text"/>
- Localidad (D07)	-- Seleccionar --	- Altitud (msnm) (D14)	<input style="width: 100%;" type="text"/>
- Urbanización (D08)	-- Seleccionar --	<input style="width: 100%;" type="text"/>	
- Dirección exacta (D09)	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Área de influencia (D10)	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Se tiene Saneamiento Físico-Legal del Predio (D15)	-- Seleccionar --	Fecha Registral (D16)	<input style="width: 100%;" type="text"/>
		Fecha (D17)	-- Seleccionar --    -- Seleccionar --
	Comentario el Registro (D18) <input style="width: 100%;" type="text"/>		
Se cuenta con Licencia de Uso de Agua (D18)	-- Seleccionar --	Resolución (D19)	<input style="width: 100%;" type="text"/>
		Fecha (D20)	-- Seleccionar --    -- Seleccionar --
	Comentario sobre Licencia <input style="width: 100%;" type="text"/>		
Centro de Costo (D21)	-- Seleccionar --	Caudal de Diseño ( lps ) (D26)	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Tipo de Pozo (D22)	-- Seleccionar --	Caudal Máximo ( lps ) (D27)	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Naturaleza de Pozo (D23)	-- Seleccionar --	Caudal Promedio ( lps ) (D28)	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Sentido del Flujo del Agua (D24)	-- Seleccionar --	Cota (msnm) (D29)	<input style="width: 100%;" type="text"/>
Observación / Referencia general (D25)	<input style="width: 100%;" type="text"/>		
Perforado por (D31)	<input style="width: 100%;" type="text"/>		

Fuente: Elaboración propia

## Estructura de la Hoja Plantilla (2/7)

Ficha de la Fuente de Agua Subterránea para Consumo Humano			
C02 - Infraestructura e implementación			
Fecha de Perforación (año) (I01)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
Inicio de operación (año) (I02)	-- Seleccionar --		
<b>Descripción de principales componentes del Pozo:</b>			
-- Componente --	- Existe -	- Estado -	- Referencia/Comentario -
- Cerco perimétrico (I03, I04, I05)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Panel de Identificación (I06, I07, I08)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Caseta del Pozo (I09, I10, I11)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Caseta de cloración (I12, I13, I14)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Equipo de Cloración (I15, I16, I17)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Paredes y piso (I18, I19, I20)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Tubería de descarga/purga (I21, I22, I23)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Árbol de salida (I24, I25, I26)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Equipo de Bombeo (HP) (I27, I28, I29)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Caseta de Tablero Electrónico (I30, I31, I32)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Tablero Electrónico (I33, I34, I35)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Cableado Eléctrico (I36, I37, I38)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Grupo electrógeno (I39, I40, I41)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Sistemas de Alimentación (UPS) (I42, I43, I44)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Válvula check (I45, I46, I47)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Válvula de purga de aire (I48, I49, I50)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Caballete de extracción (I51, I52, I53)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Gancho de extracción de bomba (I54, I55, I56)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Punto de Muestreo (I57, I58, I59)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Caudalímetro (I60, I61, I62)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Horómetro (I63, I64, I65)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Manómetro (I66, I67, I68)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Macromedidor (I69, I70, I71)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Tipo de Revestimiento (I72, I73)	-- Seleccionar --		
- Diámetro Tubular (pulgadas) (I74, I75)	-- Seleccionar --		
- Sistema de automatización (I76, I78, I79)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
- Tipo transmisión de datos (I80, I81, I82)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
Fecha de Inspección (I83)	DD/MM/AAAA	Inspector (I84)	

Fuente: Elaboración propia

## Estructura de la Hoja Plantilla (3/7)

Ficha de la Fuente de Agua Subterránea para Consumo Humano			
C03 - Explotación del Recurso Hídrico - Monitoreo de la Oferta			
Período de Evaluación (E01)	-- Seleccionar --	Sector Operativo abastece (E03)	-- Seleccionar --
Cuenca (E02)	-- Seleccionar --	Sector Comercial abastece (E04)	-- Seleccionar --
<b>Datos de Explotación:</b>		<b>Control de Operación y Producción:</b>	
- Nivel Estático (m) (E05)	-- Seleccionar --	Régimen Bombeo (hrs/día) (E14)	-- Seleccionar --
- Nivel Dinámico (m) (E06)	-- Seleccionar --	Horas de bombeo (horas) (E15)	-- Seleccionar --
- Máxima profundidad (m) (E07)	-- Seleccionar --	Consumo Energía (Kw/año) (E16)	-- Seleccionar --
- Caudal de Operación (lps) (E08)	-- Seleccionar --	Consumo Cloro (Kg/año) (E17)	-- Seleccionar --
- Presión (Bar) (E09)	-- Seleccionar --	Consumo Combustible (l/año) (E18)	-- Seleccionar --
- Diámetro de Columna (pulgadas) (E10)	-- Seleccionar --		
- Longitud de Columna (m) (E11)	-- Seleccionar --		
- Fondo actual (m) (E12)	-- Seleccionar --		
- Conductividad eléctrica agua (µS/cm) (E13)	-- Seleccionar --		
Programa de Mantenimiento (E19)	-- Seleccionar --	Responsable Mantenimiento (E20)	-- Seleccionar --
- Mes(es) previstos para ejecución (E21)	Mes E F M A M J J A S O N D	Responsable de Aforo (E23)	-- Seleccionar --
Programación de Aforo (E22)	-- Seleccionar --		
- Mes(es) previsto para ejecución (E24)	Mes E F M A M J J A S O N D		
Última Rehabilitación y Limpieza (E25)	-- Seleccionar --		
Líneas de Salida del Pozo (E26)	-- Seleccionar --	Diámetro máximo (pulgadas) (E27)	-- Seleccionar --
Producción promedio mes (m3) (E28)	-- Seleccionar --	Producción anual (m <sup>3</sup> /año) (E29)	-- Seleccionar --
<b>Análisis de Factores de Contaminación Ambiental:</b>		-- Seleccionar --	
-- Posibles factores contaminantes --	- Existe -	- Grado -	- Referencia/Comentario -
- Depósito basura / relleno sanitario (E30, E31, E32)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --
- Infiltración de ríos con contaminación (E33, E34, E35)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --
- Drenaje de instalaciones industriales (E36, E37, E38)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --
- Fugas de tanques de almacenamiento (E39, E40, E41)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --
- Saneamiento <i>in situ</i> (E42, E43, E44)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --
- Drenaje de granjas (E45, E46, E47)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --
- Fugas del alcantarillado (E48, E48, E49)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --
- Laguna estabilización de A.Residuales (E50, E51, E52)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --
- Intensificación de la agricultura (E53, E54, E55)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --
- Otro (especificar) (E56, E57, E58)	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --
Acciones para Control de Contaminación (E59, E60)	-- Seleccionar --	Especificar	1. -- Seleccionar -- 2. -- Seleccionar -- 3. -- Seleccionar --
<b>Análisis de Gestión de Riesgos de Desastres: (E61)</b>		-- Seleccionar --	
-- Posibles Amenazas (E62, 63, 64) --	- Grado -	- Acciones de Mitigación/Adaptación -	
Cambio de calidad de agua	-- Seleccionar --	-- Seleccionar --	
Aplica mecanismos de Recarga del Acuífero (E65)	-- Seleccionar --	Tipo 1 (E66)	-- Seleccionar --
		Tipo 2 (E67)	-- Seleccionar --
		Otro (E68)	-- Seleccionar --
Fecha de Análisis (E69)	DD/MM/AAAA	Evaluador (E70)	-- Seleccionar --

Fuente: Elaboración propia

## Estructura de la Hoja Plantilla (4/7)

Ficha de la Fuente de Agua Subterránea para Consumo Humano			
C04 - Manejo del Recurso Hídrico - Monitoreo de la Demanda			
Período de Evaluación (M01)	2016		
Infraestructura que abastece (M02)	-- Seleccionar --		Referencia (M03)
Localidad(es) que abastece	Localidad 1 (M04)	-- Seleccionar --	Aporte (%) (M05)
	Localidad 2 (M06)	-- Seleccionar --	Aporte (%) (M07)
<b>Monitoreo de la Calidad del Agua: Parámetros de Calidad</b>			
<b>Microbiológicos y Parasitológicos:</b>		Valor	LMP (DS Nº 031-2010-SA)
- Coliformes Totales (M08, M09, M10)	UFC/100 mL		0
- Coliformes Termotolerantes (M11, M12, M13)	UFC/100 mL		0
- Recuento Bacterias heterotróficas (M14, M15, M16)	UFC/100 mL		500
<b>Organoléptica:</b>			Referencia/Comentario
- Color (M17, M18, M19)	UCV-Pl/Co		15
- Turbiedad (M20, M21, M22)	NTU		5
- pH (M23, M24, M25)	Valor de pH		6,5 a 8,5
- Conductividad (25º) (M26, M27, M28)	µmho/cm		1 500
- Cloruros (M29, M30, M31)	mg Cl <sup>-</sup> /L		250
- Sulfatos (M32, M33, M34)	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L		250
- Dureza Total (M35, M36, M37)	mgCaCO <sub>3</sub> /L		500
- Hierro (M38, M39, M40)	mg Fe/L		0,3
- Manganeseo (M41, M42, M43)	mg Mn/L		0,4
<b>Químicos inorgánicos y Orgánicos:</b>			
- Cloro Residual Libre (M44, M45, M46)	mg/L		≥ 5
- Nitratos (M47, M48, M49)	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L		50
- Arsénico (M50, M51, M52)	mg As/L		0.01
Nota: SC --> sin sistema de cloración			
<b>Gestión de la Demanda:</b>			
- Predios abastecidos (Nº) (M53)		- Volumen facturado (m <sup>3</sup> / anual) (M54)	
- Unidades de Uso abastecidas (número) (M55)		- Dotación x Conexión (m <sup>3</sup> /conex/mes) (M56)	
- Continuidad promedio (horas / día) (M57)		- Presión promedio (mca) (M58)	
- Nivel de pérdida de agua (%) (M59)			
<b>Inspección Sanitaria de la Infraestructura y Calidad del Agua:</b>			
Programación de Inspección Sanitaria (M60)	-- Seleccionar --		- Entidad responsable (M62)
- Mes(es) previstos para ejecución (M63)	Mes E F M A M J J A S O N D		-- Seleccionar --
- Resultado de última evaluación (M64)	-- Seleccionar --		- Año de última ejecución (M65)
Fecha de Análisis (M66)	DD/MM/AAAA	Evaluador (E67)	

Fuente: Elaboración propia

## Estructura de la Hoja Plantilla (5/7)

Ficha de la Fuente de Agua Subterránea para Consumo Humano			
C05 - Análisis Multicriterio Geoestadístico del comportamiento actual			
-- Factor de análisis --	- Existe -	- Importancia -	- Referencia/Comentario -
<b>Análisis Espacial de Infraestructura: Mapeo de Pozos</b>			
- Por estado de la infraestructura exterior	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Por estado de equipamiento básico	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Por antigüedad (períodos) de construcción	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Con Macromedición (nivel)	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Con Automatización	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Otro (especificar)	-- Selección	-- Seleccionar --	
<b>Análisis Espacial de proceso de Explotación del Recurso Hídrico: Mapeo de Pozos</b>			
- Con variación de nivel dinámico	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Con variación de nivel estático	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Con variación de conductividad eléctrica	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Con variación de pH	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Con presencia de factores contaminantes	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Por régimen de bombeo	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Por consumo de insumo (cloro, energía, etc.)	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Por volúmenes de producción	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Otro (especificar)	-- Selección	-- Seleccionar --	
<b>Análisis Espacial de proceso de Manejo del Recurso Hídrico: Mapeo de Pozos</b>			
- Con calidad Microbiológica y Parasitológica	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Con calidad Organoléptica	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Con calidad Química	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Por volúmenes de facturación	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Por niveles de pérdidas de agua	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Por número de predios/unidades de uso	-- Selección	-- Seleccionar --	
- Otro (especificar)	-- Selección	-- Seleccionar --	

Fuente: Elaboración propia

## Estructura de la Hoja Plantilla (6/7)

### Ficha de la Fuente de Agua Subterránea para Consumo Humano

#### C06 - Análisis Histórico del Comportamiento de los principales indicadores

Indicador	Unidad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
- Nivel Estático	m												0			
- Nivel Dinámico	m												0			
- Máxima profundidad	m												0			
- Caudal de Diseño	lps												0.00			
- Caudal de Operación	lps												0.00			
- Presión	Bar												0			
- Régimen Bombeo	horas/día												-- Selección			
- Energía consumida	Kw/año												0.00			
- Cloro consumido	Kw/año												0.00			
- Volumen producido anual	m <sup>3</sup>												0			
- Volumen facturado anual	m <sup>3</sup>												0			
- Nivel de Pérdidas de Agua	%															
- Coliformes Totales	UFC/100 mL												0			
- Coliformes Termotolerantes	UFC/100 mL												0			
- Recuento de Bacterias heterotróficas	UFC/100 mL												0			
- Color	UCV-Pl/Co												0			
- Turbiedad	NTU												0			
- pH	Valor de pH												0			
- Conductividad (25°)	µmho/cm												0			
- Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> /L												0			
- Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L												0			
- Dureza Total	mgCaCO <sub>3</sub> /L												0			
- Hierro	mg Fe/L												0			
- Manganeseo	mg Mn/L												0			
- Cloro Residual Libre	mg/L												0			
- Nitratos	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L												0			
- Arsénico	mg As/L												0			

Fuente: Elaboración propia

## Estructura de la Hoja Plantilla (7/7)

### Ficha de la Fuente de Agua Subterránea para Consumo Humano

#### C07 - Análisis Prospectivo - Proyecciones de Oferta de Producción del Pozo

Producción por Localidad	Unidad	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043
-- Seleccionar --	m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-- Seleccionar --	m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	m <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Factor de +/-		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia



## **ANEXO 3. INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA**

## Inventario de Fuentes de Agua Subterránea de Trujillo Metropolitano (1/3)

N°	Centro de Costo	Nombre de la Fuente de Agua	Distrito	Tipo	C01 - Datos Generales	C02 - Infraestructura e Implementación	C03 - Explotación del Recurso Hídrico	C04 - Manejo del Recurso Hídrico	C05 - Análisis Multicriterio	C06 - Análisis Histórico	C07 - Análisis Prospectivo
1	000017	Bosque 1	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
2	000018	Bosque 2	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
3	000020	Cortijo 4	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
4	000037	CV-4	El Povenir	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
5	000239	Esperanza 4	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
6	000034	Esperanza 6	La Esperanza	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
7	000297	Esperanza 7	La Esperanza	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
8	000303	Esperanza 8	La Esperanza	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
9	000003	Laredo 5	Laredo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
10	000304	Miguel de la Cuba	El Povenir	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
11	000107	Natasha Alta	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
12	000275	Palermo 1	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
13	000008	Pesqueda 1	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
14	000010	Pesqueda 7	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
15	000011	Pesqueda 15	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
16	000009	Pesqueda 3	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
17	000305	Pesqueda 8A	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
18	000035	PIT 1	La Esperanza	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
19	000036	PIT 3	La Esperanza	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
20	000015	Primavera 2	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
21	000019	San Isidro	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
22	000013	San Salvador	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
23	000014	Santa Inés 2	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
24	000012	Santo Dominguito	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
25	000027	Vista Hermosa	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
26	000026	Covirt	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
27	000005	Laredo 10	Laredo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
28	000006	Laredo 11	Laredo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
29	000007	Laredo 12	Laredo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
30	000002	Laredo 2	Laredo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
31	000004	Laredo 6	Laredo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
32	000298	Manuel Arévalo 2A	El Povenir	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
33	000024	Arboleda 1	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
34	000025	Arboleda 2	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
35	000029	California	Victor Larco Herrera	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
36	000028	El Golf	Victor Larco Herrera	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
37	000022	Huamán 1	Victor Larco Herrera	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
38	000031	San Andrés 3	Trujillo	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
39	000023	San José	Victor Larco Herrera	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
40	000033	Vista Alegre	Victor Larco Herrera	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
41	000032	Huanchaco	Huanchaco	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
42	000038	Manuel Arévalo 1	El Povenir	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
43	000044	V.R.H. de la Torre	El Povenir	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
44	000021	Moche 2 Salaverry	Moche	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07
45	000030	Moche 3	Moche	Producción	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07

Fuente: Elaboración propia (Datos de prueba para simular el Sistema de Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para Consumo Humano en Trujillo Metropolitano)

## **ANEXO 4. RESUMEN DE DATOS DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA**

## Resumen de Datos de Fuentes de Agua Subterránea (1/2)

Período de Análisis:		2016		C01 - Datos Generales														C02 - Infraestructura e Implementación		C03 - Explotación del Recurso Hídrico			
Nº	Centro de Costo	Nombre de la Fuente de Agua	Distrito	Tipo	Código AHA	Zona	Este	Norte	Altitud	Estado	Licencias de Uso	Sanamiento Físico-Legal	Año de Perforación	Antigüedad	Rango de Antigüedad	Tipo de Pozo	Caudal máximo	Profundidad	Estado de Infraestructura	Estado de Implementación	Horas de aprovechamiento	Régimen de Bombeo	Monitoreo de Factores de Contaminación
1	000017	Bosque 1	Trujillo	Producción	IRHS 20	17L	719858	9103240	53	Inoperativo Temporal	SI	SI	1998	28	<= a 30 años	Tubular	20	48	Regular	Regular	0	Hasta 4 horas	NO
2	000018	Bosque 2	Trujillo	Producción		17L	719730	9102885	46	Inoperativo Temporal	NO	NO	1968	28	<= a 30 años	Tubular	20	45.2	Malo	Malo	0	Hasta 4 horas	NO
3	000020	Cortijo 4	Trujillo	Producción	IRHS 202	17L	714289	9104573	52	Utilizado	NO	NO	1998	18	<= a 30 años	Tubular	32	49	Regular	Regular	6	Hasta 8 horas	SI
4	000037	CV-4	El Povenir	Producción	IRHS 44	17L	719873	9105462	85	Utilizado	NO	NO	1972	44	<= a 45 años	Tubular	48	82	Regular	Regular	24	Hasta 24 horas	NO
5	000239	Esperanza 4	Trujillo	Producción	IRHS 48	17L	717345	9105314	77	Utilizado	SI	SI	1973	43	<= a 45 años	Tubular	35	80	Regular	Regular	10	Hasta 12 horas	SI
6	000034	Esperanza 6	La Esperanza	Producción	IRHS 39	17L	715640	9105711	80	Utilizado	SI	SI	1981	35	<= a 45 años	Tubular	50	86	Regular	Regular	24	Hasta 24 horas	SI
7	000297	Esperanza 7	La Esperanza	Producción		17L	715320	9105768	66	Utilizado	SI	SI	2012	4	<= a 5 años	Tubular	30	80	Bueno	Bueno	0	Hasta 4 horas	NO
8	000303	Esperanza 8	La Esperanza	Producción		17L	714604	9105318	59	Utilizado	NO	NO	2012	4	<= a 5 años	Tubular	33	75	Bueno	Bueno	0	Hasta 4 horas	NO
9	000003	Laredo 5	Laredo	Producción	IRHS 98	17L	721492	9104808	78	Utilizado	NO	NO	1980	36	<= a 45 años	Tubular	40	35	Regular	Bueno	19	Hasta 20 horas	SI
10	000304	Miguel de la Cuba	El Povenir	Producción		17L	721149	9104991	75	Inoperativo Temporal	NO	NO	2012	4	<= a 5 años	Tubular	33	40	Bueno	Bueno	0	Hasta 4 horas	NO
11	000107	Natasha Alta	Trujillo	Producción		17L	715065	9103093	39	Utilizado	SI	SI	2013	3	<= a 5 años	Tubular	30	40	Bueno	Bueno	5	Hasta 8 horas	SI
12	000275	Palermo 1	Trujillo	Producción	IRHS 47	17L	718487	9103113	44	Inoperativo Temporal	SI	SI	1966	50	> a 45 años	Tubular	20	40.5	Regular	Regular	0	Hasta 4 horas	NO
13	000008	Pesqueda 1	Trujillo	Producción	IRHS 121	17L	720312	9103562	54	Utilizado	SI	SI	1975	41	<= a 45 años	Tubular	50	40	Regular	Regular	11	Hasta 12 horas	SI
14	000010	Pesqueda 7	Trujillo	Producción	IRHS 116	17L	720801	9103364	54	Utilizado	SI	SI	1974	42	<= a 45 años	Tubular	40	30	Regular	Regular	10	Hasta 12 horas	SI
15	000011	Pesqueda 15	Trujillo	Producción	IRHS 107	17L	720480	9103854	60	Inoperativo Temporal	NO	NO	1981	35	<= a 45 años	Tubular	40	52.75	Regular	Regular	0	Hasta 4 horas	NO
16	000009	Pesqueda 3	Trujillo	Producción	IRHS 117	17L	720484	9103518	53	Inoperativo Temporal	NO	NO	1975	41	<= a 45 años	Tubular	20	30	Malo	Malo	0	Hasta 4 horas	NO
17	000305	Pesqueda 8A	Trujillo	Producción		17L	720618	9103295	51	Utilizado	SI	SI	2012	4	<= a 5 años	Tubular	30	40	Bueno	Bueno	0	Hasta 4 horas	NO
18	000035	PIT 1	La Esperanza	Producción	IRHS 41	17L	716305	9105231	70	Utilizado	SI	SI	1970	46	> a 45 años	Tubular	45	71	Regular	Regular	19	Hasta 20 horas	NO
19	000036	PIT 3	La Esperanza	Producción	IRHS 43	17L	716128	9105381	0	Inoperativo Temporal	SI	SI	1970	46	> a 45 años	Tubular	30	70	Regular	Regular	0	Hasta 4 horas	NO
20	000015	Primavera 2	Trujillo	Producción	IRHS 10	17L	716713	9104690	60	Utilizado	SI	SI	1983	33	<= a 45 años	Tubular	35	77	Regular	Regular	24	Hasta 24 horas	NO
21	000019	San Isidro	Trujillo	Producción	IRHS 14	17L	715249	9105104	59	Utilizado	NO	NO	1991	26	<= a 30 años	Tubular	40	70	Regular	Regular	24	Hasta 24 horas	NO
22	000013	San Salvador	Trujillo	Producción	IRHS 18	17L	715898	9103729	38	Utilizado	NO	NO	1972	44	<= a 45 años	Tubular	20	40	Regular	Regular	24	Hasta 24 horas	NO
23	000014	Santa Inés 2	Trujillo	Producción	IRHS 11	17L	716190	9104150	42	Utilizado	SI	SI	1983	33	<= a 45 años	Tubular	38	60	Regular	Regular	24	Hasta 24 horas	NO
24	000012	Santo Dominguito	Trujillo	Producción	IRHS 22	17L	719363	9103269	59	Inoperativo Temporal	NO	NO	1980	36	<= a 45 años	Tubular	22	42.26	Malo	Malo	0	Hasta 4 horas	NO
25	000027	Vista Hermosa	Trujillo	Producción	IRHS 31	17L	715902	9101831	28	Utilizado	NO	NO	1981	35	<= a 45 años	Tubular	75	35	Regular	Regular	17	Hasta 20 horas	NO
26	000026	Covirt	Trujillo	Producción	IRHS 30	17L	715687	9101367	21	Utilizado	SI	SI	1975	41	<= a 45 años	Tubular	45	40	Regular	Regular	18	Hasta 20 horas	SI
27	000005	Laredo 10	Laredo	Producción	IRHS 96	17L	722082	9105073	88	Utilizado	NO	NO	1981	35	<= a 45 años	Tubular	45	40	Regular	Bueno	19	Hasta 20 horas	SI
28	000006	Laredo 11	Laredo	Producción	IRHS 97	17L	721901	9104827	77	Utilizado	NO	NO	1981	35	<= a 45 años	Tubular	50	37	Regular	Bueno	19	Hasta 20 horas	SI
29	000007	Laredo 12	Laredo	Producción	IRHS 105	17L	721947	9104159	73	Utilizado	NO	NO	1981	35	<= a 45 años	Tubular	70	40	Regular	Regular	12.5	Hasta 16 horas	SI
30	000002	Laredo 2	Laredo	Producción	IRHS 106	17L	721410	9103846	71	Utilizado	SI	SI	1979	37	<= a 45 años	Tubular	48	26	Regular	Regular	19	Hasta 20 horas	SI
31	000004	Laredo 6	Laredo	Producción	IRHS 104	17L	722278	9104219	76	Utilizado	NO	NO	1980	36	<= a 45 años	Tubular	75	45	Bueno	Bueno	19	Hasta 20 horas	SI
32	000298	Manuel Arévalo 2A	El Povenir	Producción		17L	722825	9104426	78	Utilizado	NO	NO	2012	4	<= a 5 años	Tubular	35	45	Bueno	Bueno	19	Hasta 20 horas	NO
33	000024	Arboleda 1	Trujillo	Producción	IRHS 34	17L	716687	9100758	26	Utilizado	NO	NO	1968	48	> a 45 años	Tubular	20	18.6	Regular	Regular	15	Hasta 16 horas	SI
34	000025	Arboleda 2	Trujillo	Producción	IRHS 35	17L	716478	9101078	29	Utilizado	SI	SI	1980	36	<= a 45 años	Tubular	45	35	Regular	Regular	15	Hasta 16 horas	SI
35	000029	California	Victor Larco Herrera	Producción	IRHS 37	17L	715365	9100313	23	Utilizado	SI	SI	1983	33	<= a 45 años	Tubular	30	43	Regular	Bueno	14	Hasta 16 horas	SI
36	000028	El Golf	Victor Larco Herrera	Producción	IRHS 33	17L	716893	9099970	21	Utilizado	SI	SI	1971	45	<= a 45 años	Tubular	40	21	Regular	Regular	24	Hasta 24 horas	NO
37	000022	Huamán 1	Victor Larco Herrera	Producción	IRHS 150	17L	715666	9100131	19	Utilizado	SI	SI	1965	51	> a 45 años	Tubular	30	35	Regular	Bueno	24	Hasta 24 horas	SI
38	000031	San Andrés 3	Trujillo	Producción	IRHS 27	17L	714787	9100463	18	Inoperativo Temporal	SI	SI	1990	26	<= a 30 años	Tubular	25	40	Regular	Regular	0	Hasta 4 horas	SI
39	000023	San José	Victor Larco Herrera	Producción	IRHS 32	17L	716125	9100439	24	Utilizado	NO	NO	1972	44	<= a 45 años	Tubular	25	22.5	Regular	Regular	14	Hasta 16 horas	SI
40	000033	Vista Alegre	Victor Larco Herrera	Producción	IRHS 151	17L	715093	9099829	16	Utilizado	NO	NO	1998	18	<= a 30 años	Tubular	25	50	Bueno	Regular	19	Hasta 20 horas	SI
41	000032	Huanchaco	Huanchaco	Producción	IRHS 127	17L	707249	9100650	17	Utilizado	NO	NO	1962	54	> a 45 años	Mixto	45	23.1	Regular	Bueno	24	Hasta 24 horas	NO
42	000038	Manuel Arévalo 1	El Povenir	Producción	IRHS 99	17L	721793	9105664	94	Inoperativo Temporal	SI	SI	1994	22	<= a 30 años	Tubular	45	35	Regular	Regular	0	Hasta 4 horas	NO
43	000044	V.R.H. de la Torre	El Povenir	Producción	IRHS 209	17L	721775	9106301	94	Utilizado	SI	SI	1997	19	<= a 30 años	Tubular	30	54.7	Regular	Regular	24	Hasta 24 horas	NO
44	000021	Moche 2 Salaverry	Moche	Producción	IRHS 277	17L	719613	9096044	24	Utilizado	NO	NO	1961	55	> a 45 años	Tubular	45	21.25	Regular	Regular	24	Hasta 24 horas	NO
45	000030	Moche 3	Moche	Producción	IRHS 278	17L	719733	9096289	23	Inoperativo Temporal	NO	NO	1961	55	> a 45 años	Tubular	20	36.83	Regular	Regular	0	Hasta 4 horas	NO

Fuente: Elaboración propia (Datos de prueba para simular el Sistema de Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para Consumo Humano en Trujillo Metropolitano)

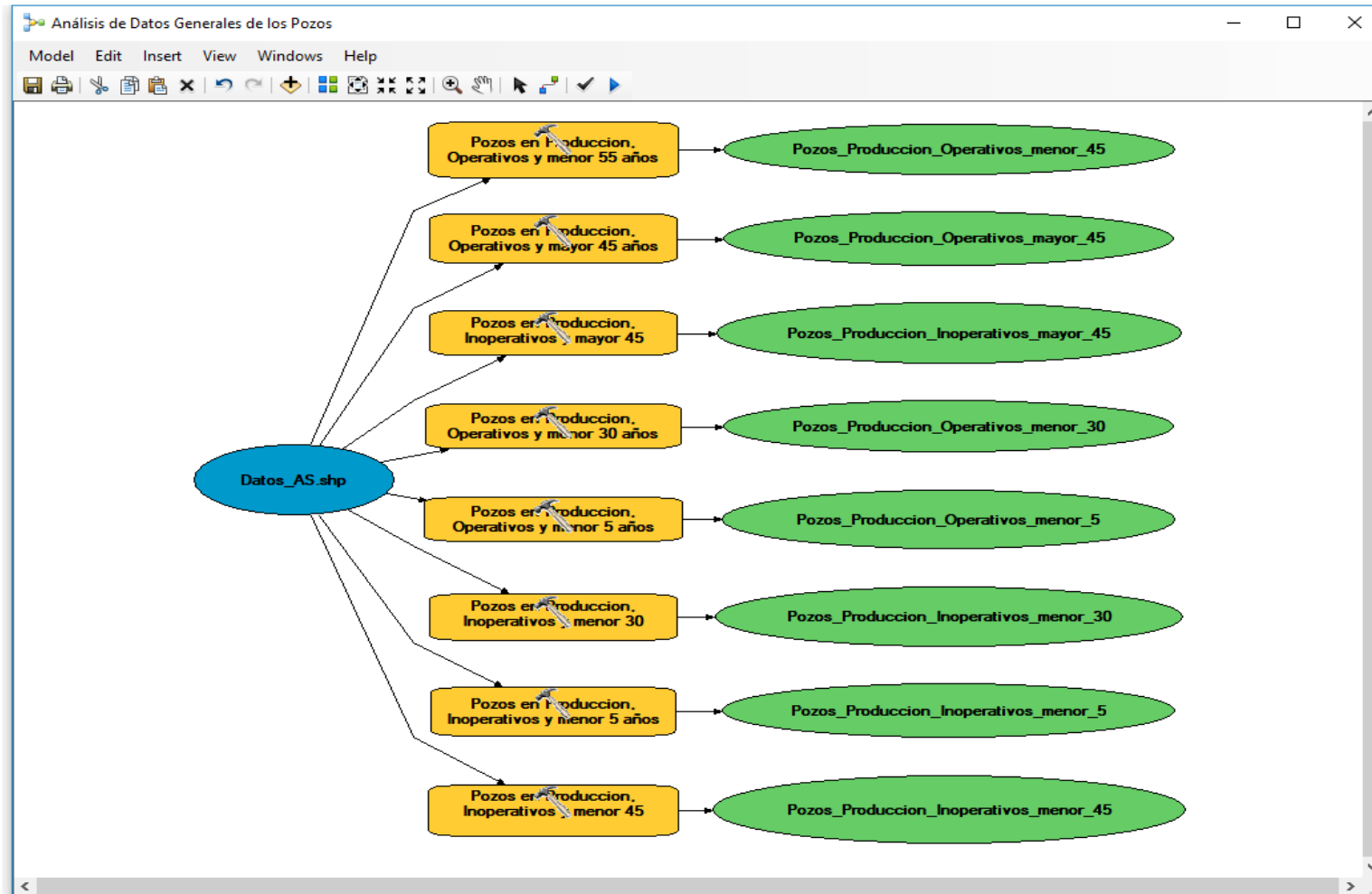
## Resumen de Datos de Fuentes de Agua Subterránea (1/2)

Período de Análisis:		2016		C03 - Explotación del Recurso Hídrico										C04 - Manejo del Recurso Hídrico								
N°	Centro de Costo	Nombre de la Fuente de Agua	Distrito	Tipo	Principal factor de evaluación de contaminación	Monitoreo de Riesgo de Desastres	Principal amenaza ante riesgo de desastre	Recarga de Acuífero	Volumen Producción histórica (año)	Proyección Producción Localidad 1	Proyección Producción Localidad 2	Nivel Estático	Nivel Dinámico	LMP Microbiológico y Parasitológico	LMP Organoléptica	LMP Químicos inorgánicos y Orgánicos	Calidad de Agua	Inspección Sanitaria	Volumen Facturado (estimado)	Dotación por Conexión (m3/conexiones)	Continuidad (hrs/día)	ANF (%)
1	000017	Bosque 1	Tujillo	Producción	Fugas Alcantarillado	NO	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	631.411	622.081	0	42.09	53.27	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Con observación menor	283.630	21	18.11	44.92%
2	000018	Bosque 2	Tujillo	Producción	Fugas Alcantarillado	NO	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	631.411	622.081	0	36.215	46.215	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Con observación menor	283.630	21	18.11	44.92%
3	000020	Cortijo 4	Tujillo	Producción	Drenaje Instalaciones Industriales	NO	No identificado	Recarga de Acuífero	1.010.258	995.329	0	31.05	52.05	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	453.808	21	18.11	44.92%
4	000037	CV-4	El Povenir	Producción	No identificado	SI	Precipitación Intensa	Recarga de Acuífero	1.515.387	1.492.993	0	85.1	24.82	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	839.070	8	3.31	55.37%
5	000239	Esperanza 4	Tujillo	Producción	Drenaje Instalaciones Industriales	NO	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	1.104.970	1.088.641	0	77.24	23.24	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	496.352	21	18.11	44.92%
6	000034	Esperanza 6	La Esperanza	Producción	Drenaje Instalaciones Industriales	SI	Huayco	Recarga de Acuífero	1.578.528	1.555.201	0	80.19	10.09	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	620.677	11	2.72	39.32%
7	000297	Esperanza 7	La Esperanza	Producción	Drenaje Instalaciones Industriales	NO	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	947.117	933.121	0	26.74	65.13	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Inspección	372.406	11	2.72	39.32%
8	000303	Esperanza 8	La Esperanza	Producción	Drenaje Instalaciones Industriales	NO	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	1.041.828	1.026.433	0	59.17	12.58	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	409.547	11	2.72	39.32%
9	000003	Laredo 5	Laredo	Producción	Intensificación Agrícola	SI	Sequía	Recarga de Acuífero	1.262.822	1.244.161	0	74.5	63.2	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	567.260	22	18.11	44.92%
10	000304	Miguel de la Cuba	El Povenir	Producción	No identificado	NO	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	1.041.828	1.026.433	0	66.4	75.2	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	576.860	8	3.31	55.37%
11	000107	Natasha Alta	Tujillo	Producción	Laguna estabilización A.R.	SI	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	947.117	933.121	0	39.47	24.41	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	425.445	21	18.11	44.92%
12	000275	Palermo 1	Tujillo	Producción	Fugas Alcantarillado	NO	No identificado	Recarga de Acuífero	631.411	622.081	0	29.81	44.29	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Inspección	283.630	21	18.11	44.92%
13	000008	Pesqueda 1	Tujillo	Producción	Laguna estabilización A.R.	NO	No identificado	Recarga de Acuífero	1.578.528	1.555.201	0	54.24	54.24	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	709.075	21	18.11	44.92%
14	000010	Pesqueda 7	Tujillo	Producción	Intensificación Agrícola	NO	No identificado	Recarga de Acuífero	1.262.822	1.244.161	0	54.1	54.1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	567.260	21	18.11	44.92%
15	000011	Pesqueda 15	Tujillo	Producción	Intensificación Agrícola	NO	No identificado	Recarga de Acuífero	1.262.822	1.244.161	0	60	60	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Inspección	567.260	21	18.11	44.92%
16	000009	Pesqueda 3	Tujillo	Producción	Intensificación Agrícola	NO	No identificado	Recarga de Acuífero	631.411	622.081	0	53.03	53.03	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Con observación menor	283.630	21	18.11	44.92%
17	000305	Pesqueda 8A	Tujillo	Producción	Intensificación Agrícola	NO	No identificado	Recarga de Acuífero	947.117	933.121	0	51.25	51.25	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	425.445	21	18.11	44.92%
18	000035	PIT 1	La Esperanza	Producción	Drenaje Instalaciones Industriales	SI	Huayco	Recarga de Acuífero	1.420.675	1.399.681	0	70.1	64.1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	558.609	11	2.72	39.32%
19	000036	PIT 3	La Esperanza	Producción	Drenaje Instalaciones Industriales	NO	No identificado	Recarga de Acuífero	947.117	0	0	0	0	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Inspección	372.406	11	2.72	39.32%
20	000015	Primavera 2	Tujillo	Producción	Fugas Alcantarillado	SI	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	1.104.970	1.088.641	0	60.125	19.725	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	496.352	21	18.11	44.92%
21	000019	San Isidro	Tujillo	Producción	No identificado	SI	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	1.262.822	1.244.161	0	59.06	23.26	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	567.260	21	18.11	44.92%
22	000013	San Salvador	Tujillo	Producción	No identificado	SI	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	631.411	622.081	0	38.2	10.89	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	283.630	21	18.11	44.92%
23	000014	Santa Inés 2	Tujillo	Producción	No identificado	SI	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	1.199.681	1.181.953	0	42.21	18.61	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	538.897	21	18.11	44.92%
24	000012	Santo Dominguito	Tujillo	Producción	Fugas Alcantarillado	NO	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	694.552	684.289	0	44.36	59.22	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Con observación menor	311.993	21	18.11	44.92%
25	000027	Vista Hermosa	Tujillo	Producción	No identificado	SI	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	2.357.792	2.332.801	0	28.3	15.38	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	1.053.612	21	18.11	44.92%
26	000026	Covirt	Tujillo	Producción	Laguna estabilización A.R.	SI	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	1.420.675	979.777	419.904	21.23	6.9	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	638.167	21	18.11	44.92%
27	000005	Laredo 10	Laredo	Producción	Intensificación Agrícola	SI	Sequía	Recarga de Acuífero	1.420.675	979.777	419.904	88.19	88.19	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	638.167	22	18.11	44.92%
28	000006	Laredo 11	Laredo	Producción	Intensificación Agrícola	SI	Sequía	Recarga de Acuífero	1.578.528	1.088.641	466.560	77.04	77.04	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	709.075	22	18.11	44.92%
29	000007	Laredo 12	Laredo	Producción	Intensificación Agrícola	NO	No identificado	Recarga de Acuífero	2.209.939	1.524.097	653.184	73.09	73.09	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	992.705	22	18.11	44.92%
30	000002	Laredo 2	Laredo	Producción	Intensificación Agrícola	SI	Sequía	Recarga de Acuífero	1.515.387	1.045.095	447.898	71.22	59.37	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	680.712	22	18.11	44.92%
31	000004	Laredo 6	Laredo	Producción	Intensificación Agrícola	SI	Sequía	Recarga de Acuífero	2.357.792	1.632.961	699.840	76	76	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	1.053.612	22	18.11	44.92%
32	000298	Manuel Arévalo 2A	El Povenir	Producción	No identificado	SI	Precipitación Intensa	Recarga de Acuífero	1.104.970	762.049	326.592	78.65	55.99	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	611.822	8	3.31	55.37%
33	000024	Arboleda 1	Tujillo	Producción	Laguna estabilización A.R.	NO	No identificado	Recarga de Acuífero	631.411	622.081	0	16.8	14.3	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	283.630	21	18.11	44.92%
34	000025	Arboleda 2	Tujillo	Producción	Laguna estabilización A.R.	NO	No identificado	Recarga de Acuífero	1.420.675	1.399.681	0	29.23	16.23	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	638.167	21	18.11	44.92%
35	000029	California	Victor Larco Herrera	Producción	Laguna estabilización A.R.	NO	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	947.117	933.121	0	23.17	16.6	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	460.583	22	14.78	48.63%
36	000028	El Golf	Victor Larco Herrera	Producción	Fugas Alcantarillado	SI	Aumento del nivel del mar	Recarga de Acuífero	1.262.822	1.244.161	0	21	13.7	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	614.111	22	14.78	48.63%
37	000022	Huamán 1	Victor Larco Herrera	Producción	Laguna estabilización A.R.	SI	Aumento del nivel del mar	Recarga de Acuífero	947.117	933.121	0	19.11	19.11	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	460.583	22	14.78	48.63%
38	000021	San Andrés 3	Tujillo	Producción	Laguna estabilización A.R.	NO	No identificado	Recarga de Acuífero	789.264	777.601	0	18	18	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Inspección	354.537	21	18.11	44.92%
39	000023	San José	Victor Larco Herrera	Producción	Laguna estabilización A.R.	NO	No identificado	Recarga de Acuífero	789.264	777.601	0	16.03	24.18	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	383.819	22	14.78	48.63%
40	000033	Vista Alegre	Victor Larco Herrera	Producción	Laguna estabilización A.R.	SI	Aumento del nivel del mar	Recarga de Acuífero	789.264	777.601	0	16.38	-1.12	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	383.819	22	14.78	48.63%
41	000032	Huanchaco	Huanchaco	Producción	No identificado	SI	Aumento del nivel del mar	Recarga de Acuífero	1.420.675	1.399.681	0	17.41	17.41	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	629.075	11	3.29	44.28%
42	000038	Manuel Arévalo 1	El Povenir	Producción	Drenaje Instalaciones Industriales	NO	Cambio de Calidad del Agua	Recarga de Acuífero	1.420.675	1.399.681	0	94	94	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Inspección	786.628	8	3.31	55.37%
43	000044	V.R.H. de la Torre	El Povenir	Producción	No identificado	SI	Precipitación Intensa	Recarga de Acuífero	947.117	933.121	0	94.255	80.115	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	524.419	8	3.31	55.37%
44	000021	Moche 2 Salaverry	Moche	Producción	Laguna estabilización A.R.	SI	Aumento del nivel del mar	Recarga de Acuífero	1.420.675	1.399.681	0	24.32	19.72	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Buenas condiciones	561.593	22	11.00	39.53%
45	000030	Moche 3	Moche	Producción	Laguna estabilización A.R.	NO	Aumento del nivel del mar	Recarga de Acuífero	631.411	622.081	0	19.88	23.23	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Evaluación	Sin Inspección	248.597	22	11.00	39.53%

Fuente: Elaboración propia (Datos de prueba para simular el Sistema de Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para Consumo Humano en Trujillo Metropolitano)

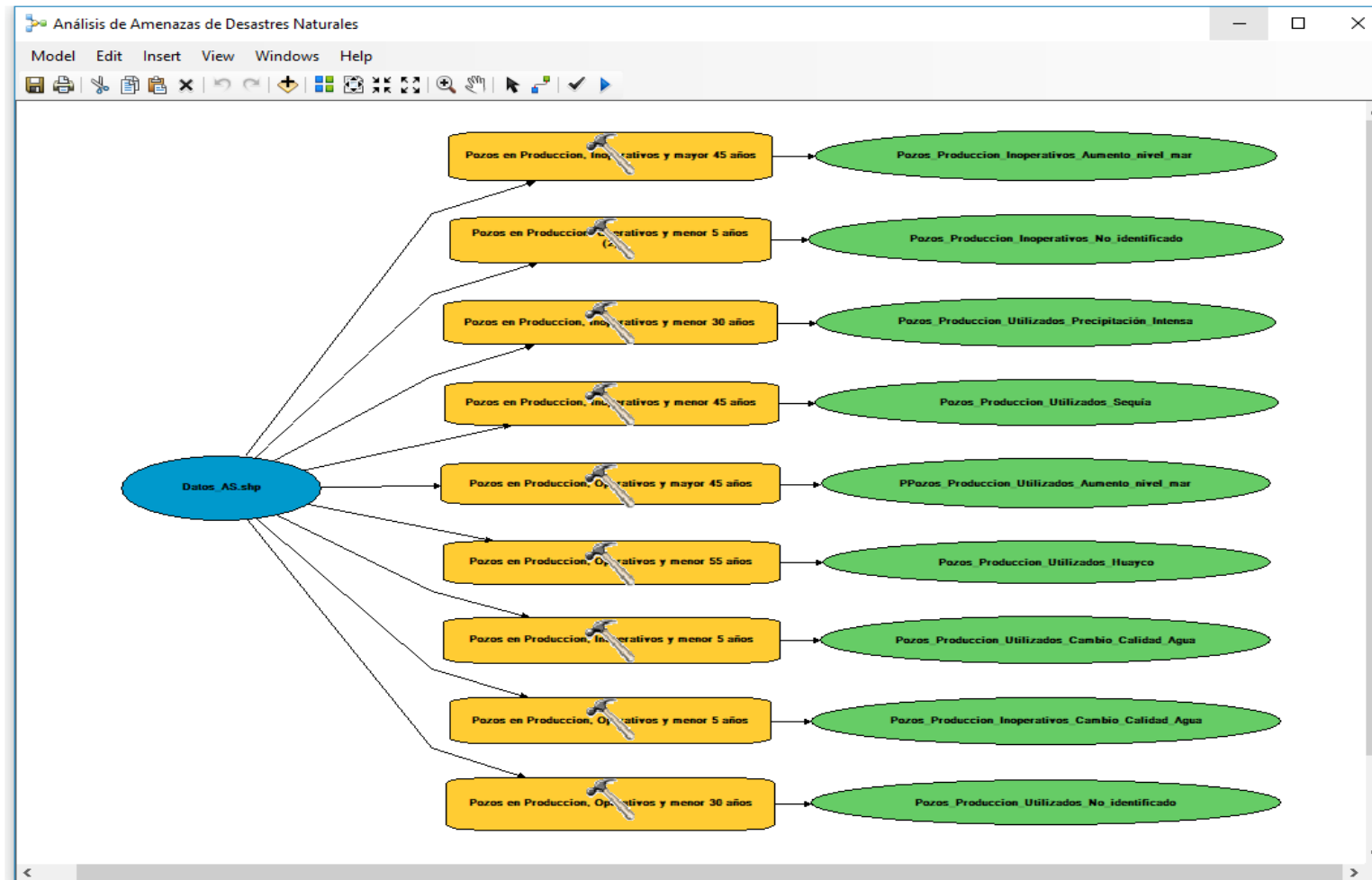
## **ANEXO 5. REPRESENTACIÓN DE LOS MODELOS DE GEOPROCESAMIENTO**

## Análisis Multicriterio de Datos Generales de los Pozos



Fuente: Elaboración propia

## Análisis Multicriterio de Datos Generales de los Pozos



Fuente: Elaboración propia



**ANEXO 6. MODELOS DE INFORMACIÓN GEOESTADÍSTICA DE POZOS  
(GESTIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA EN TRUJILLO METROPOLITANO)**

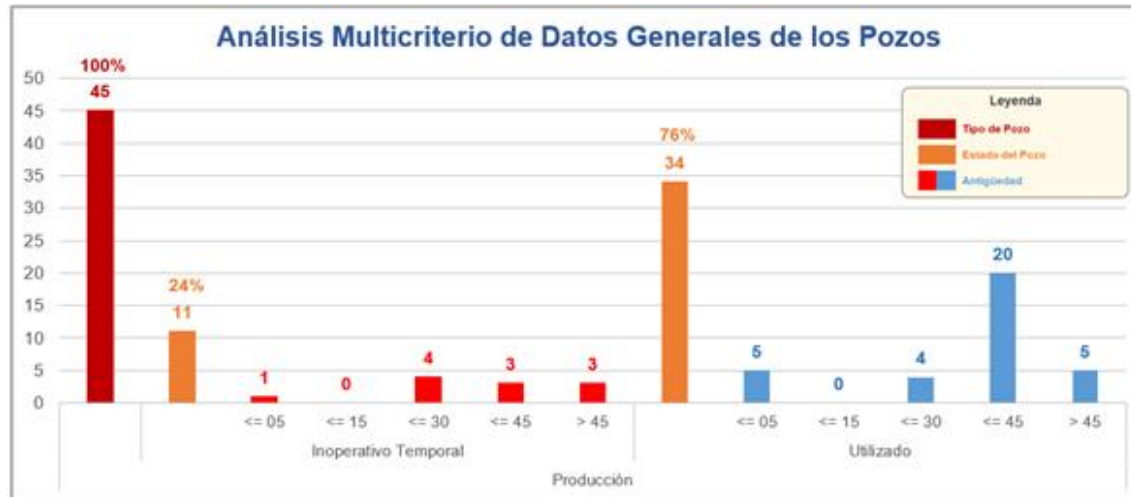
## **Presentación de Información Geoestadística**

El “Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para Consumo Humano en Trujillo Metropolitano”, requiere del registro y actualización de datos según las categorías de información del Modelo propuesto, para luego realizar su procesamiento y análisis por múltiples criterios.

Con datos de acceso público y de prueba de 45 pozos de agua subterránea para consumo humano ubicados en Trujillo Metropolitano, que se presentan en el Anexo 4, se ha simulado las bondades de la herramienta construida, con la generación de las geoestadísticas siguientes:

- ▶ Análisis de los Datos Generales de los Pozos (PG\_01\_Analisis\_Multicriterio\_Datos\_Generales\_Pozos.mxd).
- ▶ Análisis de la Infraestructura de los Pozos (PG\_02\_Analisis\_Multicriterio\_Infraestructura\_Pozos.mxd).
- ▶ Análisis de la Implementación de los Pozos (PG\_03\_Analisis\_Multicriterio\_Implementacion\_Pozos.mxd).
- ▶ Análisis de Factores de Contaminación en Pozos (PG\_04\_Analisis\_Multicriterio\_Contaminacion\_Pozos.mxd).
- ▶ Análisis de Posibles Amenazas de Desastres en Pozos (PG\_05\_Analisis\_Multicriterio\_Amenazas\_Pozos.mxd).
- ▶ Análisis de Calidad del Agua Subterránea para Consumo Humano (PG\_05\_Analisis\_Multicriterio\_Amenazas\_Pozos.mxd).

Se ha integrado información alfanumérica (datos), gráfica (cuadros estadísticos) y espacial (expresadas en mapas georreferenciados), como se aprecia a continuación:



### Interpretación:

En la información presentada se observa que existen 45 Pozos registrados de Tipo **Producción**, de los cuales el 76% (34) de los Pozos están siendo Utilizados para la producción de agua para consumo humano, y que el 24% (11) de los Pozos se encuentran en estado Inoperativo.

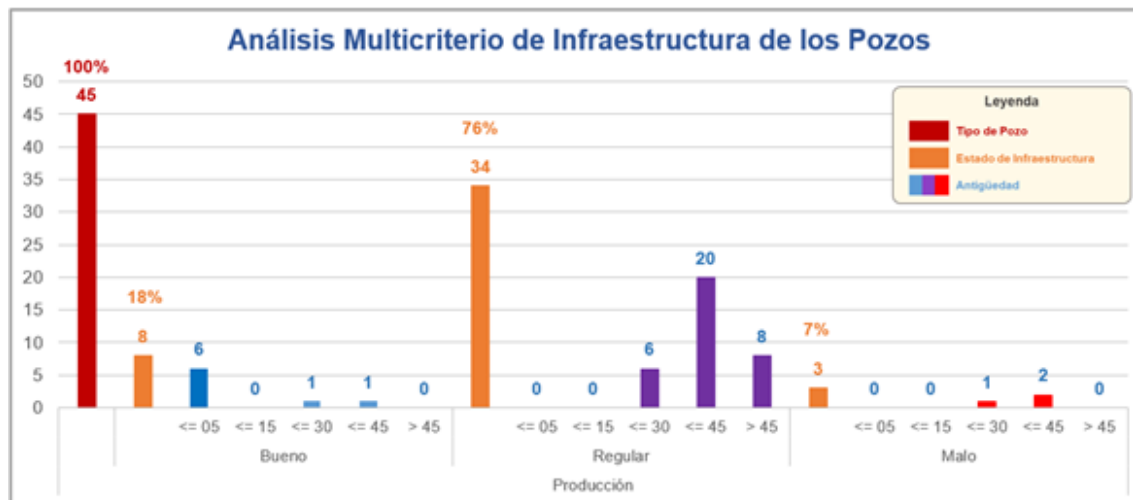
Tipo de Pozo Estado del Pozo Antigüedad	Nº de Pozos	Porcentaje (%)
Producción	45	100
Inoperativo Temporal	11	24
<= 05	1	2
<= 15	0	0
<= 30	4	9
<= 45	3	7
> 45	3	7
Utilizado	34	76
<= 05	5	11
<= 15	0	0
<= 30	4	9
<= 45	20	44
> 45	5	11



Asimismo, se aprecia que existen más de 8 Pozos que superan los 45 años de antigüedad, de los cuales 5 se encuentran operativos; incluso es posible identificar cada caso según la ubicación geográfica del Pozo.

Esta información adquiere relevancia porque permite a los profesionales encargados de la gestión de las aguas subterráneas adoptar las acciones que corresponda, como rehabilitación, acondicionamiento, o mejoramiento de los Pozos.

Fuente: Elaboración propia (generado con datos de prueba)



#### Interpretación:

En la información presentada se observa que existen 45 Pozos registrados de Tipo **Producción**, de los cuales solo el 18% (8) de los Pozos están con Buena Infraestructura física, y que el 76% (34) de los Pozos están con Infraestructura física Regular; y que un 7% (3) Pozos están con infraestructura física en mal estado.

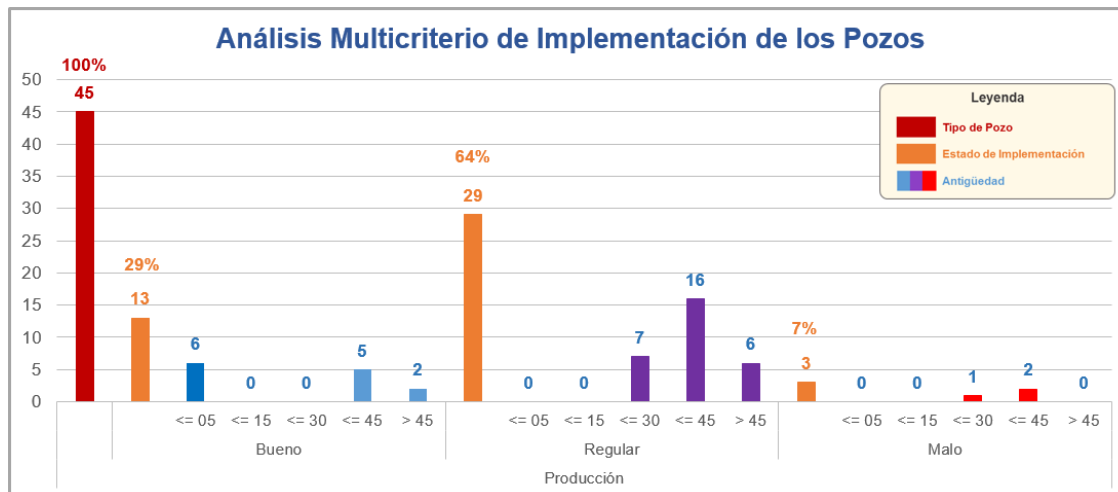
Tipo de Pozo	Nº de Pozos	Porcentaje (%)
<b>Producción</b>	<b>45</b>	<b>100</b>
<b>Buena</b>	<b>8</b>	<b>18</b>
<= 05	6	13
<= 15	0	0
<= 30	1	2
<= 45	1	2
> 45	0	0
<b>Regular</b>	<b>34</b>	<b>76</b>
<= 05	0	0
<= 15	0	0
<= 30	6	13
<= 45	20	44
> 45	8	18
<b>Mala</b>	<b>3</b>	<b>7</b>
<= 05	0	0
<= 15	0	0
<= 30	1	2
<= 45	2	4
> 45	0	0



Asimismo, se aprecia que de los 31 Pozos con más de 30 años de antigüedad, están con estado de Infraestructura física Buena (1), Regular (28) y Mala (2).

Esta información es importante porque permite a los profesionales encargados de la gestión de las aguas subterráneas priorizar las acciones de mantenimiento de la infraestructura física, para dotarle de seguridad y sanidad exigida, y se gestione los recursos financieros necesarios.

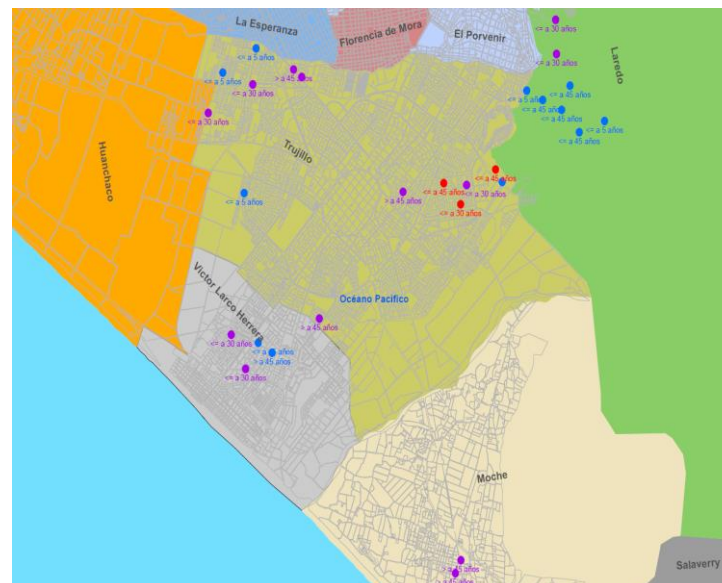
Fuente: Elaboración propia (generado con datos de prueba)



### Interpretación:

En la información presentada se observa que existen 45 Pozos registrados de Tipo **Producción**, de los cuales solo el 29% (13) de los Pozos están con Buena Implementación Operativa, y que el 64% (29) de los Pozos están con Implementación Operativa Regular; y que un 7% (3) Pozos están con Implementación Operativa en mal estado.

Tipo de Pozo	Estado de Implementación	Rango de antigüedad	Nº de Pozos	Porcentaje (%)
Producción	Buena		45	100
		<= 05	6	13
		<= 15	0	0
		<= 30	0	0
		<= 45	5	11
	> 45	2	4	
	Regular	<= 05	0	0
		<= 15	0	0
		<= 30	7	16
		<= 45	16	36
		> 45	6	13
	Malo	<= 05	0	0
		<= 15	0	0
		<= 30	1	2
		<= 45	2	4
> 45		0	0	

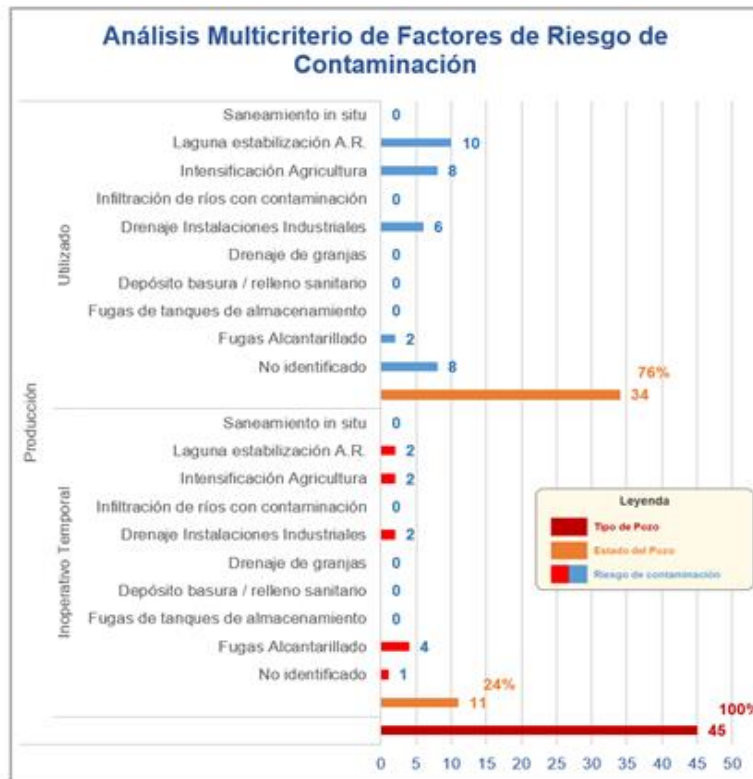


Asimismo, se aprecia que de los 31 Pozos con más de 30 años de antigüedad, están con estado de Implementación Operativa Buena (7), Regular (22) y Malo (2).

Esta información es importante porque permite a los profesionales encargados de la gestión de las aguas subterráneas priorizar las acciones de renovación de equipos y accesorios, para asegurar la operatividad en la producción de agua para consumo humano en términos de cantidad.

Fuente: Elaboración propia (generado con datos de prueba)





Tipo de Pozo	Estado del Pozo	Riesgo de Contaminación	Nº de Pozos	Porcentaje (%)
Producción			45	100
Inoperativo Temporal			11	24
No identificado			1	2
Fugas Alcantarillado			4	9
Fugas de tanques de almacenamiento			0	0
Depósito basura / relleno sanitario			0	0
Drenaje de granjas			0	0
Drenaje Instalaciones Industriales			2	4
Infiltración de ríos con contaminación			0	0
Intensificación Agricultura			2	4
Laguna estabilización A.R.			2	4
Saneamiento in situ			0	0

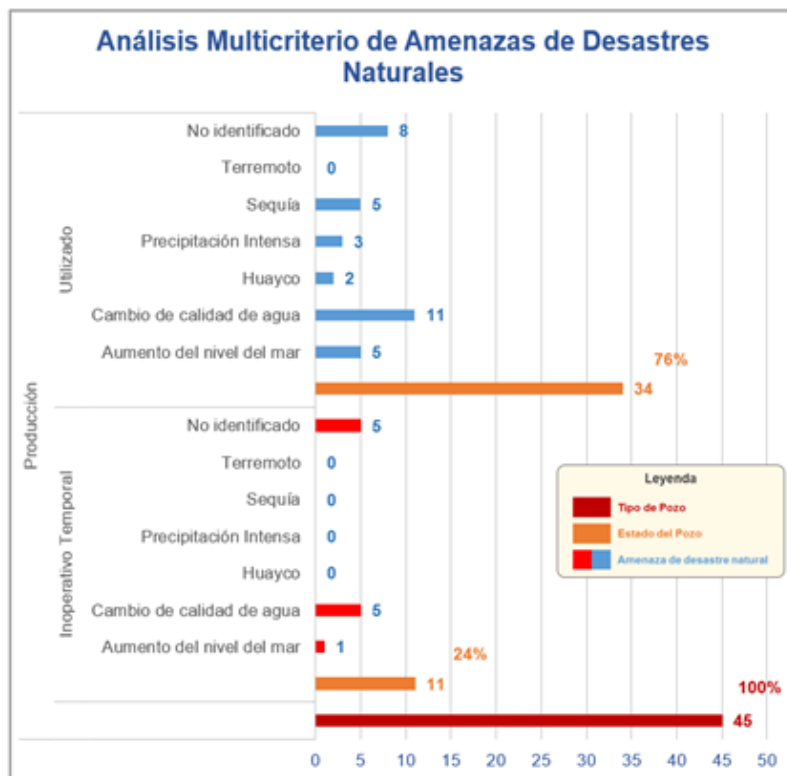


**Interpretación:**

Se observa que de 45 Pozos de Tipo **Producción**, el 76% (34) de los Pozos Utilizados están expuestos a factores de contaminación ambiental como Lagunas de Estabilización de Aguas Residuales (10), Intensificación de la Agricultura (8), Drenaje de Instalaciones Industriales (6) y Fugas de Alcantarillado (2); y que el 24% (11) de los Pozos en estado Inoperativo Temporal se tiene a Lagunas de Estabilización de Aguas Residuales (2), Intensificación de la Agricultura (2), Drenaje de Instalaciones Industriales (2) y Fugas de Alcantarillado (4). Existen 9 Pozos a los cuales no se ha identificado los factores de contaminación ambiental a que están expuestos.

Con esta información los profesionales encargados de la gestión de las aguas subterráneas les permite priorizar acciones para reducir o minimizar los impactos negativos de contaminación según los factores a los cuales están expuestos.

Fuente: Elaboración propia (generado con datos de prueba)



Tipo de Pozo	Nº de Pozos	Porcentaje (%)
Producción	45	100
Inoperativo Temporal	11	24
Aumento del nivel del mar	1	2
Cambio de calidad de agua	5	11
Huayco	0	0
Precipitación Intensa	0	0
Sequía	0	0
Terremoto	0	0
No identificado	5	11

Tipo de Pozo	Nº de Pozos	Porcentaje (%)
Producción	45	100
Utilizado	34	76
Aumento del nivel del mar	5	11
Cambio de calidad de agua	11	24
Huayco	2	4
Precipitación Intensa	3	7
Sequía	5	11
Terremoto	0	0
No identificado	8	18



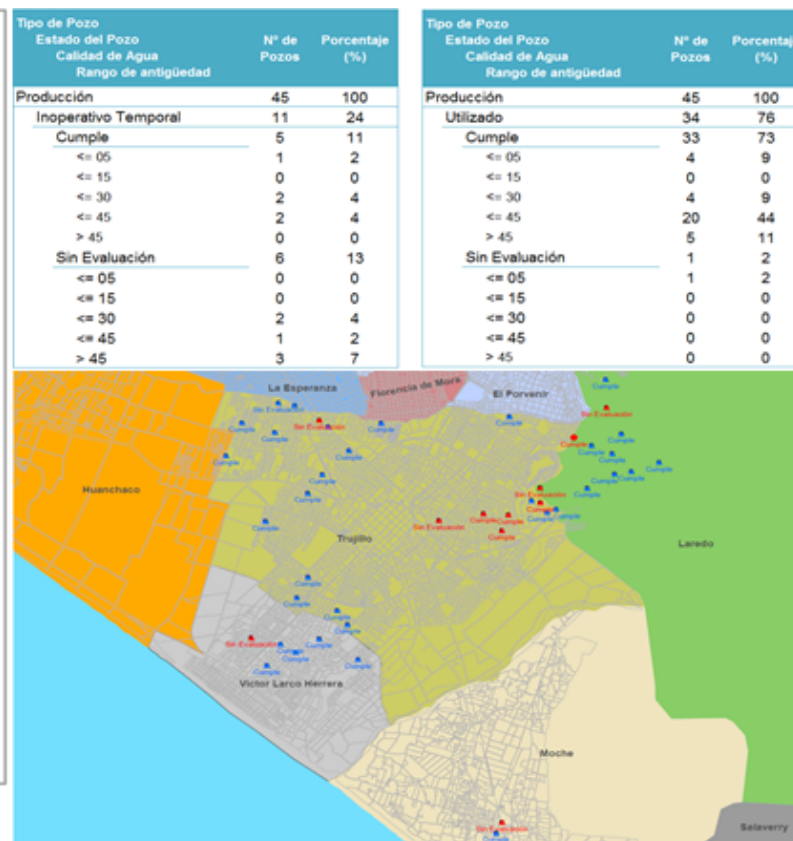
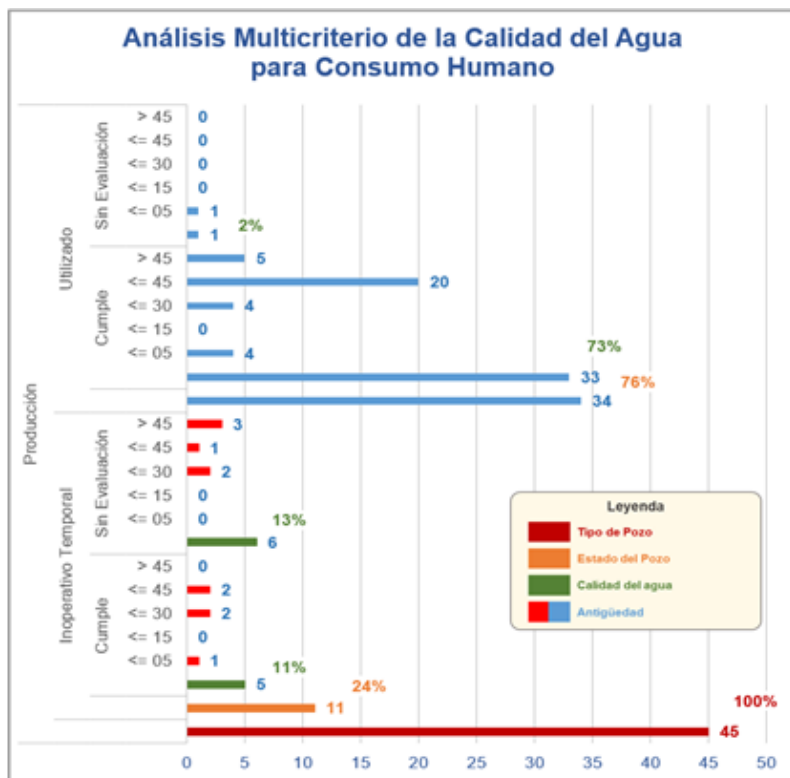
#### Interpretación:

Se observa que existen 45 Pozos de Tipo **Producción**, donde el 76% (34) de los Pozos Utilizados están expuestos a amenazas de desastre naturales como Cambio de calidad de agua (11), Sequía (5), Aumento del nivel mar (5), Precipitación Intensa (3) y Huayco (2); asimismo, el 24% (11) de los Pozos en estado Inoperativo Temporal se ha identificado a Cambio de calidad de agua (5), Aumento del nivel del mar (1).

Existen 13 Pozos a los cuales no se ha identificado posibles amenazas de desastres naturales.

Esta información es importante porque permite a los profesionales encargados de la gestión de las aguas subterráneas priorizar acciones para reducir o minimizar los impactos ante las amenazas de desastres naturales que puedan presentarse.

Fuente: Elaboración propia (generado con datos de prueba)



#### Interpretación:

Según la evaluación de calidad del año 2016, de los 45 Pozos de Tipo **Producción**, el 76% (34) de los Pozos Utilizados, el 73% (33) cumplen con los LMP de agua para consumo humano, y el 2% (1) de los Pozos no ha sido evaluado, por haberse habilitado recientemente; asimismo, el 24% (11) de los Pozos en estado Inoperativo Temporal que 11% (5) cumplen con los LMP y 13% (6) no han sido evaluado.

Esta información es importante porque permite a los profesionales encargados de la gestión de las aguas subterráneas monitorear permanentemente la calidad del agua que se produce, para asegurar que se cumple con los LMP exigidos por la normatividad, y adoptar acciones preventivas en caso se detectaran variaciones en los parámetros de calidad que se evalúan.

Fuente: Elaboración propia (generado con datos de prueba)



\*

## **ANEXO 7. FORMATO DE LA ENCUESTA**

## Encuesta a Directivos y Funcionarios de la EPS

Nº / 45

La presente encuesta se aplica a personal y ex-colaboradores de la EPS que tienen/han tenido relación directa o indirecta con la gestión de las fuentes de agua subterránea en Trujillo Metropolitano, y ex-trabajadores que han interactuado con el "Sistema para Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas para consumo humano", a fin de evaluar las bondades de la "Herramienta tecnológica integrada para el Monitoreo de la Explotación y Manejo de Aguas Subterráneas" y su contribución a la "Gestión integrada de las fuentes de agua subterránea para consumo humano en Trujillo Metropolitano", solicitándole la mayor objetividad y transparencia en las respuestas que brinde, lo que contribuirá a un mayor acercamiento con la realidad.

### Preguntas de alcance general:

1. Especifique su Nivel Laboral
 

Directivo		Funcionario	
-----------	--	-------------	--
2. Indique el rango de años de servicio en la EPS
 

Hasta 10 años		Hasta 20 años		Hasta 30 años		Mas de 30 años	
---------------	--	---------------	--	---------------	--	----------------	--
3. Especifique su relación con la gestión de aguas subterráneas
 

Directa		Indirecta	
---------	--	-----------	--
4. ¿Considera que el agua subterránea es estratégica en la gestión de la EPS?
 

SI		NO		Porque: _____
----	--	----	--	---------------

### Preguntas sobre las bondades de la Herramienta Tecnológica:

5. ¿El Sistema da soporte, de forma integral, a un campo de acción estratégico de la EPS que requiere atención?
 

Totalmente de Acuerdo		De Acuerdo		En Desacuerdo	
-----------------------	--	------------	--	---------------	--
6. ¿El nivel de detalle de los datos sobre la gestión de la explotación y manejo del agua subterránea que maneja el Sistema integra los procesos críticos y vinculantes?
 

Totalmente de Acuerdo		De Acuerdo		En Desacuerdo	
-----------------------	--	------------	--	---------------	--
7. ¿La estandarización y parametrización del Sistema facilita el análisis de la información asociada a la gestión de la explotación y manejo de agua subterránea?
 

Totalmente de Acuerdo		De Acuerdo		En Desacuerdo	
-----------------------	--	------------	--	---------------	--
8. ¿El análisis multicriterio y geoespacial que brinda el Sistema permite la interrelación de los datos asociados a la gestión de la explotación y manejo del agua subterránea?
 

Totalmente de Acuerdo		De Acuerdo		En Desacuerdo	
-----------------------	--	------------	--	---------------	--

### Preguntas sobre la contribución con la Gestión Integrada de las Aguas Subterráneas:

9. ¿El uso del Sistema reduce esfuerzo y tiempo del personal que tiene relación, directa e indirecta, con la gestión de la explotación y manejo del agua subterránea?
 

Totalmente de Acuerdo		De Acuerdo		En Desacuerdo	
-----------------------	--	------------	--	---------------	--
10. ¿El nivel de integración de datos generales, infraestructura, explotación y manejo del agua subterránea, facilita el análisis para la toma de decisiones oportunas y fundamentadas?
 

Totalmente de Acuerdo		De Acuerdo		En Desacuerdo	
-----------------------	--	------------	--	---------------	--
11. ¿Los datos que requiere el Sistema involucra a todas las unidades orgánicas que tienen relación con gestión de la explotación y manejo del agua subterránea?
 

Totalmente de Acuerdo		De Acuerdo		En Desacuerdo	
-----------------------	--	------------	--	---------------	--
12. ¿El Sistema facilita la gestión de información y del conocimiento para implementar estrategias orientadas a la sostenibilidad de las fuentes de agua subterránea en Trujillo Metropolitano?
 

Totalmente de Acuerdo		De Acuerdo		En Desacuerdo	
-----------------------	--	------------	--	---------------	--

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

1. **Agua potable o agua para consumo humano:** se denomina al agua que puede ser consumida sin restricción para beber o preparar alimentos (Wikipedia, Internet).
2. **Capacidad específica:** relación que existe entre la producción del pozo, medida en litros por segundo y su correspondiente abatimiento por metro (lps/metro) (<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2706/Capitulo2.pdf>).
3. **Contaminación:** es un cambio perjudicial en las características físicas, químicas o biológicas del aire, la tierra o el agua, que puede afectar nocivamente la vida humana o la de especies beneficiosas, los procesos industriales, las condiciones de vida del ser humano y puede malgastar y deteriorar los recursos naturales renovables (ODUM 1972).
4. **Datum Geodésico:** Es un Sistema de Referencia Geodésico definido por la superficie de referencia precisamente posicionada y mantenida en el espacio; y es generada por una red compensada de puntos. Se define como un conjunto de parámetros que especifican la superficie de referencia o sistema de referencia de coordenadas utilizado por el apoyo geodésico en el cálculo de coordenadas de puntos terrestres (Normas Técnicas del IGN).
5. **Desarrollo sostenible,** es el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades (Informe Brundtland 1987).
6. **Gasto o Caudal,** es el volumen de agua que produce un pozo en la unidad de tiempo, se expresa en litros por segundo (l.p.s.).

7. **Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)**, se define como “un proceso que promueve el desarrollo y gestión coordinada del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el resultante bienestar económico y social de forma equitativa y sin comprometer la sostenibilidad de ecosistemas vitales” (Global Water Partnership).
8. **Nivel estático**, es la distancia vertical medida en metros, desde el brocal del pozo hasta el nivel libre de agua cuando no está siendo bombeado; es decir, es el nivel en el cual se estabiliza el agua dentro del pozo.
9. **Nivel dinámico o de bombeo**, es la distancia vertical medida en metros, desde el brocal del pozo hasta el nivel al cual se mantiene el agua cuando es bombeada a cualquier velocidad. Este nivel es variable y cambia de acuerdo al gasto que está siendo extraído.
10. **Nivel de Recuperación**, son las distancias verticales medidas en metros desde el brocal del pozo, hasta los niveles libres del agua a partir del momento que fue suspendido el bombeo y alcance su estabilización.
11. **Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (PENRH)**, elaborada en el contexto de la Agenda 21, está orientado a compartir una visión prospectiva común en materia de recursos hídricos, entre los principales agentes económicos y sociales del país, impulsando la ejecución de acciones estratégicas socioeconómicas integrales, constituyéndose en el marco de referencia para la interacción conjunta del sector público y privado.
12. **Recarga de acuíferos**, se denomina **recarga** al proceso por el que se incorpora a un acuífero agua procedente del exterior del contorno que lo limita (Custodio Gimena 1998).
13. **Recuperación**, es el lapso medido en la unidad de tiempo, que tarda en estabilizarse el nivel de recuperación.