

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA**



**“CARACTERIZACIÓN MEDIOAMBIENTAL DEL  
SUBSUELO DE UNA INSTALACION INDUSTRIAL”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO GEÓLOGO**

**ELABORADO POR:  
ELVA MARÍA MARTÍNEZ AGUIRRE**

**ASESOR  
MSc. Ing. ATILIO MENDOZA APOLAYA**

**Lima – Perú**

**2014**

### **Dedicatoria**

Agradezco al único Dios verdadero por darme la oportunidad y la capacidad de terminar la carrera de Ingeniería Geológica. Además, agradezco a mis padres y a mi amado esposo por su apoyo permanente en todo este proceso.

## ÍNDICE

CAPITULO I .....	12
OBJETIVO Y ALCANCE .....	12
CAPITULO II .....	13
ANTECEDENTES E INSTALACIONES .....	13
CAPITULO III .....	15
METODOLOGIA.....	15
3.1    FASE I: INVESTIGACIÓN PRELIMINAR .....	15
3.2    FASE II: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, HIDROGEOLÓGICA Y GEOQUÍMICA	16
3.2.1    Descripción Geológica .....	16
3.2.1.1 <i>Geología Regional</i> .....	16
3.2.1.2 <i>Geología Local</i> .....	17
3.2.1.3 <i>Geodinámica Externa</i> .....	18
3.2.1.4 <i>Geología Sísmica</i> .....	18
3.2.2    Descripción Hidrogeológica .....	22
3.2.2.1 <i>Perforación de sondeos</i> .....	24
3.2.2.2 <i>Instalación de piezómetros y muestreo de agua</i> .....	25
3.2.2.3 <i>Determinaciones analíticas</i> .....	27
CAPITULO IV .....	29
NORMATIVA DE REFERENCIA .....	29
CAPITULO V .....	31
ENTORNO HIDROGEOLÓGICO Y DE RIESGOS .....	31
5.1    USOS Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS SUBTERRÁNEOS .....	31
5.2    ENTORNO DE RIESGOS .....	31
5.2.1    Elementos del entorno .....	31
5.2.2    Usos del suelo.....	32
CAPITULO VI .....	33
RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN .....	33
6.1    CONDICIONES AMBIENTALES.....	33
6.2    RECONOCIMIENTO DIRECTO DEL TERRENO .....	33

6.2.1	Sondeos realizados .....	33
6.2.2	Litología y estructura del terreno .....	36
6.2.3	Medidas Head Space (concentración de COV's en espacios superiores) y observaciones organolépticas .....	40
6.3	CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA NO SATURADA .....	41
6.3.1	Extensión de la zona no saturada.....	41
6.3.2	Barreras de percolación vertical de contaminantes.....	41
6.4	CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA SATURADA.....	41
6.4.1	Niveles que favorecen la movilización horizontal .....	41
6.4.2	Piezómetros instalados y purgado.....	41
6.5	MUESTREO Y ANÁLISIS DE CONTAMINANTES .....	44
6.5.1	Muestras de suelo.....	44
6.5.2	Resultados analíticos de las muestras de suelo.....	44
6.5.3	Muestras de agua .....	51
6.5.4	Resultados analíticos de las muestras de agua .....	51
CAPITULO VII .....		59
DELIMITACIÓN DE ZONAS AFECTADAS .....		59
CONCLUSIONES.....		61
RECOMENDACIONES .....		64
BIBLIOGRAFÍA .....		67

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Sismos más representativos ocurridos en Lima y Callao .....	20
Tabla N° 2. Determinaciones analíticas en muestras de suelo. ....	27
Tabla N° 3. Determinaciones analíticas en muestras de agua.....	28
Tabla N° 4. Situación de los sondeos.....	34
Tabla N° 5. Características constructivas de los sondeos. ....	34
Tabla N° 6. Concentraciones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's).....	40
Tabla N° 7. Características del desarrollo de los piezómetros.....	41
Tabla N° 8. Referencias del nivel piezométrico.....	42
Tabla N° 9. Características de las muestras de suelo.....	44
Tabla N° 10. Concentración de metales en las muestras de suelo.....	45
Tabla N° 11. Compuestos orgánicos analizados en suelo .....	47
Tabla N° 12. Concentración de compuestos orgánicos en muestras de suelo. ....	48
Tabla N° 13. Características de las muestras de agua .....	51
Tabla N° 14. Concentración de metales en muestras de agua subterránea.....	52
Tabla N° 15. Compuestos orgánicos analizados en aguas .....	54
Tabla N° 16. Concentración de compuestos orgánicos en muestras de agua subterránea. ....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Sismos ocurridos entre el 2008 y 2011.....	19
Figura 2.	Profundidad de la Napa freática en el Callao .....	23
Figura 3.	Nivel piezométrico a lo largo del río Rímac .....	43

## RESUMEN

El presente estudio corresponde a la caracterización medioambiental del subsuelo de una instalación industrial además de considerar la eventual propuesta de actuaciones correctivas (remediación) en caso de obtener alguna afección.

La instalación, objeto de estudio, está ubicada en una zona industrial de la provincia constitucional del Callao y se encuentra operando desde hace 20 años.

Geológicamente, se sitúa sobre materiales cuaternarios recientes que forman parte del último tramo del cono deyectivo del río Rímac. El nivel de agua subterránea se encuentra a 3,5 metros de profundidad.

Para determinar la caracterización se realizaron trabajos de campo, gabinete y laboratorio, estructurados en dos fases: En la Fase I se realizaron trabajos de gabinete como investigación bibliográfica y en la Fase II se realizaron labores de campo que consistió básicamente en la interpretación hidrogeológica con la ejecución de 6 sondeos de 8 metros de profundidad con la instalación de piezómetros en cada uno de ellos y la toma de muestras de suelo y agua para su respectivo análisis.

A las muestras de suelo y agua se le realizaron analíticas como cantidad de metales, TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo), PAH's (Compuestos Aromáticos Policíclicos), pesticidas orgánicos clorados entre otros. Para la valoración de los resultados analíticos obtenidos en suelo, se tomaron como referencia legislaciones europeas, (Legislación española, estándares de calidad del *Real Decreto 9/2005 del 14 de enero* y Legislación Canadiense, *Canadian Environmental Quality*

*Guidelines-CEQG*), debido a que en la fecha de la realización del estudio aún no se contaba con ninguna legislación ambiental peruana para suelos. Para valorar los resultados analíticos obtenidos en aguas subterráneas, se utilizaron los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

Como era de esperar, según los antecedentes analizados, los resultados analíticos mostraron concentraciones de TPH, PAH, pesticidas orgánicos clorados e hidrocarburos clorados volátiles, como tetracloroetileno y cloruro de vinilo, este último específicamente en agua.

## **ABSTRACT**

The purpose of the present study was to characterize the subsurface environment at an industrial facility. In addition to considering the characterization, the present study also take into account corrective actions (remediations) in case to get any environmental risks.

The industrial facility is located in an industrial area of the Constitutional Province of Callao and it has been operating for 20 years. Geologically, it is situated on recent quaternary materials that are part of the final installment of the Rimac river alluvial cone. The groundwater level is 3.5 meters deep.

Field, office and laboratory works were conducted in order to determine the characterization. The characterization was carried out in two phases. In the first phase, office work as library research was performed. In the second phase, field work that was basically the hydrogeological interpretation was performed. The hydrogeological interpretation was carried out using 6 drilling. Each drilling reach 8 meters deep. In each drilling piezometers were installed. In addition, soil and water samples were collected for the respective analysis.

A soil sample and water was performed analysis of certain parameters such as amount of metals, TPH (Totals Petroleum Hydrocarbons), PAH's (Polycyclic Aromatic Compounds), chlorinated organic pesticides among others. To evaluate the analytical results of soil were taken as reference European legislation (Spanish legislation, quality standards of Royal Decree 9/2005 of 14 January and Canadian Legislation, Canadian Environmental Quality Guidelines-CEQG) due to on the date

of the study is not yet had any Peruvian environmental legislation related to soils. To assess the analytical results of groundwater, the National Environmental Quality Standards for Water, Supreme Decree No. 002-2008-MINAM were used.

As expected, based on the information analyzed, the analytical results showed concentrations of TPH, PAH, chlorinated organic pesticides and volatile chlorinated hydrocarbons such as tetrachlorethylene and vinyl chloride, the latter specifically in water.

## INTRODUCCION

Durante los meses de enero a marzo del 2012, se han desarrollado trabajos de caracterización medioambiental del subsuelo de una instalación industrial, situada en la Provincia Constitucional del Callao, Perú.

El propósito de esta caracterización fue evaluar el estado medioambiental del suelo, identificando las causas y motivos de una posible afección, con la finalidad de determinar las medidas correctivas necesarias.

Conociendo la profundidad aproximada nivel freático (3,5 m) se determinó la realización de 6 sondeos de 8 metros de profundidad ubicados estratégicamente, con la finalidad de obtener muestras de suelo y agua e identificar el alcance de alguna afección.

## **CAPITULO I**

### **OBJETIVO Y ALCANCE**

Los objetivos del estudio adaptado a las condiciones de la zona son:

- Conocimiento del estado medioambiental del subsuelo.
- Identificación de los contaminantes.
- Procedencia, destino y distribución de la contaminación (suelo y agua).
- Recomendaciones de eventuales actuaciones.

El alcance del estudio se limita a la evaluación de las condiciones del emplazamiento en la fecha de investigación dentro del perímetro de la propiedad.

Esta inspección es de tipo voluntario, por lo que el objeto y alcance del estudio quedan definidos a partir de la información observada y expuesta a lo largo de los trabajos de campo y gabinete realizados en la zona objeto de estudio.

El presente informe y los servicios prestados durante este proyecto están destinados exclusivamente a la mencionada planta. El informe ha sido elaborado para ser usado en su totalidad y por tanto, el documento fragmentado no será representativo de las conclusiones presentadas.

## CAPITULO II

### ANTECEDENTES E INSTALACIONES

La zona objeto de estudio se encuentra ubicada en una zona industrial de la Provincia Constitucional del Callao.

Por pedido exclusivo de la planta se reservará la dirección exacta de su ubicación y se evitará dar indicios de alguna identificación de la misma.

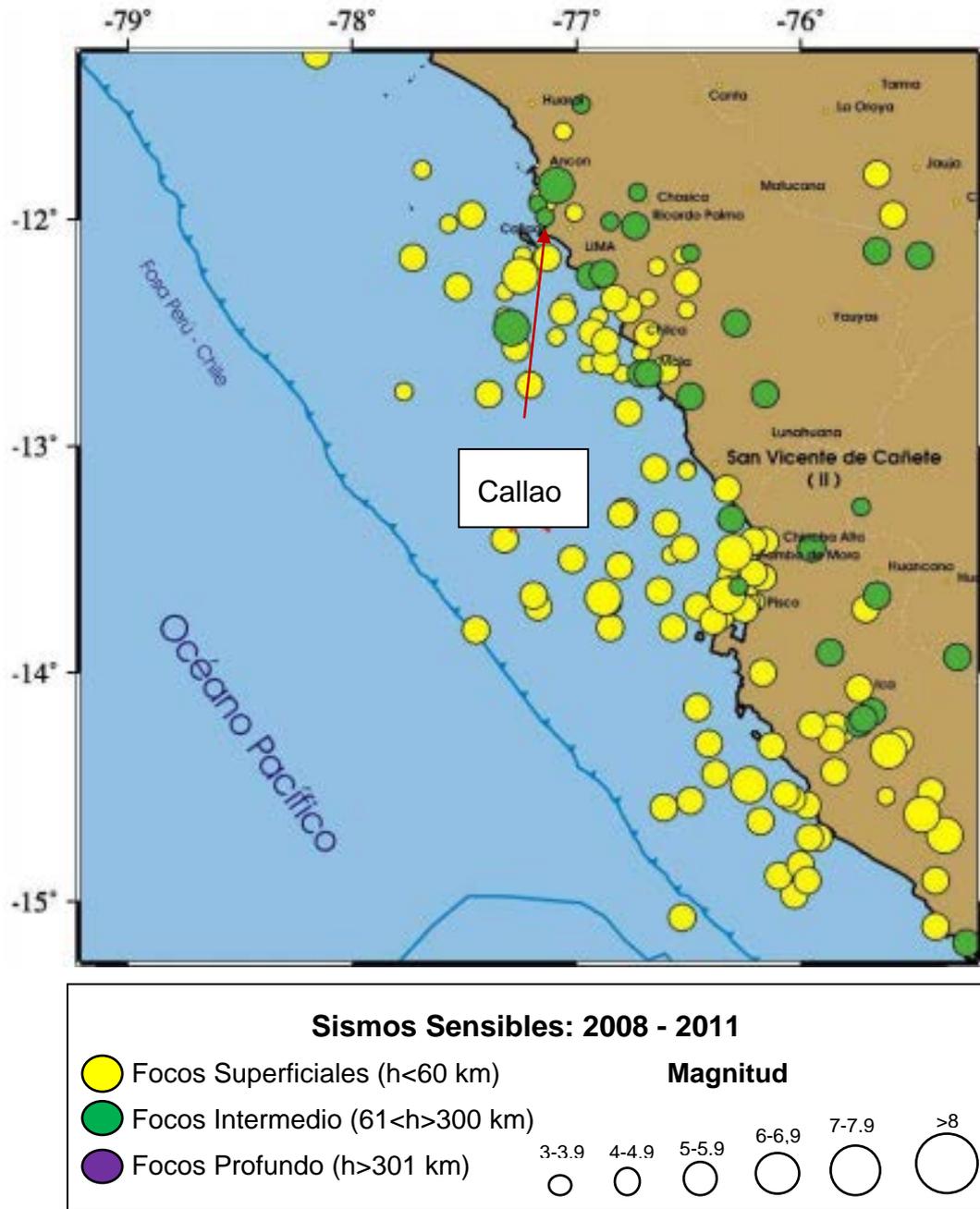
La planta inició su actividad en este emplazamiento aproximadamente en 1990, siendo una de las primeras actividades industriales desarrolladas en el lugar, ya que anteriormente estaba formada por campos de cultivo.

En sus inicios, hicieron uso de la soldadura *Nocolok* (fluoruro de aluminio y potasio). También usaban piezas de cobre que se limpiaban mediante disolventes organoclorados. Posteriormente, se evolucionó hacia el uso de planchas de aluminio.

Las instalaciones de la compañía disponen, además, de un taller mecánico.

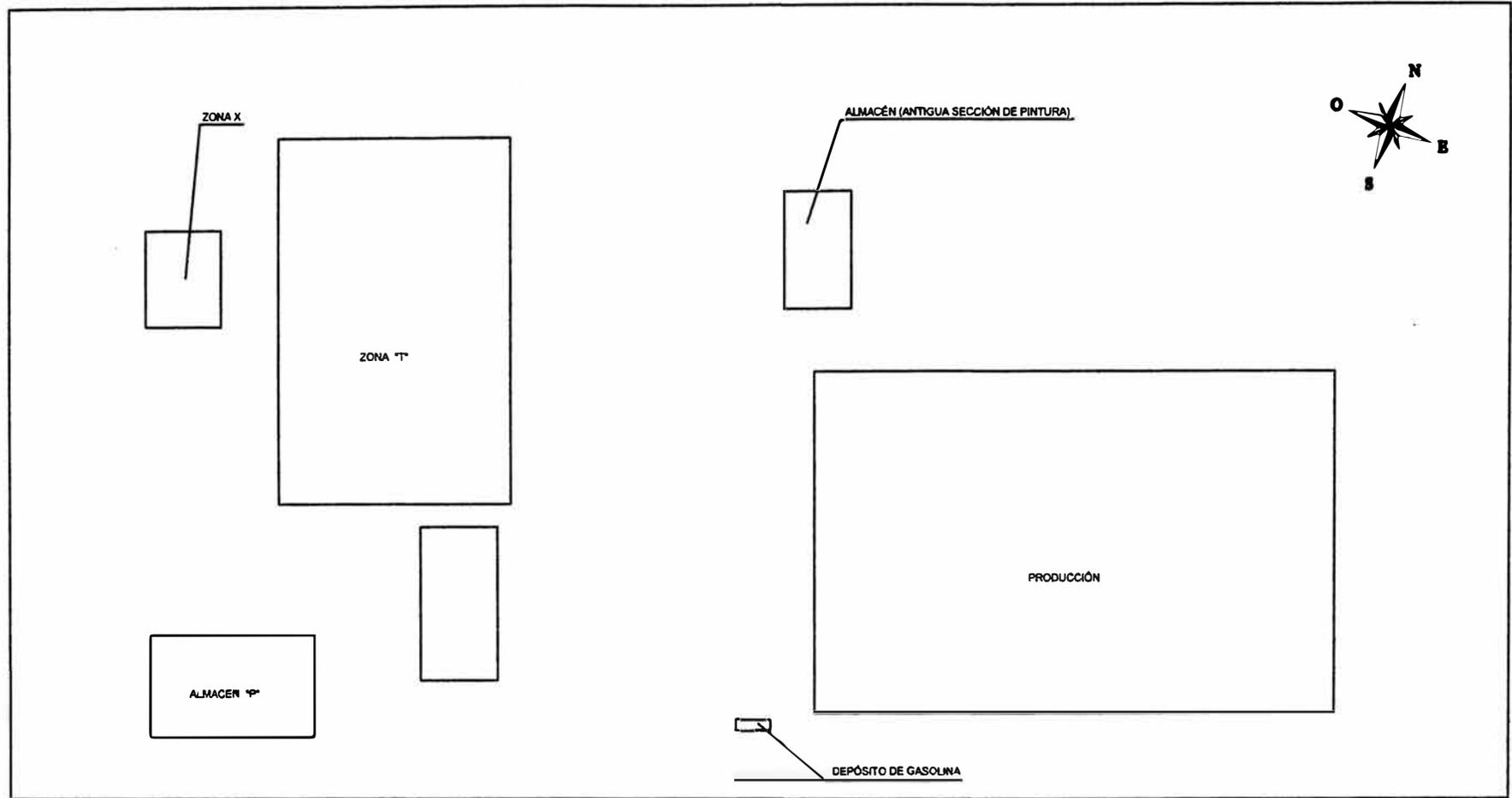
El 80% de la superficie total está cubierta. Uno de los actuales almacenes albergaban antiguas secciones de pintura, activas hasta aproximadamente el año 2001.

En el *Plano 1, Instalaciones* se detallan las zonas reseñadas anteriormente.



Fuente: IGP – Boletines sísmicos 2011

**Figura 1. Sismos ocurridos entre el 2008 y 2011**



<b>CARACTERIZACIÓN MEDIOAMBIENTAL DEL SUBSUELO DE UNA INSTALACIÓN INDUSTRIAL</b>	
REF:	<b>INSTALACIONES</b>
PLANO N°: 01	
FECHA: 2012	REALIZADO: E. Martínez
ESCALA: Gráfica	REVISIÓN: 0

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA**

Para alcanzar los objetivos de la investigación, ha sido necesario llevar a cabo trabajos de campo, gabinete y laboratorio, estructurados en dos fases:

#### **3.1 Fase I: Investigación preliminar**

Con el objetivo de conocer el contexto hidrogeológico y de riesgos del emplazamiento, así como, optimizar el diseño del plan de trabajo, se han llevado a cabo las siguientes labores:

- Inspección del emplazamiento, observaciones de campo y evaluación histórica.
- Estudio de fotografías aéreas (ortofotografías) en fechas sucesivas.
- Información geológica e hidrogeológica
- Usos del agua, explotación del acuífero. Comportamiento y posibles contaminantes existentes.
- Usos del suelo.

## **3.2 Fase II: Caracterización geológica, hidrogeológica y geoquímica**

Como segunda fase, luego de las labores expuestas en el anterior apartado y, con el objetivo de realizar una exhaustiva caracterización medioambiental del subsuelo, se ha realizado lo siguiente:

### **3.2.1 Descripción Geológica**

#### **3.2.1.1 *Geología Regional***

La geología regional del área que comprende la zona en estudio es básicamente depósitos cuaternarios, teniendo como afloramiento rocoso, más cercano, a la Formación Cerro Blanco a 5 Km aproximadamente hacia el norte. A continuación se describe las unidades litológicas del lugar:

##### *Formación Cerro Blanco (Qms-q):*

Forma parte del grupo Puente Piedra y pertenece al Valangiano inferior.

Parte de esta formación aflora en el Cerro La Regla y luego se extiende como una franja hacia el norte pasando por la refinería La Pampilla hasta las proximidades de Ventanilla. Litológicamente está compuesto de una secuencia volcánico – sedimentaria siendo en este caso andesitas porfiríticas.

##### *Depósitos aluviales pleistocénicos (Qp-al):*

Son depósitos constituidos por material acarreado por los ríos que bajan de la vertiente occidental andina. Este depósito se encuentra formando el cono deyectivo del río Rímac, con espesores de decenas de metros. La litología de estos depósitos está compuesta de conglomerados (cantos de diferentes tipos y rocas) arenas, limos y arcillas intercalados entre si tal como se puede apreciar en los acantilados de la costa.

*Depósitos aluviales recientes (Qr-al):*

Estos depósitos están restringidos a franjas estrechas a ambos márgenes del río Rímac. Están compuestos de cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa. Los depósitos que en la actualidad se siguen formando se les pueden llamar fluvioaluviales encontrándose en el actual lecho del río.

*Depósitos marinos recientes (Qr-m):*

Estos depósitos han existido siempre y continúan formándose en la actualidad, se encuentran a lo largo de la línea de costa. Está compuesta por acumulaciones de arenas, limos y cantos re TRABAJADOS y distribuidos por corrientes marinas a lo largo del borde litoral como producto de erosión y disgregación de las rocas de los acantilados, así como de los materiales acarreados por los ríos al océano.

En el *Plano 2, Geológico* se presentan las diferentes unidades mencionadas anteriormente.

### *3.2.1.2 Geología Local*

La zona de estudio se encuentra ubicada sobre el último tramo del abanico fluvial del río Rímac, conformado por sedimentos no consolidados de los depósitos fluvioaluviales recientes. Está formado por cantos rodados, arena y suelos limo arcillosos.

La zona es bastante llana, con altitudes que oscilan entre los 5 y 15 m.s.n.m. El nivel freático se encuentra más elevado en las zonas próximas al cauce del río y va descendiendo a medida que se aleja del mismo.

Durante la perforación de sondeos se ha determinado la litología del lugar encontrándose básicamente 4 unidades que son descritos en el apartado *VI.2.2 Litología y Estructura del terreno.*

### 3.2.1.3 *Geodinámica Externa*

La geodinámica externa del lugar está representada principalmente por las inundaciones a consecuencia del desborde del río Rímac.

A lo largo del tiempo se han presentado diversas inundaciones en esta zona siendo la más reciente y próxima la de marzo de 1994, donde el caudal del río se incrementó por las fuertes lluvias registradas en la sierra del Perú. El desborde del río afectó a unas 15 000 personas que viven en sus riberas así como algunas instalaciones próximas al lugar de estudio.

### 3.2.1.4 *Geología Sísmica*

Desde el punto de vista geográfico, el Perú forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico y por lo tanto, presenta un alto potencial sísmico. Básicamente, la actividad sísmica está asociada al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana y tiene su origen, en la fricción y deformación interna de ambas placas produciendo sismos a diferentes niveles de profundidad con diversos rangos de magnitud.

Por ende las ciudades de Lima y Callao, han sido sometidas a una serie de sismos de gran intensidad.

En la siguiente imagen se presenta los sismos sensibles ocurrido entre el 2008 y 2011:

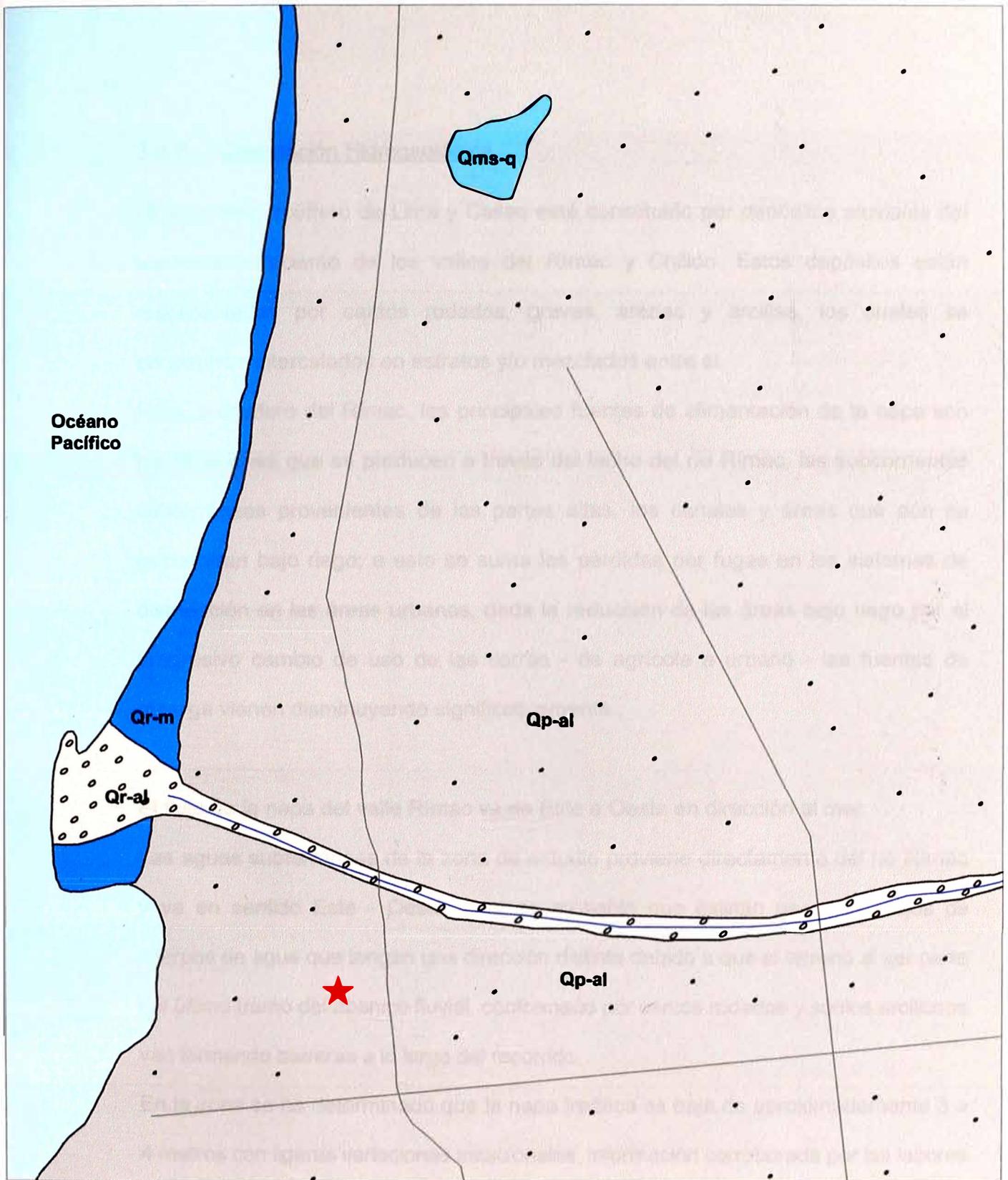
Históricamente los sismos ocurridos frente al departamento de Lima y Callao entre los años 1500 y 1959, han generado intensidades mayores a VII en la escala Mercalli Modificada (MM) (Silgado, 1978), distribuidos principalmente entre la línea de fosa y la costa, localizándose en mayor número frente a la Provincia Constitucional del Callao, la mayoría de estos sismos produjeron tsunamis con olas de diferentes alturas

A continuación se presenta alguno de los sismos más representativos ocurridos en Lima y Callao.

**Tabla N° 1. Sismos más representativos ocurridos en Lima y Callao**

<b>Año</b>	<b>Escala Mercalli Modificada (MM)</b>	<b>Descripción</b>
1586	IX MM	
1687	VIII MM	Destrucción casi completa de la ciudad de Lima
1746	X MM	Destrucción casi completa de la ciudad de Lima Generó un tsunami con olas de 15-20 metros de altura que inundó totalmente al puerto del Callao
1940		
1966	VIII	Viviendas destruidas o dañadas parcialmente
1970		
1974	VIII	Viviendas destruidas o dañadas parcialmente
2007	V	

Fuente: IGP



LEYENDA		
Sistema	Serie	Unidades Estratigráficas
Cuaternario	Reciente	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: white; margin-right: 5px;"></div> Qr-al Depósitos aluviales <div style="display: inline-block; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: blue; margin-right: 5px;"></div> Qr-m Depósitos marinos
	Pleistoceno	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: lightgray; margin-right: 5px;"></div> Qp-al Depósitos aluviales
Cretáceo	Medio Superior	<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; width: 20px; height: 10px; background-color: cyan; margin-right: 5px;"></div> Qms-q Volc. Quilmaná

★ Zona de estudio

0 m 400 m

CARACTERIZACIÓN MEDIOAMBIENTAL DEL SUBSUELO DE UNA INSTALACIÓN INDUSTRIAL	
REF.:	<b>PLANO GEOLÓGICO</b>
PLANO N°: 02	
FECHA: 2012	REALIZADO: E. Martínez
ESCALA: GRÁFICA	REVISIÓN: 0

### 3.2.2 Descripción Hidrogeológica

El reservorio acuífero de Lima y Callao está constituido por depósitos aluviales del cuaternario reciente de los valles del Rímac y Chillón. Estos depósitos están representados por cantos rodados, gravas, arenas y arcillas, los cuales se encuentran intercalados en estratos y/o mezclados entre sí.

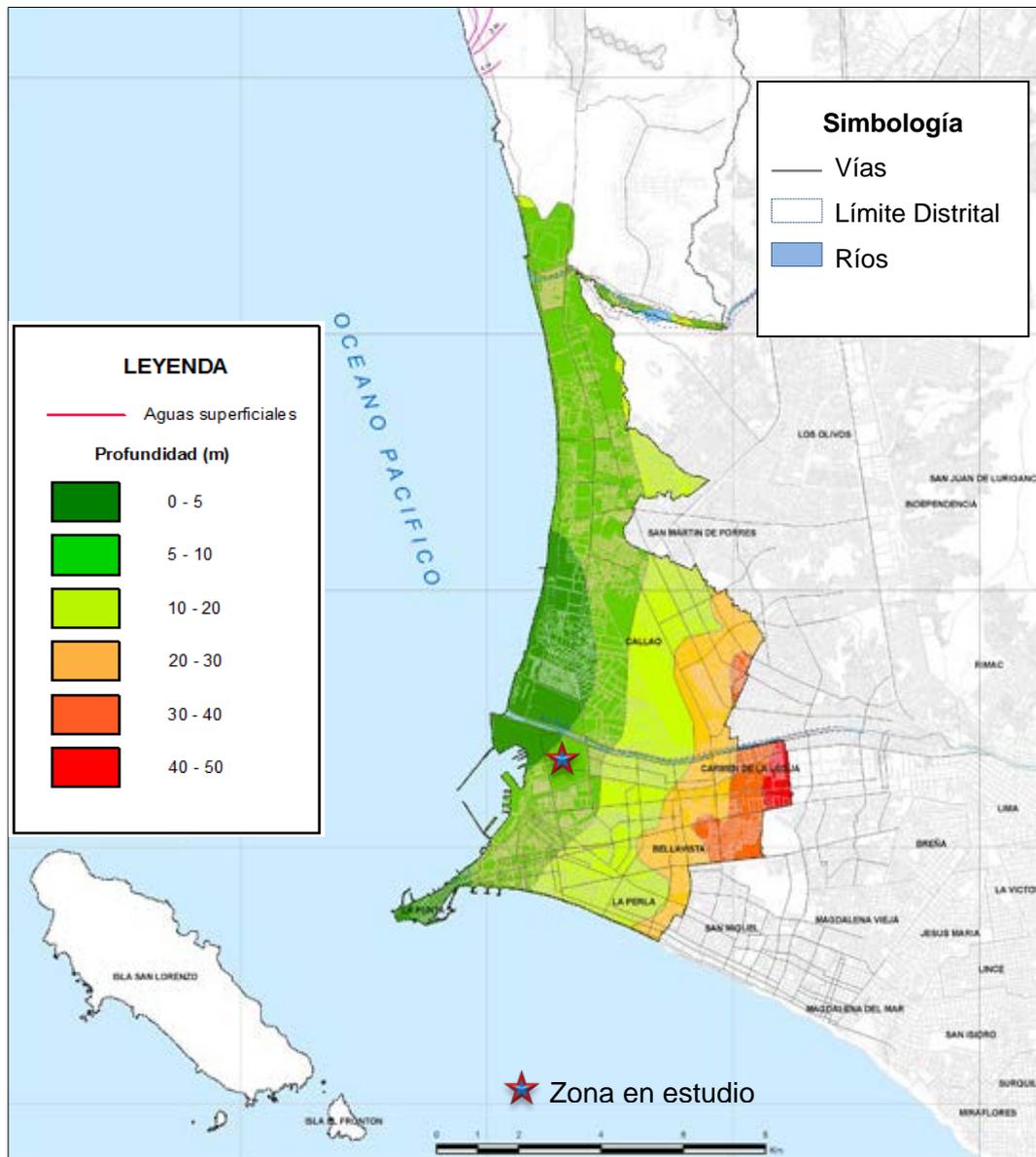
Para el acuífero del Rímac, las principales fuentes de alimentación de la napa son las filtraciones que se producen a través del lecho del río Rímac, las subcorrientes subterráneas provenientes de las partes altas, los canales y áreas que aún se encuentran bajo riego; a esto se suma las pérdidas por fugas en los sistemas de distribución en las áreas urbanas, dada la reducción de las áreas bajo riego por el progresivo cambio de uso de las tierras - de agrícola a urbano - las fuentes de recarga vienen disminuyendo significativamente.

El flujo de la napa del valle Rímac va de Este a Oeste en dirección al mar.

Las aguas subterráneas de la zona de estudio proviene directamente del río Rímac y va en sentido Este - Oeste, pero es probable que existan pequeños flujos de cuerpos de agua que tengan una dirección distinta debido a que el terreno al ser parte del último tramo del abanico fluvial, conformado por cantos rodados y suelos arcillosos van formando barreras a lo largo del recorrido.

En la zona se ha determinado que la napa freática es baja de aproximadamente 3 a 4 metros con ligeras variaciones estacionales, información corroborada por las labores de campo (perforación de sondeos).

En la figura siguiente se muestra las diferentes profundidades a la que se encuentra la napa freática en la provincia constitucional del callao.



Fuente: Microzonificación – Gobierno Regional del Callao.

**Figura 2. Profundidad de la Napa freática en el Callao**

### 3.2.2.1 Perforación de sondeos

A partir de los datos recabados durante la Fase I se ubicaron los puntos de sondeo. En el capítulo VI.2.1 de la presente memoria, se detallan los criterios de su emplazamiento.

Se han realizado un total de seis (6) sondeos (numerados S-1 a S-6, correlativamente) con recuperación de testigo continuo que permite la extracción de muestras inalteradas, alcanzando una profundidad de 8,0 metros.

Se han tomado un total de seis (6) muestras de suelo representativas de cada uno de los sondeos realizados. Se ha tomado una (1) muestra por cada sondeo y a distintas profundidades, en función de las características organolépticas.

Se han realizado determinaciones de COV's (compuestos orgánicos volátiles) según el método *Head Space* mediante PID portátil, previamente calibrado con isobutileno. Las lecturas se han realizado, aproximadamente, a cada metro de profundidad.

Las características de cada muestra de suelo están indicadas en la tabla correspondiente del apartado VI.5.1. *Muestras de suelos*.

Las muestras se han conservado en campo adecuadamente con el objetivo de garantizar la calidad de las mismas, y se han enviado a un laboratorio acreditado.

### 3.2.2.2 Instalación de piezómetros y muestreo de agua

Se ha procedido a la instalación de piezómetros en los seis (6) sondeos realizados en la zona objeto de estudio (numerados Pz-1 a Pz-6, correlativamente).

A continuación se detallan las características generales de los piezómetros instalados:

- Diámetro perforación (mm) : 101
- Tubería: PVC con uniones roscadas entre tramos.
- Diámetro (pulgadas): 2
- Apertura filtro (mm):  $\leq 0.5$  mm. Prevista inicialmente.
- Anular: Arena silíceo calibrada (diám.1 a 2 mm) y tapón de cemento en el primer metro. Acabado en cemento.
- Boca: Tapón roscado.
- Arqueta: Tapa de pozo
- Tapón de fondo: Fijo y hermético.

Las características particulares de algunos piezómetros se incluyen en las fichas del Anexo I, *Columnas litoestratigráficas e instalación de piezómetros*.

Durante la realización de la totalidad de los sondeos, se detectó agua en el subsuelo a una profundidad media de 3,3 metros.

Una vez instalados, se procedió a desarrollarlos bombeando el agua hasta eliminar los finos y obtener agua clara. Con posterioridad a la recuperación y estabilización de los niveles, se procedió al muestreo de los seis (6) piezómetros.

El muestreo se realizó mediante la utilización de bailers desechables para agua, y las muestras se recogieron en las botellas con conservantes suministradas por el laboratorio, siguiendo las instrucciones del mismo.

Las muestras se han tomado y conservado en campo según los procedimientos específicos técnicos.

Durante el muestreo de aguas subterráneas se realizaron mediciones de campo de los siguientes parámetros en cada piezómetro:

- pH
- Temperatura
- Conductividad

Posteriormente, se realizó la nivelación topográfica de los piezómetros y la correspondiente lectura de los niveles piezométricos, con el objetivo de obtener la piezometría de la zona y la dirección del flujo subterráneo.

### 3.2.2.3 Determinaciones analíticas

A las muestras de suelo y agua obtenidas en la campaña de muestreo se les han aplicado técnicas analíticas que permiten la caracterización de los contaminantes presentes.

A continuación se muestra dos tablas con las determinaciones realizadas para cada una de las muestras:

**Tabla Nº 2. Determinaciones analíticas en muestras de suelo.**

Tipo y número de muestras	Parámetro	Técnica analítica	Norma
Suelo	Materia orgánica según pérdida al fuego	Gravimetría	NEN 5754
	Fracción < 2 µm	Sedimentación	NEN 5753
	Metales	ICP-AES	NEN-6966
	Mercurio	EAA-vapor frío	NEN-ISO 16772
	TPH's fraccionado; Hidrocarburos orgánicos volátiles y aromáticos policíclicos	GC-MS	TerrAttesT (Método propio Eurofins-Analytico)
	Fenoles y clorofenoles		
	Hidrocarburos clorados volátiles, clorobencenos, bifenilos policlorados, cloronitrobenzenos y otros CHC clorados		
	Pesticidas orgánicos clorados, fosforados, nitrogenados y otros pesticidas		
	Ftalatos, Bifenilo, nitrobenzeno y dibenzofurano		

**Tabla Nº 3. Determinaciones analíticas en muestras de agua.**

Tipo y número de muestras	Parámetro	Técnica analítica	Norma
Agua	Metales	ICP-AES	NVR 7322
	TPH's fraccionado	GC/FID	TerrAttesT (Método propio Eurofins- Analytico)
	TPH's; Hidrocarburos orgánicos volátiles y aromáticos policíclicos	GC-MS	
	Fenoles y clorofenoles		
	Hidrocarburos clorados volátiles, clorobencenos, bifenilos policlorados, cloronitrobencenos y otros CHC clorados		
	Pesticidas orgánicos clorados, fosforados, nitrogenados y otros pesticidas		
	Bifenilo, nitrobenzeno y dibenzofurano		

## CAPITULO IV

### NORMATIVA DE REFERENCIA

Para la valoración de los resultados analíticos obtenidos en suelo, se tomaron como referencia legislaciones extranjeras debido a que en el periodo de realización del presente estudio, no se contaba aún con ninguna legislación ambiental peruana para suelos:

- Legislación española, estándares de calidad del *Real Decreto 9/2005 del 14 de enero*, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.
- Legislación Canadiense, *Canadian Environmental Quality Guidelines-CEQG*.

En la actualidad se cuenta con el D.S N°02-2013 MINAM publicada el año 2013, Estándares de Calidad Ambiental (ECA), por lo que se ha procurado comparar los resultados obtenidos en el presente estudio a fin de tener un referente para una posterior actuación de ser necesario.

Con el objetivo de valorar los resultados analíticos obtenidos en aguas subterráneas, se utilizó la normativa Holandesa además de la normativa peruana:

- Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para Agua, Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.
- La Circular Holandesa (Niveles Objetivo y de Intervención o indicativos de contaminación severa).

## **CAPITULO V**

### **ENTORNO HIDROGEOLÓGICO Y DE RIESGOS**

La baja profundidad a la que se detecta el nivel freático facilita que las actividades industriales vecinas y de la propia planta industrial puedan originar la posible presencia en las aguas subterráneas de sustancias ajenas a la actividad de la mencionada planta.

#### **5.1 Usos y Aprovechamiento de Recursos Subterráneos**

En la planta no se han detectado pozos de captaciones de agua subterránea.

#### **5.2 Entorno de riesgos**

##### **5.2.1 Elementos del entorno**

El área de estudio está limitada por una avenida secundaria de poco tránsito, a 100 m aproximadamente se encuentra la avenida principal de tránsito pesado que circulan principalmente del Puerto del Callao. La planta colinda con otras plantas industriales dedicadas a diferentes actividades. A 500 m aproximadamente se encuentra las primeras viviendas habitadas.

### 5.2.2 Usos del suelo

La zona objeto de estudio se ubica en una zona Industrial, por lo que el uso del suelo en el entorno inmediato es industrial.

## **CAPITULO VI**

### **RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN**

#### **6.1 Condiciones Ambientales**

La inspección se ha realizado al aire libre y en el interior de las instalaciones de la planta.

#### **6.2 Reconocimiento Directo del Terreno**

##### **6.2.1 Sondeos realizados**

Se han realizado un total de seis (6) sondeos de reconocimiento del terreno distribuidos por toda la parcela, teniendo en consideración los potenciales focos de afección.

Estos sondeos se han referenciado siguiendo una numeración correlativa de S-1 a S-6. La profundidad media alcanzada fue de 8,0 metros. La ubicación de los sondeos se describe en la siguiente tabla:

**Tabla N° 4. Situación de los sondeos.**

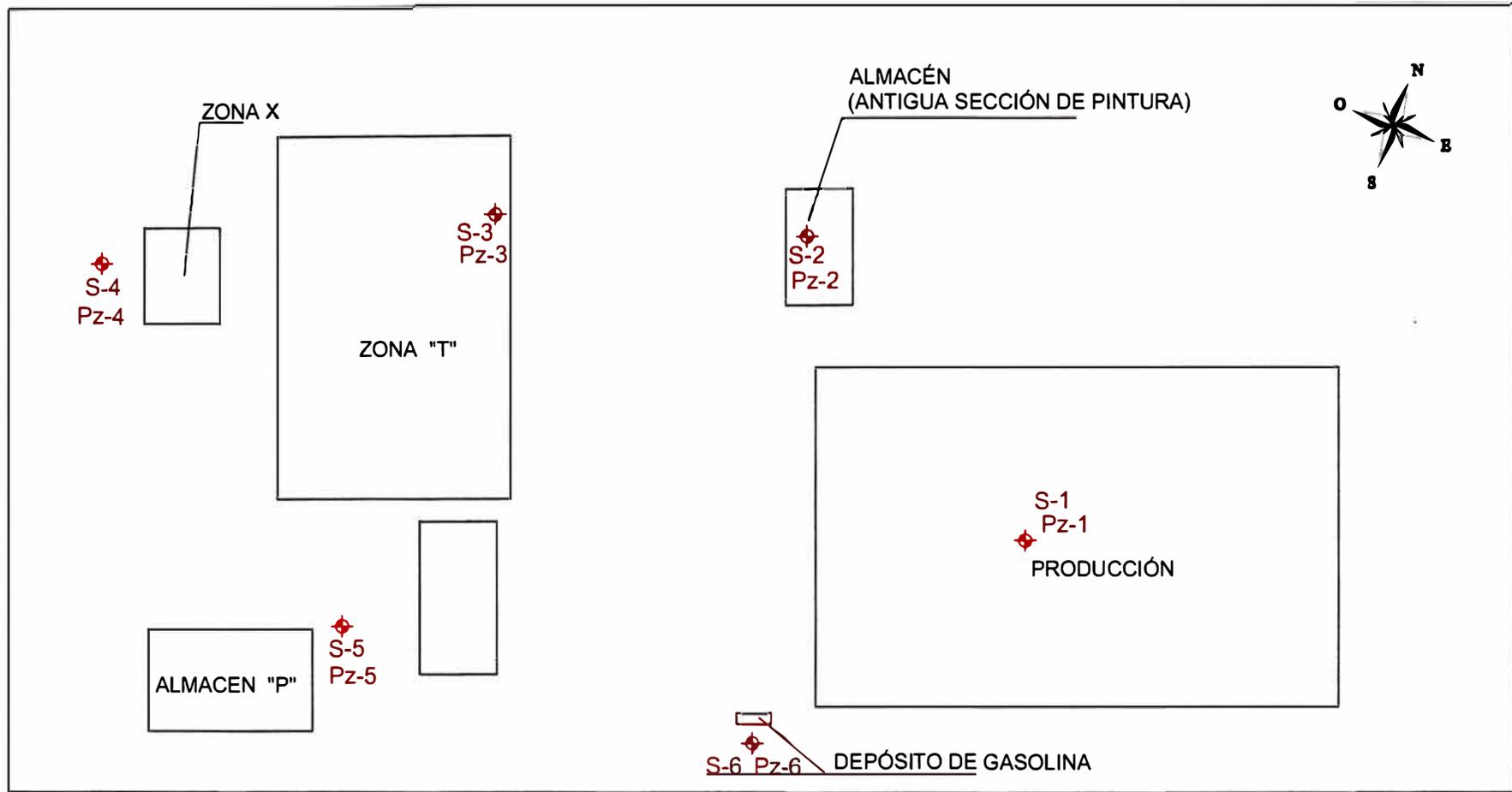
Sondeo	Situación
S-1	Situado al sureste de la planta.
S-2	Ubicado en el almacén que había albergado una antigua sección de pintura.
S-3	Situado en la zona de producción.
S-4	Situado en la zona X
S-5	Situado al sur de la planta, cerca al almacén P
S-6	En el exterior, frente al depósito de gasoil.

En la siguiente tabla se muestran las características particulares de cada uno de estos sondeos:

**Tabla N° 5. Características constructivas de los sondeos.**

Sondeo	Profundidad alcanzada (m)	Profundidad alcanzada piezómetro (m)	Entubado 2" (m ciego + m ranurado)
S-1	8.0	8.0	1.00 + 7.00
S-2	8.0	8.0	1.00 + 7.00
S-3	8.0	8.0	1.00 + 7.00
S-4	8.0	8.0	1.00 + 7.00
S-5	8.0	8.0	1.00 + 7.00
S-6	8.0	8.0	1.00 + 7.00

Los piezómetros siguen la misma numeración que los correspondientes sondeos y se codifican como Pz-#. A continuación se incluye un plano de situación de los sondeos realizados y de los piezómetros instalados (Plano 3, *Situación de sondeos y piezómetros*).



LEYENDA	
	Situación de los antiguos piezómetros de control



CARACTERIZACIÓN MEDIOAMBIENTAL DEL SUBSUELO DE UNA INSTALACIÓN INDUSTRIAL		
REF.:		SITUACIÓN DE SONDEOS Y PIEZÓMETROS
PLANO Nº: 03		
FECHA:	2012	
ESCALA: Gráfica		
		REALIZADO: E. Martínez
		REVISIÓN: 0

### 6.2.2 Litología y estructura del terreno

A continuación se detallan las características de estos niveles a partir de los sondeos realizados:

#### ➤ **Unidad A (relleno)**

Esta Unidad ha sido detectada en todos los sondeos realizados, está compuesta por un nivel de relleno formado por arenas y limos, con gravilla dispersa. El color es marrón claro. En el sondeo S-6 se ha detectado un material pastoso, escasos centímetros, de color blanco que no desprende olor alguno y que podría tratarse, por su aspecto, del fluoruro de magnesio y potasio utilizado en la planta como material de soldadura.

La Unidad se encuentra bajo una capa de hormigón (excepto en la zona exterior donde esta primera capa es de asfalto), y presenta una potencia variable de 0,50 a 1,00 metros.

No se ha detectado presencia de agua en esta Unidad.

#### ➤ **Unidad B (limos arenosos)**

Esta Unidad se ha detectado en todos los sondeos realizados bajo la unidad anterior.

Está compuesta por limos arenosos con alguna gravilla dispersa. Hay presencia de materia orgánica. Presenta color marrón. En el sondeo S-2 se detecta olor a disolvente en esta Unidad.

La potencia de la unidad es variable desde 0,10 a 2,00 metros.

En esta Unidad no se ha detectado agua, aunque en el sondeo S-4 se detecta humedad a 2,00 metros de profundidad.

➤ **Unidad C (arenas de grano fino)**

Esta Unidad se ha detectado en todos los sondeos bajo la unidad anterior.

Está formada por arenas de grano fino de color marrón, tiene poca matriz limosa. En el sondeo S-2 también se detecta olor a disolvente.

La potencia de la unidad varía entre 1,00 y 3,50 metros, siendo lo más común esta última.

En esta unidad se detecta el nivel de agua subterránea a unos 3,5 metros de profundidad.

➤ **Unidad D (arenas gruesas y gravas)**

Por debajo de la Unidad C, encontramos la Unidad D formada por arena de grano grueso con gravilla y grava. Presenta una granulometría de gruesa a muy gruesa, aumentando el tamaño de grano y la cantidad de grava en profundidad hasta los 6,00 metros aproximadamente, donde vuelve a disminuir la proporción de gravas en las arenas. La coloración de esta unidad es marrón grisácea.

Las arenas, gravillas y gravas son bien redondeadas; las gravas presentan tamaños variables.

La base de esta unidad no ha sido detectada en ninguno de los sondeos, por lo que se desconoce su potencia máxima.

La primera aparición de agua (detección del nivel freático) se ha detectado entre la Unidad C y la Unidad D.

Con el objetivo de mejorar la comprensión de la estructura del subsuelo se ha realizado un corte geológico que se muestra en el Plano 4, *Perfil hidrogeológico*.

En el Anexo I, *Columnas litoestratigráficas e instalación de piezómetros* de la presente memoria, se muestran las fichas con los detalles de cada algunos de los sondeos.

Perfil Hidrogeológico AA'

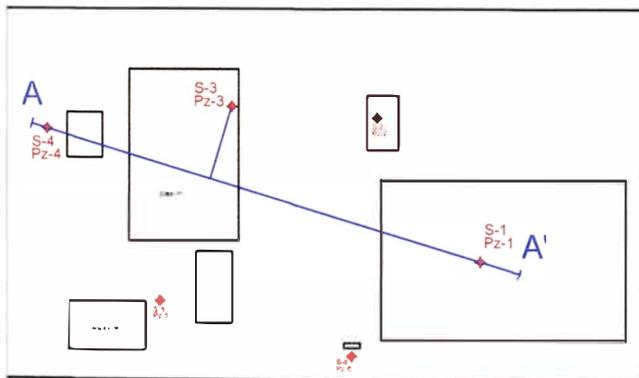
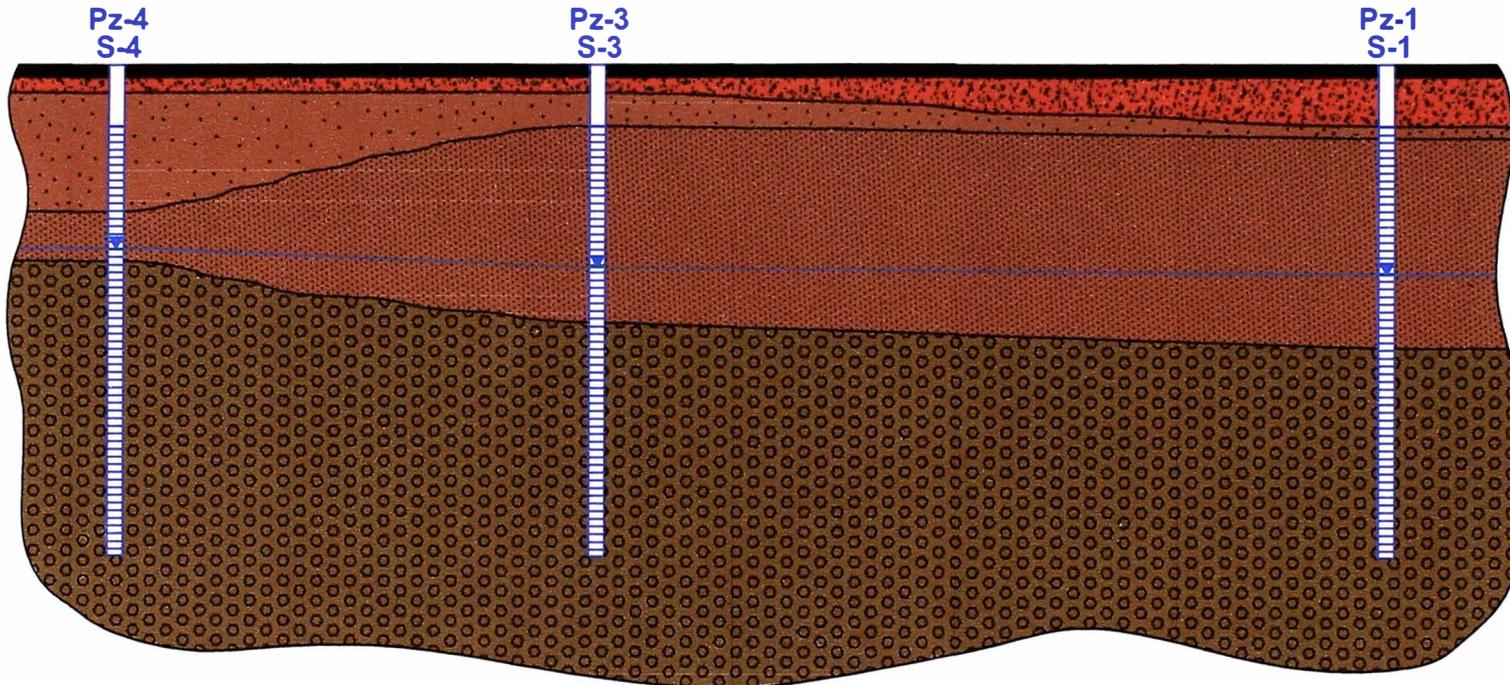
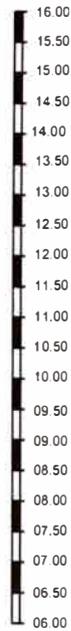
W

E

Escala horizontal (m)



Escala vertical (m)



LEYENDA	
	Nivel piezométrico
	Hormigón (Unidad A)
	Relleno (Unidad A)
	Limos arenosos (Unidad B)
	Arenas de grano fino (Unidad C)
	Arenas gruesas y gravas (Unidad D)

CARACTERIZACIÓN MEDIOAMBIENTAL DEL SUBSUELO EN UNA INSTALACION INDUSTRIAL	
REF.:	PERFIL HIDROGEOLÓGICO AA'
PLANO N°: 04	
FECHA: 2012	REALIZADO: E. Martínez
ESCALA: GRÁFICA	REVISIÓN: 0

### 6.2.3 Medidas Head Space (concentración de COV's en espacios superiores) y observaciones organolépticas

La siguiente tabla muestra las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (COV's) detectadas en dichos sondeos, expresadas en ppm equivalentes a isobutileno:

**Tabla N° 6. Concentraciones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's).**

Profundidad (m)	Head Space (ppm COV's)					
	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6
1	3.2	585	1.1	1.5	3.2	6.9
2	12.1	224	3.2	6.3	0.6	0.9
3	1.0	18.8	2.9	7.3	0.0	2.4
4	1.6	1 412	0.0	1.4	0.9	1.7
5	1.8	38.4	0.3	2.3	2.1	1.9
6	0.0	34.6	1.5	2.1	0.2	2.2
7	0.8	17.1	0.8	0.6	0.4	2.8
8	0.2	--	0.6	1.3	--	--

A partir de las determinaciones realizadas y las características organolépticas observadas se puede concluir que:

- Se detectan concentraciones elevadas de compuestos volátiles a lo largo del sondeo S-2, en el que se detectaba olor característico a disolvente.
- En el resto de sondeos, las concentraciones de COV's detectadas son poco significativas.

### 6.3 Características de la Zona No Saturada

#### 6.3.1 Extensión de la zona no saturada

La zona no saturada comprende la Unidad A (relleno) y la parte superior de la Unidad B (limos arenosos).

#### 6.3.2 Barreras de percolación vertical de contaminantes

La única barrera efectiva contra la percolación vertical es el pavimento de hormigón que recubre parte de la planta y que se encuentra en perfecto estado de conservación.

### 6.4 Características de la Zona Saturada

#### 6.4.1 Niveles que favorecen la movilización horizontal

La circulación horizontal de agua subterránea se produce en las unidades C y D.

#### 6.4.2 Piezómetros instalados y purgado

Se han instalado un total de seis (6) piezómetros de control en la zona de estudio.

Se ha realizado el desarrollo de los piezómetros instalados utilizando bombas sumergibles para eliminar la presencia de finos, hasta obtener agua clara. A continuación se detallan algunas características del desarrollo:

**Tabla Nº 7. Características del desarrollo de los piezómetros.**

Piezómetro	Profundidad nivel piezométrico inicial (M)	Volumen extraído (L)	Tiempo purgado (Min)
Pz-1	3.552	164	25
Pz-2	3.508	163	25
Pz-3	3.440	164	25
Pz-4	3.152	160	25

**Tabla N° 7. Características del desarrollo de los piezómetros.**

<b>Piezómetro</b>	<b>Profundidad nivel piezométrico inicial (M)</b>	<b>Volumen extraído (L)</b>	<b>Tiempo purgado (Min)</b>
Pz-5	3.498	164	25
Pz-6	3.567	327	50

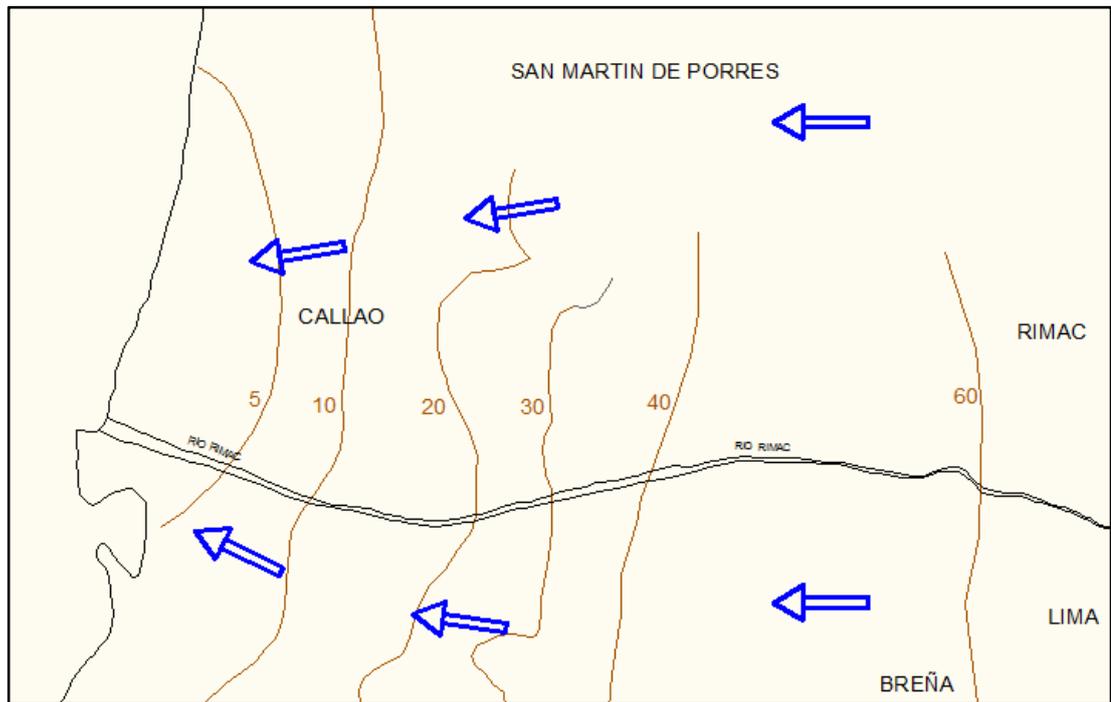
A continuación se muestra las referencias del nivel piezométrico:

**Tabla N° 8. Referencias del nivel piezométrico**

<b>Piezómetro</b>	<b>Cota topográfica relativa. Referencia brocal (m)</b>	<b>Profundidad del nivel de agua respecto del brocal (m)</b>	<b>Cota relativa del nivel piezométrico estático (m)</b>
Pz-1	14.429	3.408	11.021
Pz-2	14.447	3.449	10.998
Pz-3	14.273	3.304	10.986
Pz-4	14.984	3.003	11.998
Pz-5	14.317	3.331	10.986
Pz-6	14.429	3.431	10.998

En la zona de estudio, las diferencias del nivel de agua subterránea no superan los 3.5 cm, teniendo como diferencia de cota relativa del nivel piezométrico estático 1.012 cm.

Para mayor información, a continuación, se presenta un esquema con los niveles piezométricos indicando la dirección del flujo del agua subterránea a lo largo del río Rímac.



**Figura 3. Nivel piezométrico a lo largo del río Rímac**

## 6.5 Muestreo y Análisis de Contaminantes

### 6.5.1 Muestras de suelo

Se han tomado un total de seis (6) muestras de suelo. En la siguiente tabla se resumen algunas características de las muestras de suelo analizadas:

**Tabla Nº 9. Características de las muestras de suelo.**

Muestra	Profundidad (m)	Observaciones
S-1	1.2-1.3	Arenas finas de color marrón con matriz limosa. No hay indicios de afección organoléptica.
S-2	1.0-1.1	Limos arenosos de color marrón. Desprende olor a disolvente.
S-3	2.0-2.1	Arenas de grano muy fino de color marrón. No hay indicios de afección organoléptica.
S-4	3.2-3.3	Arenas de grano fino con matriz limosa. Desprende olor a materia orgánica.
S-5	2.5-2.6	Arenas de grano muy fino de color marrón. No hay indicios de afección organoléptica.
S-6	1.1-1.2	Limos arenosos de color marrón. Hay una pasta de color blanco que no desprende ningún olor.

La identificación de las muestras se ha realizado a partir del sondeo del que corresponde la muestra y su profundidad.

### 6.5.2 Resultados analíticos de las muestras de suelo

En las tablas siguientes se incluyen los resultados analíticos de las muestras de suelo analizadas a lo largo de los trabajos. Los valores de las concentraciones se comparan con los del RD 9/2005 y la legislación Canadiense para suelos con uso industrial.

Dado que en la actualidad ya se cuenta con el ECA de suelos, se ha visto por conveniente incluir los valores comparativos de referencia para futuras actuaciones.

**Tabla Nº 10. Concentración de metales en las muestras de suelo.**

METALES	MUESTRAS DE SUELO (mg/kg)						NGR RD 9/2005 (mg/kg)	CEQG (mg/kg)	ECA Suelos (mg/kg)
	S-1 (1.2-1.3m)	S-2 (1.0-1.1m)	S-3 (2.0-2.1m)	S-4 (3.1-3.2m)	S-5 (2.4-2.5m)	S-6 (1.0-1.1m)			
Arsénico	12	21	12	7,7	7,3	15	<b>30</b>	<b>12</b>	<b>140</b>
Antimonio	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	<b>30</b>		
Bario	140	330	98	63	66	200	<b>1 000</b>	<b>2 000</b>	<b>2 000</b>
Berilio	< 1,0	< 1,0	< 1,0	<1,0	< 1,0	1,3	<b>85</b>		
Cadmio	< 0,30	0,45	< 0,30	< 0,30	< 0,30	< 0,30	<b>55</b>	<b>22</b>	<b>22</b>
Cromo	17	33	23	10	9,2	41	<b>1 000</b>	<b>87</b>	
Cobalto	7,9	8,3	6,2	5,1	4,6	13	<b>90</b>		
Cobre	45	170	20	11	9,9	68	<b>1 000</b>		
Mercurio	0,68	2,3	0,14	< 0,050	0,061	0,27	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>44</b>
Plomo	87	280	20	9,7	9,8	88	<b>540</b>	<b>600</b>	<b>1 200</b>
Molibdeno	< 3,0	< 3,0	< 3,0	<3,0	< 3,0	< 3,0	<b>65</b>		
Níquel	16	24	14	12	12	33	<b>1 000</b>	<b>50</b>	

**Tabla Nº 10. Concentración de metales en las muestras de suelo.**

METALES	MUESTRAS DE SUELO (mg/kg)						NGR RD 9/2005 (mg/kg)	CEQG (mg/kg)	ECA Suelos (mg/kg)
	S-1 (1.2-1.3m)	S-2 (1.0-1.1m)	S-3 (2.0-2.1m)	S-4 (3.1-3.2m)	S-5 (2.4-2.5m)	S-6 (1.0-1.1m)			
Selenio	< 5,0	< 5,0	8,7	< 5,0	< 5,0	< 5,0	<b>70</b>	<b>2.9</b>	
Estaño	6,7	23	< 5,0	< 5,0	< 5,0	16	<b>1 000</b>	<b>300</b>	
Vanadio	21	35	19	14	13	54	<b>1 000</b>		
Zinc	79	230	55	36	34	91	<b>1 000</b>	<b>360</b>	

En la siguiente Tabla se tabulan todos los compuestos orgánicos analizados y se indican en azul las sustancias con concentraciones superiores a los límites de detección de la técnica analítica:

Tabla N° 11. Compuestos orgánicos analizados en suelo

COMPUESTOS ORGÁNICOS ANALIZADOS EN SUELOS		
<b>Hidrocarburos totales del petróleo (TPH)</b>	1,2-Dibromoetano	Dieldrina
<b>Aceites minerales C10-C40</b>	Tribromometano	Endrín
<b>Hidrocarburos orgánicos volátiles</b>	Bromodichlorometano	alfa-HCH
Benceno	Dibromoclorometano	beta-HCH
Etilbenceno	1,2-Dibromo-3-cloropropano	gamma-HCH
Tolueno	Bromobenceno	delta-HCH
o-Xileno	<b>Clorobencenos</b>	<b>a-Endosulfán</b>
m,p-Xileno	Monoclorobenceno	a-Endosulfansulfato
Estireno	1,2-Diclorobenceno	a-Clordano
1,2,4-Trimetilbenceno	1,3-Diclorobenceno	gamma-Clordano
1,3,5-trimetilbenceno	1,4-Diclorobenceno	Heptacloro
n-Propilbenceno	1,2,3-Triclorobenceno	Heptacloroepóxido
Isopropilbenceno	1,2,4-Triclorobenceno	Hexaclorobutadieno
n-Butilbenceno	1,3,5-Triclorobenceno	Isodrín
sec-Butilbenceno	1,2,3,4-Tetraclorobenceno	Telodrín
tert-Butilbenceno	1,2,4,5 y 1,2,3,5-Tetraclorobenceno	<b>Tedión</b>
p-Isopropiltolueno	Pentaclorobenceno (como POC/PC)	<b>Pesticidas fosforados</b>
<b>Fenoles</b>	Hexaclorobenceno	Azinfos etil
Fenol	<b>Clorofenoles</b>	Azinfos metil
o-Cresol	o-Clorofenol	Bromofos-etil
m-Cresol	m-Clorofenol	Bromofos-metil
p-Cresol	p-Clorofenol	Cloropirifos-etil
2,4-Dimetilfenol	2,3-Diclorofenol	Cloropirifos-metil
2,5-Dimetilfenol	2,4/2,5-Diclorofenol	Cumafos
2,6-Dimetilfenol	2,6-Diclorofenol	Demeton-S / Demeton-O-etil
3,4-Dimetilfenol	3,4-Diclorofenol	Diazinón
o-Etilfenol	3,5-Diclorofenol	Disulfoton
m-Etilfenol	2,3,4-Triclorofenol	Fenitotrión
Timol	2,3,5-Triclorofenol	Fentiión
2,3/3,5-Dimetilfenol+4-Etilfenol	2,3,6-Triclorofenol	Malatión
<b>Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH)</b>	2,4,5-Triclorofenol	Paration-etil
<b>Naftaleno</b>	2,4,6-Triclorofenol	Paration-metil
Acenaftileno	3,4,5-Triclorofenol	Pirazofos
<b>Acenafteno</b>	2,3,4,5-Tetraclorofenol	Triazofos
<b>Fluoreno</b>	2,3,4,6/2,3,5,6-Tetraclorofenol	<b>Pesticidas nitrogenados</b>
<b>Fenantreno</b>	<b>Pentaclorofenol</b>	Ametrina
<b>Antraceno</b>	4-Cloro-3-metilfenol	Atrazina
<b>Fluoranteno</b>	<b>Bifenilos policlorados</b>	Cianacina
<b>Pireno</b>	PCB 28	Desmetrina
<b>Benzo(a)antraceno</b>	PCB 52	Prometrina
<b>Criseno</b>	PCB 101	Propazina
<b>Benzo(b)fluoranteno</b>	PCB 118	Simazina
<b>Benzo(k)fluoranteno</b>	PCB 138	Terbutilazina
<b>Benzo(a)pireno</b>	PCB 153	Terbutrina
<b>Dibenzo(a,h)antraceno</b>	PCB 180	<b>Otros pesticidas</b>
<b>Benzo(g,h,i)perileno</b>	<b>Cloronitrobenenos</b>	Bifentrina
<b>Indeno(1,2,3,cd)pireno</b>	o/p-nitrobeneno	Cipermetrina A, B, C, D
<b>Hidrocarburos clorados volátiles</b>	m-Cloronitrobeneno	Deltametrina
Tetraclorometano	2,3+3,4-Dicloronitrobeneno	Permetrina A
1,2-Dicloroetano	2,4-Dicloronitrobeneno	Propacloro
1,1,1-Tricloroetano	2,5-Dicloronitrobeneno	Trifluralin
1,1,2-Tricloroetano	3,5-Dicloronitrobeneno	<b>Ftalatos</b>
<b>1,1,1,2-Tetracloroetano</b>	<b>Otros CHC clorados</b>	Dimetilftalato
1,1,2,2-Tetracloroetano	2-Clorotolueno	Dietilftalato
<b>Tricloroetano</b>	4-Clorotolueno	Di-isobutilftalato
<b>Tetracloroetano</b>	1-Cloronaftaleno	Dibutilftalato
1,2-Dicloropropano	<b>Pesticidas orgánicos clorados</b>	Butilbencilftalato
1,3-Dicloropropano	<b>4,4-DDE</b>	Ftalato de bisetilhexilo
1,2,3-Tricloropropano	<b>2,4-DDE</b>	Di-n-octilftalato
1,1-Dicloropropeno	<b>4,4-DDT</b>	<b>Otros compuestos orgánicos</b>
cis 1,3-Dicloropropeno	<b>4,4-DDD / 2,4-DDT</b>	<b>Bifenilo</b>
trans 1,3-Dicloropropeno	<b>2,4-DDD</b>	Nitrobeneno
Dibromometano	Aldrín	<b>Dibenzofurano</b>

Tabla N° 12. Concentración de compuestos orgánicos en muestras de suelo.

COMPUESTOS ORGÁNICOS	MUESTRAS DE SUELO (mg/kg)						NGR RD 9/2005 (mg/kg)	CEQG (mg/kg)	ECA Suelos (mg/kg)
	S-1 (1.2-1.3 m)	S-2 (1.0-1.1 m)	S-3 (2.0-2.1 m)	S-4 (3.1-3.2 m)	S-5 (2.4-2.5 m)	S-6 (1.0-1.1 m)			
<b>Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH)</b>									
Aceites minerales C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	<38	<38	<38	<38	<38	95	50	-	-
Fracción C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	--	--	--	--	--	<6,0	-	-	5 000
Fracción C <sub>12</sub> -C <sub>16</sub>	--	--	--	--	--	<6,0	-	-	5 000
Fracción C <sub>16</sub> -C <sub>21</sub>	--	--	--	--	--	19	-	-	5 000
Fracción C <sub>21</sub> -C <sub>30</sub>	--	--	--	--	--	52	-	-	5 000
Fracción C <sub>30</sub> -C <sub>35</sub>	--	--	--	--	--	15	-	-	6 000
Fracción C <sub>35</sub> -C <sub>40</sub>	--	--	--	--	--	7,6	-	-	6 000
<b>Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH)</b>									
Naftaleno	0,04	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	10	22	22
Acenafteno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	100	-	-
Fluoreno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	-	-	-
Fenantreno	0,03	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	1,4	-	-	-
Antraceno	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,21	100	-	-
Fluoranteno	0,05	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	4,2	100	-	-
Pireno	0,04	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	3,6	100	100	-
Benzo(a)antraceno	0,03	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	2,2	20	10	-
Criseno	0,04	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	2	100	-	-
Benzo(b)fluoranteno	0,06	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	0,69	20	10	-
Benzo(k)fluoranteno	0,02	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	2,3	100	10	-

COMPUESTOS ORGÁNICOS	MUESTRAS DE SUELO (mg/kg)						NGR RD 9/2005 (mg/kg)	CEQG (mg/kg)	ECA Suelos (mg/kg)
	S-1 (1.2-1.3 m)	S-2 (1.0-1.1 m)	S-3 (2.0-2.1 m)	S-4 (3.1-3.2 m)	S-5 (2.4-2.5 m)	S-6 (1.0-1.1 m)			
Benzo(a)pireno	0,04	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1,7	2	0.7	0.7
Dibenzo(ah)antraceno	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,25	3	10	-
Benzo(ghi)perileno	0,03	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	0,82	-	-	-
Indeno(123cd)pireno	0,04	0,05	<0,01	<0,01	<0,01	1,2	30	10	-
HAP 10 VROM (suma)	0,32	0,41	--	--	--	16	-	-	-
HAP 16 EPA (suma)	0,42	0,57	--	--	--	21	-	-	-
<b>Hidrocarburos Clorados Volátiles</b>									
1,1,1,2-Tetracloroetano	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-	-
Tricloroetileno	1,6	1,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	70	-	-
Tetracloroetileno	15	100	0,3	<0,2	<0,2	<0,2	10	-	-
<b>Pesticidas Orgánicas Cloradas</b>									
4,4 -DDE	0,016	0,23	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	60	-	-
4,4 -DDT	0,004	0,094	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	20	12	12
4,4 -DDD/2,4 -DDT	0,002	0,033	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	-
2,4 -DDD	<0,001	0,006	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	70	-	-
DDT/DDE/DDD (suma)	0,022	0,17	0,005	--	--	--	-	-	-
a-Endosulfán	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,13	60	-	-
Tedion	0,015	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	-	-
<b>Otros Compuestos Orgánicos</b>									
Bifenilo	<0,005	0,008	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	-	33

*Nota: En rojo se muestran las concentraciones que superan los valores establecido por el Real Decreto Real Decreto RD 9/2005, Canadian Soil Quality Guidelines, Estándares de Calidad Ambiental – ECA para suelos D.S. N° 002-2013-MINAM para uso industrial.*

De las determinaciones analíticas realizadas en las muestras de suelo se extraen las siguientes observaciones:

- Todas las muestras de suelo presentan concentraciones de metales inferiores a los establecidos por el RD 9/2005 para uso industrial.
- Las concentraciones de antimonio y molibdeno son inferiores a los límites de cuantificación de la técnica analítica.
- La muestra del sondeo S-6, situado delante del depósito aéreo de gasoil, presenta concentraciones de TPH ligeramente superiores al umbral de 50 mg/kg que establece el RD 9/2005.
- Las concentraciones de Tetracloroetileno de la muestra del sondeo S-2, situado en el almacén que antiguamente albergaba la sección de pintura, superan diez veces el correspondiente establecido por RD 9/2005.
- Del mismo modo, las concentraciones de Tetracloroetileno de la muestra del sondeo S-1, situado en la zona Este de producción, superan ligeramente el correspondiente establecido por RD 9/2005.
- Ambas muestras presentan trazas de otros compuestos clorados volátiles, concretamente: Tricloroetileno (S-1 y S-2) y 1,1,1,2-Tetracloroetano (S-2). La muestra del sondeo S-3, situado en la zona oeste de producción, presenta trazas de Tetracloroetileno.

### 6.5.3 Muestras de agua

Se han tomado seis (6) muestras de agua de los diferentes piezómetros instalados.

Las características determinadas en campo se muestran en las siguientes tablas:

**Tabla N° 13. Características de las muestras de agua**

Muestra	Profundidad NF (m)	Color	Olor	Turbidez	pH	Conductividad ( $\mu\text{S/cm}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
Pz-1	3.552	Incolora	No	Baja	6.99	1 703	23.1
Pz-2	3.508	Marrón claro	Sí, a disolvente	Media-alta	6.78	967	20.1
Pz-3	3.440	Marrón	No	Alta	7.01	2 022	22.0
Pz-4	3.152	Gris muy claro	Leve a materia orgánica	Baja	6.67	1 580	20.1
Pz-5	3.498	Incolora	Leve a materia orgánica	Baja	6.21	1 888	20.9
Pz-6	3.567	Incolora	No	Baja	6.76	2 150	20.8

Siendo: NF: Nivel freático

### 6.5.4 Resultados analíticos de las muestras de agua

En las tablas siguientes se muestran los resultados de las muestras de agua analizadas y se comparan con la normativa peruana, ECA para agua y también los niveles de referencia guía de la Circular Holandesa (Niveles Objetivo y de Intervención o indicativos de contaminación severa).

- Los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para Agua, Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

**Tabla Nº 14. Concentración de metales en muestras de agua subterránea.**

METALES	MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA (µg/l)						CIRCULAR HOLANDESA (µg/l)		ECA AGUA (µg/l)
	Pz-1	Pz-2	Pz-3	Pz-4	Pz-5	Pz-6	Nivel Objetivo	Nivel Intervención	
Arsénico	19	3,3	<3,0	26	<b>47</b>	8,3	10	60	50
Antimonio	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	-	20	6
Bario	120	90	190	220	130	120	50	625	1 000
Berilio	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	-	15	40
Cadmio	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	0,4	6	10
Cromo	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	1	30	50
Cobalto	1,3	<1,0	4,6	<1,0	<1,0	1,4	20	100	-
Cobre	<3,0	<3,0	<3,0	5,8	3,1	<3,0	15	75	2 000
Mercurio	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040	0,054	0,05	0,3	2
Plomo	<3,0	<3,0	<3,0	5,2	8,1	<3,0	15	75	50
Molibdeno	4,6	4,9	6	5,5	2,3	<2,0	5	300	-

**Tabla N° 14. Concentración de metales en muestras de agua subterránea.**

METALES	MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA (µg/l)						CIRCULAR HOLANDESA (µg/l)		ECA AGUA (µg/l)
	Pz-1	Pz-2	Pz-3	Pz-4	Pz-5	Pz-6	Nivel Objetivo	Nivel Intervención	
Níquel	3,1	<2,0	6,6	2	<2,0	2,6	<b>15</b>	<b>75</b>	<b>25</b>
Selenio	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	-	<b>160</b>	<b>50</b>
Estaño	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	-	<b>50</b>	-
Vanadio	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	-	<b>70</b>	<b>100</b>
Zinc	9,2	<5,0	<5,0	8,7	94	<5,0	<b>65</b>	<b>800</b>	<b>5 000</b>

*ECA - Estándares Nacionales de Calidad Ambiental Para Agua, Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.*

En la siguiente Tabla se tabulan todos los compuestos orgánicos analizados y se indican en azul las sustancias con concentraciones superiores a los límites de detección de la técnica analítica:

Tabla Nº 15. Compuestos orgánicos analizados en aguas

COMPUESTOS ORGÁNICOS ANALIZADOS EN AGUAS		
<b>Hidrocarburos totales del petróleo (TPH)</b>	Bromodichlorometano	4,4-DDE
Aceites minerales C10-C40	Dibromoclorometano	2,4-DDE
<b>Hidrocarburos orgánicos volátiles</b>	1,2-Dibromo-3-cloropropano	4,4-DDT
<b>Benceno</b>	Bromobenceno	4,4-DDD / 2,4-DDT
<b>Etilbenceno</b>	Clorometano	2,4-DDD
<b>Tolueno</b>	Diclorometano	Aldrín
<b>o-Xileno</b>	<b>Cloruro de vinilo</b>	Dieldrina
<b>m,p-Xileno</b>	<b>1,1-Dicloroetileno</b>	Endrín
<b>Estireno</b>	<b>trans 1,2-Dicloroetileno</b>	Suma Drinas
<b>1,2,4-Trimetilbenceno</b>	<b>cis 1,2-Dicloroetileno</b>	alfa-HCH
1,3,5-trimetilbenceno	2,2-Dicloropropano	beta-HCH
n-Propilbenceno	<b>Cloroetano</b>	gamma-HCH
Isopropilbenceno	Triclorofluorometano	delta-HCH
n-Butilbenceno	Bromometano	a-Endosulfán
sec-Butilbenceno	Bromoclorometano	a-Endosulfansulfato
tert-Butilbenceno	<b>Clorobencenos</b>	a-Clordano
p-Isopropiltolueno	<b>Monoclorobenceno</b>	gamma-Clordano
<b>Fenoles</b>	1,2-Diclorobenceno	Heptacloro
<b>Fenol</b>	1,3-Diclorobenceno	Heptacloroepóxido
<b>o-Cresol</b>	1,4-Diclorobenceno	Hexaclorobutadieno
<b>m-Cresol</b>	1,2,3-Triclorobenceno	Isodrín
p-Cresol	1,2,4-Triclorobenceno	Telodrín
2,4-Dimetilfenol	1,3,5-Triclorobenceno	Tedión
2,5-Dimetilfenol	1,2,3,4-Tetraclorobenceno	<b>Pesticidas fosforados</b>
2,6-Dimetilfenol	1,2,4,5 y 1,2,3,5-Tetraclorobenceno	Azinfos etil
3,4-Dimetilfenol	Pentaclorobenceno (como POC/PC)	Azinfos metil
o-Etilfenol	Hexaclorobenceno	Bromofos-etil
m-Etilfenol	<b>Clorofenoles</b>	Bromofos-metil
Timol	o-Clorofenol	Cloropirifos-etil
<b>2,3,3,5-Dimetilfenol+4-Etilfenol</b>	m-Clorofenol	Cloropirifos-metil
<b>Hidrocarburos aromáticos policíclicos</b>	p-Clorofenol	Cumafos
Naftaleno	2,3-Diclorofenol	Demeton-S / Demeton-O-etil
Acenaftileno	2,4/2,5-Diclorofenol	Diazinón
Acenafteno	2,6-Diclorofenol	Diclorovos
<b>Fluoreno</b>	3,4-Diclorofenol	<b>Disulfoton</b>
<b>Fenantreno</b>	3,5-Diclorofenol	Fenitotrión
Antraceno	2,3,4-Triclorofenol	Fentiión
Fluoranteno	2,3,5-/ 2,4,5-Triclorofenol	Malatiión
Pireno	2,3,6-Triclorofenol	Paration-etil
Benzo(a)antraceno	2,4,6-Triclorofenol	Paration-metil
<b>Criseno</b>	3,4,5-Triclorofenol	Pirazofos
Benzo(b+k)fluoranteno	2,3,4,5-Tetraclorofenol	Triazofos
Benzo(a)pireno	2,3,4,6/2,3,5,6-Tetraclorofenol	<b>Pesticidas nitrogenados</b>
Dibenzo(a,h)antraceno	Pentaclorofenol	Ametrina
Benzo(g,h,i)perileno	4-Cloro-3-metilfenol	Atrazina
Indeno(1,2,3,cd)pireno	<b>Bifenilos policlorados</b>	Cianacina
<b>Hidrocarburos clorados volátiles</b>	PCB 28	Desmetrina
<b>Triclorometano</b>	PCB 52	Prometrina
Tetraclorometano	PCB 101	Propazina
<b>1,1-Dicloroetano</b>	PCB 118	Simazina
1,2-Dicloroetano	PCB 138	Terbutilazina
1,1,1-Tricloroetano	PCB 153	Terbutrina
1,1,2-Tricloroetano	PCB 180	<b>Otros pesticidas</b>
1,1,1,2-Tetracloroetano	<b>Cloronitrobencenos</b>	Bifentrina
1,1,2,2-Tetracloroetano	o/p-Cloronitrobenceno	Carbaril
<b>Tricloroetileno</b>	m-Cloronitrobenceno	Cipermetrina A, B, C, D
<b>Tetracloroetileno</b>	2,3-Dicloronitrobenceno	Deltametrina
1,2-Dicloropropano	2,4-Dicloronitrobenceno	Linuron
1,3-Dicloropropano	2,5-Dicloronitrobenceno	Permetrina A
1,2,3-Tricloropropano	3,4-Dicloronitrobenceno	Permetrina B
1,1-Dicloropropeno	3,5-Dicloronitrobenceno	Propacloro
cis 1,3-Dicloropropeno	<b>Otros CHC clorados</b>	Trifluralin
trans 1,3-Dicloropropeno	2-Clorotolueno	<b>Otros compuestos orgánicos</b>
<b>Dibromometano</b>	4-Clorotolueno	Bifenilo
1,2-Dibromoetano	1-Cloronaftaleno	Nitrobenceno
<b>Tribromometano</b>	<b>Pesticidas orgánicos clorados</b>	Dibenzofurano

**Tabla N° 16. Concentración de compuestos orgánicos en muestras de agua subterránea.**

COMPUESTOS ORGÁNICOS	MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA (µg/l)						NORMATIVA HOLANDESA (µg/l)		ECA AGUA (µg/l)	
	Pz-1	Pz-2	Pz-3	Pz-4	Pz-5	Pz-6	Nivel Objetivo	Nivel Intervención	A2	A3
<b>Hidrocarburos Totales del Petróleo (TPH)</b>										
Hidrocarburos Totales C10-C40	<100	<100	<100	<100	<100	<100	50	600	200	200
<b>Hidrocarburos Orgánicos Volátiles</b>										
Benceno	0,3	<10	<1,0	0,2	0,2	0,4	0,2	30	10	-
Etilbenceno	0,2	<10	<1,0	0,4	0,2	0,2	4	150	300	-
Tolueno	1,2	<10	1,7	6,4	0,3	1,6	7	1 000	700	-
o-Xileno	0,3	<10	<1,0	0,4	<0,1	<0,1	-	-	-	-
m,p-Xileno	0,5	16	<1,0	1	0,2	0,2	-	-	-	-
Xilenos (sum)	0,8	<20	<2,0	1,4	<0,2	<0,2	0,2	70	500	-
Estireno	<0,1	<10	<1,0	0,1	<0,1	0,2	6	300	-	-
1,2,4-Trimetilbenceno	0,2	<10	<1,0	0,3	<0,1	0,1	-	-	-	-
<b>Fenoles</b>										
Fenol	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	0,2	2 000	-	-
o-Cresol	2,5	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	<0,30	-	-	-	-
m-Cresol	<0,30	4	<0,30	24	<0,30	<0,30	-	-	-	-
Cresoles (suma)	2,5	4	--	24	--	--	0,2	200	-	-
2,3/3,5-Dimetilfenol + 4-Etilfenol	<0,02	<0,02	<0,02	0,16	<0,02	<0,02	-	-	-	-
<b>Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH)</b>										
Fluoreno	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	0,03	-	-	-	-
Fenantreno	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	0,003	5	-	-

Tabla Nº 16. Concentración de compuestos orgánicos en muestras de agua subterránea.

COMPUESTOS ORGÁNICOS	MUESTRAS DE AGUA SUBTERRÁNEA (µg/l)						NORMATIVA HOLANDESA (µg/l)		ECA AGUA (µg/l)	
	Pz-1	Pz-2	Pz-3	Pz-4	Pz-5	Pz-6	Nivel Objetivo	Nivel Intervención	A2	A3
Criseno	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<b>0,003</b>	<b>0,2</b>	-	-
<b>Hidrocarburos Clorados Volátiles</b>										
Triclorometano	6,9	<20	7	<0,20	<0,20	<0,20	<b>6</b>	<b>400</b>	-	-
Tricloroetileno	28	<b>600</b>	<b>8,8</b>	<b>800</b>	<b>3,5</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>500</b>	-	-
Tetracloroetileno	<b>250</b>	<b>100</b>	<b>61</b>	<b>340</b>	<b>20</b>	<b>60</b>	<b>0,01</b>	<b>40</b>	-	-
Dibromometano	<0,10	<10	<1,0	1,7	<0,10	<0,10	-	-	-	-
Tribromometano	<0,10	<10	<1,0	1,4	<0,10	<0,10	-	-	-	-
Cloruro de vinilo	<b>520</b>	<b>190</b>	<b>71</b>	<b>320</b>	<b>280</b>	<b>150</b>	<b>0,01</b>	<b>5</b>	-	-
1,1-Dicloroetileno	<b>15</b>	<b>48</b>	<1,0	<b>84</b>	0,6	<b>75</b>	<b>0,01</b>	<b>10</b>	-	-
trans 1,2-Dicloroetileno	<b>56</b>	<5,0	2,3	<b>210</b>	0,26	<b>110</b>	<b>0,01</b>	<b>20</b>	-	-
cis 1,2-Dicloroetileno	<b>250</b>	<b>300</b>	<b>112</b>	<b>170</b>	<b>210</b>	<b>110</b>	<b>0,01</b>	<b>20</b>	-	-
Cloroetano	<0,10	<10	<1,0	<0,10	<0,10	5,9	-	-	-	-
1,1-Dicloroetano	0,3	<10	<1,0	<0,10	0,3	<0,10	<b>7</b>	<b>900</b>	-	-
<b>Clorobencenos</b>										
Monoclorobenceno	<0,05	<5,0	<0,5	0,3	<0,05	<0,05	<b>7</b>	<b>180</b>	-	-
<b>Pesticidas Fosforados</b>										
Disulfoton	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	0,06	-	-	-	-

A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.

A3: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.

**NOTA** : El sombreado verde indica que las concentraciones superan el Nivel de Intervención de la Normativa Holandesa.

De las determinaciones analíticas realizadas en las muestras de agua subterránea, se puede concluir que:

- Los metales detectados en las muestras presentan concentraciones inferiores a los valores umbral de ambas normativas de referencia.
- Se detectan elevadas concentraciones de hidrocarburos clorados volátiles, superando el Nivel de Intervención de la Normativa Holandesa, básicamente en dos zonas:
  1. La muestra del piezómetro Pz-2, situado en el almacén que albergaba la antigua zona de pintura, presenta las máximas concentraciones de Tetracloroetileno detectadas. Del mismo modo, las concentraciones de Tricloroetileno superan significativamente dichos umbrales.
  2. La muestra del piezómetro Pz-4, situado en otra zona, presenta también elevadas concentraciones de Tetracloroetileno, Tricloroetileno y, en menor medida, 1,1-Dicloroetileno, superando ambos valores umbral.
- Las muestras Pz-1 y Pz-6 presentan concentraciones de Tetracloroetileno superiores a los valores de intervención. En la muestra Pz-6 también se superan estos límites para las concentraciones de 1,1-Dicloroetileno.
- Todas las muestras superan, significativamente, el correspondiente Nivel de Intervención de la Normativa Holandesa para las concentraciones de cloruro de vinilo.
- Se detectan concentraciones poco significativas o traza de los siguientes compuestos organohalogenados: Triclorometano (Pz-1 y Pz-3), Tricloroetileno (Pz-1, Pz-3, Pz-5 y Pz-6), Dibromometano y Tribromometano (Pz-4), 1,1-Dicloroetano (Pz-1 y Pz-5).

- En general, se detectan trazas de BTEX.
- Las concentraciones de TPH detectadas en todas las muestras, son inferiores a los límites de cuantificación de la técnica analítica.

## CAPITULO VII

### DELIMITACIÓN DE ZONAS AFECTADAS

A partir de la evaluación de los resultados de la inspección llevada a cabo en el emplazamiento se detectan, básicamente, dos zonas impactadas significativamente por compuestos organoclorados, cuya extensión no se ha podido delimitar ya que precisa de un estudio de detalle. A continuación se describen ambas zonas:

a) Antigua sección de pintura

En el almacén que albergaba una antigua sección de pintura se encuentran las máximas concentraciones detectadas, en suelo y aguas, de Tetracloroetileno. Concretamente, la muestra de suelo superficial (entre 1.0 y 1.1 m de profundidad) del sondeo S-2 presenta concentraciones superiores al correspondiente al igual que la muestra de agua que supera los valores umbral de las normativas de referencia utilizadas.

Las observaciones organolépticas realizadas durante la realización del sondeo y las elevadas determinaciones de COV's, corroboran los resultados obtenidos.

Además, en la muestra de agua subterránea se detectan concentraciones elevadas de otros compuestos de la familia de los organoclorados.

Estos indicios apuntarían a una afección causada por las antiguas actividades que se desarrollaban en esta zona y su inmediato entorno: sección de pintura con uso o a base de disolventes y limpieza con disolventes organoclorados de las piezas de cobre. En este sentido, cabe destacar que la muestra de suelo presenta las máximas concentraciones de cobre, plomo y zinc.

b) Zona X

Las concentraciones de Tetracloroetileno son elevadas. Con presencia de Tricloroetileno.

Contrariamente, las concentraciones de los productos de degradación detectados (Cloruro de vinilo y, sobre todo, Dicloroetilenos) son más elevadas, indicativas de una mayor degradación y antigüedad.

## CONCLUSIONES

Como resultado de la reciente investigación realizada en el subsuelo de una instalación industrial, se extraen las siguientes conclusiones:

1. El subsuelo está formado por cuatro (4) unidades que se describen a continuación. Un primer nivel (Unidad A) de relleno formado por arenas, limos y gravas dispersas. Bajo este nivel, existen unos limos arenosos (Unidad B); cabe destacar que en el sondeo S-2, este nivel desprende olor a disolvente. Continúan en profundidad unas arenas de grano fino (Unidad C) con poca matriz y el último nivel corresponde a unas gravas de tamaño variable y arenas gruesas de color gris (Unidad D).
2. Se ha detectado nivel freático en todos los sondeos realizados, situándose a una profundidad media de 3.3 metros.

3. La circulación horizontal de agua subterránea se produce en las unidades C y D, formadas, respectivamente, por arenas finas y arenas gruesas y gravas.
4. Todas las muestras de suelo presentan concentraciones de metales inferiores a las correspondientes legislaciones. Respecto a molibdeno y antimonio son inferiores a los límites de cuantificación de la técnica analítica.
5. Las concentraciones de Tetracloroetileno de la muestra del sondeo S-2, situado en el almacén que albergaba una antigua sección de pintura, superan diez veces la correspondiente legislación. Las observaciones organolépticas y las elevadas concentraciones de COV's determinadas, corroboran este hecho.
6. En general, las concentraciones de metales detectados en las aguas subterráneas del emplazamiento son inferiores a los valores umbral de las normativas de referencia.
7. Se detectan elevadas concentraciones de hidrocarburos clorados volátiles, superando el Nivel de Intervención de la Normativa Holandesa (Tricloroetileno, Tetracloroetileno y 1,1-Dicloroetileno). Los valores máximos se detectan en dos zonas:

a) Antigua sección de pintura

En el almacén que albergaba una antigua sección de pintura se encuentran las máximas concentraciones detectadas, en suelo y aguas,

de Tetracloroetileno. Concretamente, la muestra de suelo superficial (entre 1.0 y 1.1 m de profundidad) del sondeo S-2 presenta concentraciones superiores al correspondiente al igual que la muestra de agua que supera los valores umbral de las normativas de referencia utilizadas. Corroboradas por observaciones organolépticas.

b) Zona X

Las concentraciones de Tetracloroetileno son elevadas. Con presencia de Tricloroetileno.

Contrariamente, las concentraciones de los productos de degradación detectados (Cloruro de vinilo y, sobre todo, Dicloroetilenos) son más elevadas, indicativas de una mayor degradación y antigüedad.

La afección únicamente se detecta en las aguas subterráneas

8. Las concentraciones de TPH detectadas en todas las muestras, son inferiores a los límites de cuantificación de la técnica analítica.

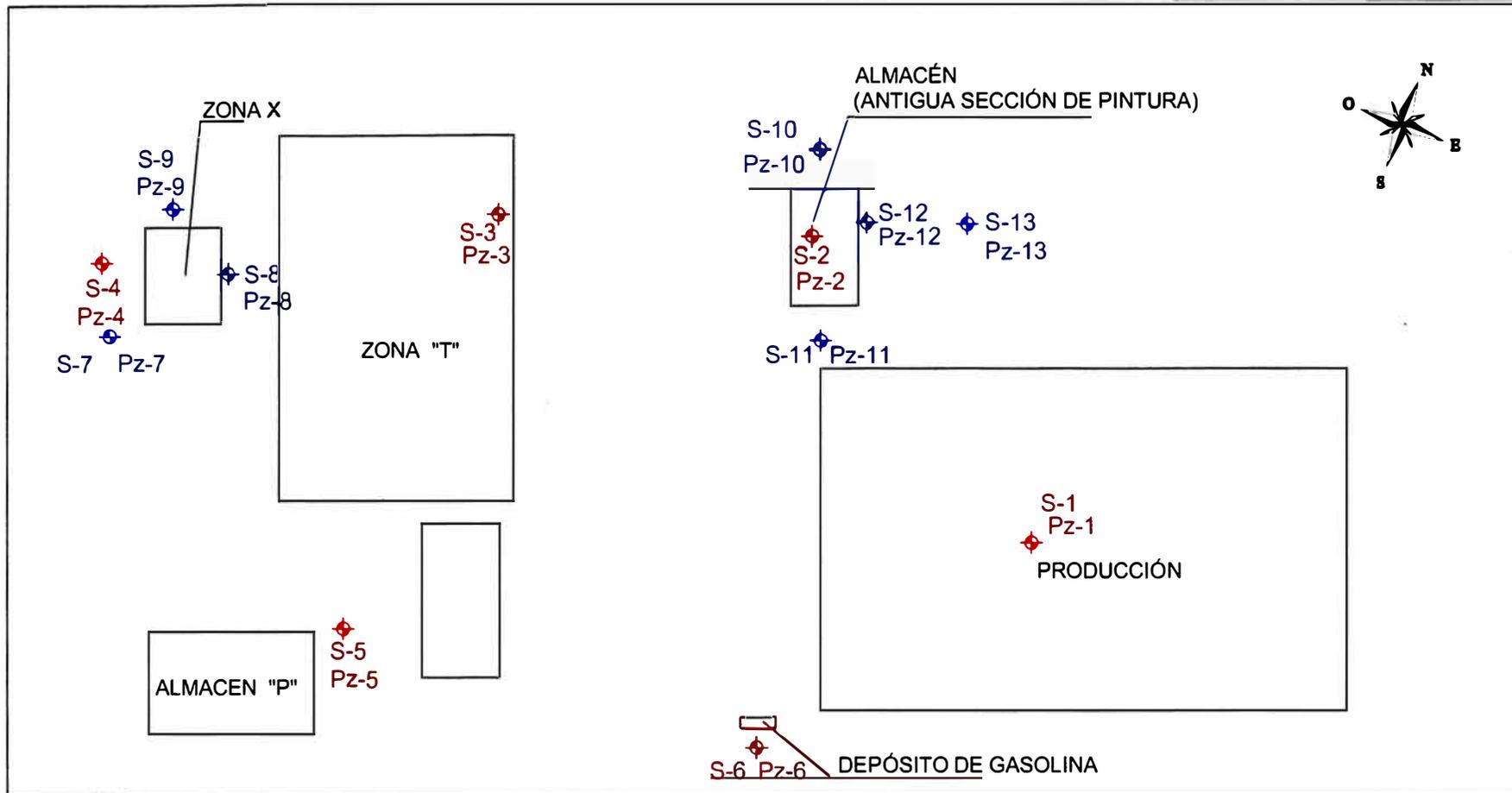
## RECOMENDACIONES

1. A la luz de los resultados obtenidos en la investigación, se cree conveniente la realización de una investigación complementaria de detalle, que permita delimitar la extensión de la afección detectada en el subsuelo del emplazamiento.

Para ello se prevé la realización de siete (7) nuevos sondeos, a una profundidad de 8 m y con instalación de piezómetros, distribuidos entre las dos zonas afectadas del siguiente modo, teniendo en cuenta la disponibilidad del espacio:

- Perforación de cuatro (4) sondeos en la zona del almacén que albergaba la antigua sección de pinturas y su entorno inmediato.
  - Perforación de tres (3) sondeos en la zona X y su entorno.
2. La situación de los sondeos propuesta se detalla en el Plano 5, Ampliación de la investigación de la presente memoria.
  3. Los piezómetros instalados dispondrán de las características técnicas necesarias para incorporarse, si se precisara, a un dispositivo de remediación del subsuelo (bombeo de agua, alto vacío, etc.).

4. Durante la realización de los sondeos se realizarán determinaciones de COV's a cada metro de perforación (ensayo Head Space), sistemática que ayudará en el proceso de toma de muestras.
5. Se estima necesaria la toma de una (1) muestra de suelo en cada uno de los sondeos. Del mismo modo, una vez instalados y desarrollados los piezómetros, se prevé la toma de una (1) muestra de agua en cada dispositivo.
6. A las muestras de suelos y aguas obtenidas en la campaña de muestreo, se aplicarán una serie de técnicas analíticas que permitan la caracterización de los contaminantes presentes.
7. En función de los resultados obtenidos se realizará un análisis de riesgos planteado y permitirá establecer, en el caso que sea necesario, los objetivos de remediación adecuados para suelos y aguas subterráneas.



LEYENDA

-  Pz-# Situación de los antiguos piezómetros de control
-  S-#  
Pz-# Situación de los nuevos sondeos/piezómetros



		<b>CARACTERIZACIÓN MEDIOAMBIENTAL DEL SUBSUELO DE UNA INSTALACIÓN INDUSTRIAL</b>	
		<b>AMPLIACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
REF.:			REALIZADO: E. Martínez
PLANO Nº: 05			REVISIÓN: 0
FECHA: 2012			
ESCALA: Gráfica			

## BIBLIOGRAFÍA

- INGEMMET, Boletín N° 043, Cuadrángulo de Lima (25i), Lurín (25j), Chancay (24i) y Chosica (24j), 1992
- Instituto Geográfico del Perú, Boletines sísmicos, 2011.
- Carlos E. Huamán Egoávil, Jorge F. Meneses Loja y Jorge E. Alva Hurtado, Microzonificación Sísmica de La Punta y El Callao.
- Gobierno Regional del Callao, Microzonificación.
- Estándares de Calidad del Real Decreto 9/2005 del 14 de enero. España.
- Canadian Environmental Quality Guidelines-CEQG. Canadá.
- Circular Holandesa (Niveles Objetivo y de Intervención o indicativos de contaminación severa). Holanda.
- D.S. N°02-2013 MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para suelo.
- D. S. N° 002-2008-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental para agua.

## **ANEXOS**

**ANEXO I**  
***COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA E INSTALACIÓN DE***  
***PIEZÓMETROS***

Nº Proyecto:		REGISTRO SONDEO																	
Calicata: S-1																			
Empresa Consultora:		Fecha de Inicio: 2012				DN piezómetro: 2"													
Contratista perforación:		Fecha de Finalización: 2012				Tipo de filtro: 0.5 mm													
Supervisor: Elva Martínez		Prof. Max. Alcanzada: 8 m				Tipo de Grava: Sílicea calibrada													
		Diamtro de Perforación: 101 mm				Muestra Litológica: 1,2 - 1,3 m													
Profundidad (m)	Litología	Descripción Litológica	COV Head Space	Muestra de Suelo	Observaciones Organolépticas						K Visual	Recuperación de Testigo				Construcción de Piezómetro			
					Alteración Color			Intensidad Olor				Saturación HC			N		B	M	A
					0	1	2	0	1	2		0	1	2					
0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	25	50	75							
0.00		Pavimento de hormigon																	
1.00		Relleno, formado por arenas limosas de color marrón rojizo con gravas mm dispersas	3,2																
		Presencia de materia orgánica																	
2.00			12,1																
3.00		Arenas finas de color marrón. A partir de 3,0 aumenta el tamaño de grano y presenta humedad	1.0																
4.00			1,6																
5.00		Arenas de tamaño medio a grueso de color grisáceo, con algo de matriz limosa. Olor a materia orgánica.	1,8																
6.00			0,0																
7.00			0,8																
8.00		De 7,7 a 8,0 m tramo limoso arcilloso con materia orgánica.	0,2																
9.00																			
10.00																			

OBSERVACIONES E INCIDENCIAS:

<b>Nº Proyecto:</b>	<b>REGISTRO SONDEO</b>
<b>Calicata: S-2</b>	

<b>Empresa Consultora:</b>	<b>Fecha de Inicio:</b> 2012	<b>DN piezómetro: 2"</b>
<b>Contratista perforación:</b>	<b>Fecha de Finalización:</b> 2012	<b>Tipo de filtro:</b> 0.5 mm
<b>Supervisor:</b> Elva Martínez	<b>Prof. Max. Alcanzada:</b> 8 m	<b>Tipo de Grava:</b> Sílicea calibrada
	<b>Diamtro de Perforación:</b> 101 mm	<b>Muestra Litológica:</b> 1,0 - 1,1 m

Profundidad (m)	Litología	Descripcion Litológica	COV Head Space	Muestra de Suelo	Observaciones Organolépticas						K Visual	Recuperación de Testigo				Construcción de Piezómetro			
					Alteración Color			Intensidad Olor				Saturación HC			N		B	M	A
					0	1	2	0	1	2		0	1	2					
0.00		Pavimento de hormigon																	
		Relleno, arcillas rojizas con gravas																	
1.00		Limos arenosos de color marrón. Presenta olor	585.0																
2.00		Arenas de grano fino de color marrón.	224.0																
3.00		Arenas de grano medio húmedas.	18,8																
4.00		Arenas de grano medio grueso con algo matriz limosa. Color gris oscuro. Olor a materia orgánica.	1412.0																
5.00			38,4																
6.00			34,6																
7.00		De 5,9 a 6,15 m tramo limoso con algo de arena fina o muy fina.	17,1																
8.00																			
9.00																			
10.00																			

OBSERVACIONES E INCIDENCIAS:

Nº Proyecto:	<b>REGISTRO SONDEO</b>
Calicata: S-3	

Empresa Consultora:	Fecha de Inicio: 2012	DN piezómetro: 2"
Contratista perforación:	Fecha de Finalización: 2012	Tipo de filtro: 0.5 mm
Supervisor: Elva Martínez	Prof. Max. Alcanzada: 8 m	Tipo de Grava: Sílicea calibrada
	Diamtro de Perforación: 101 mm	Muestra Lilógica: 2,0 - 2,1 m

Profundidad (m)	Litología	Descripcion Litológica	COV Head Space	Muestra de Suelo	Observaciones Organolépticas									K Visual	Recuperación de Testigo	Construcción de Piezómetro		
					Alteración Color			Intensidad Olor			Saturación HC							
					0	1	2	0	1	2	0	1	2				N	B
0.00		Pavimento de hormigon																
		Relleno																
1.00		Limos arenosos de color marrón con algo de gravas dispersas. Presencia de materia orgánica																
2.00		Arenas de grano muy fino de color marrón con niveles limosos																
3.00		A 3,55 m las arenas presentan humedad.																
4.00																		
5.00		Arenas de grano medio/grueso de color grisáceo, con algo de matriz arenosa																
6.00																		
7.00		A 6,0 m de profundidad hay una disminución del tamaño de grano.																
8.00																		
9.00																		
10.00																		

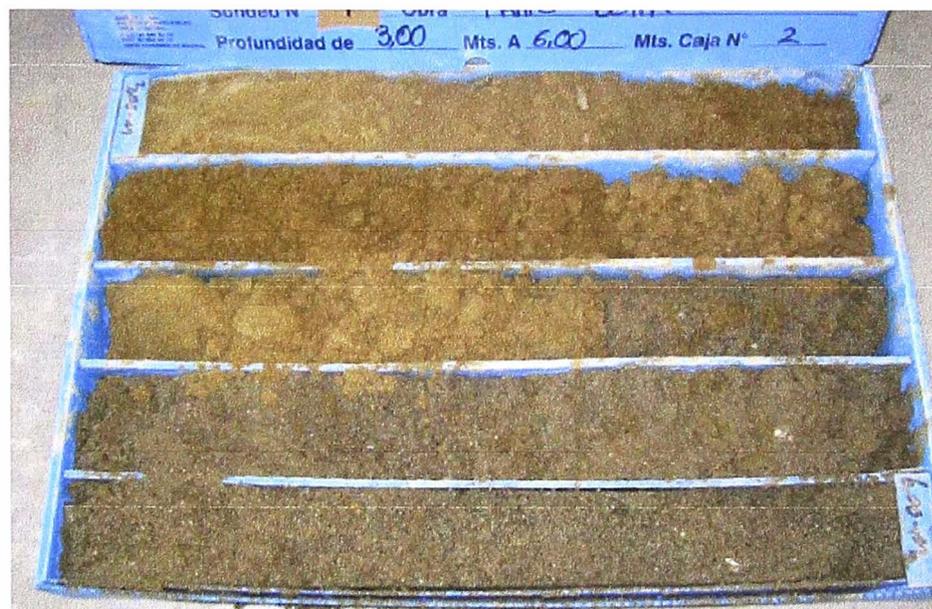
OBSERVACIONES E INCIDENCIAS:

**ANEXO II**  
***REPORTE FOTOGRAFICO***

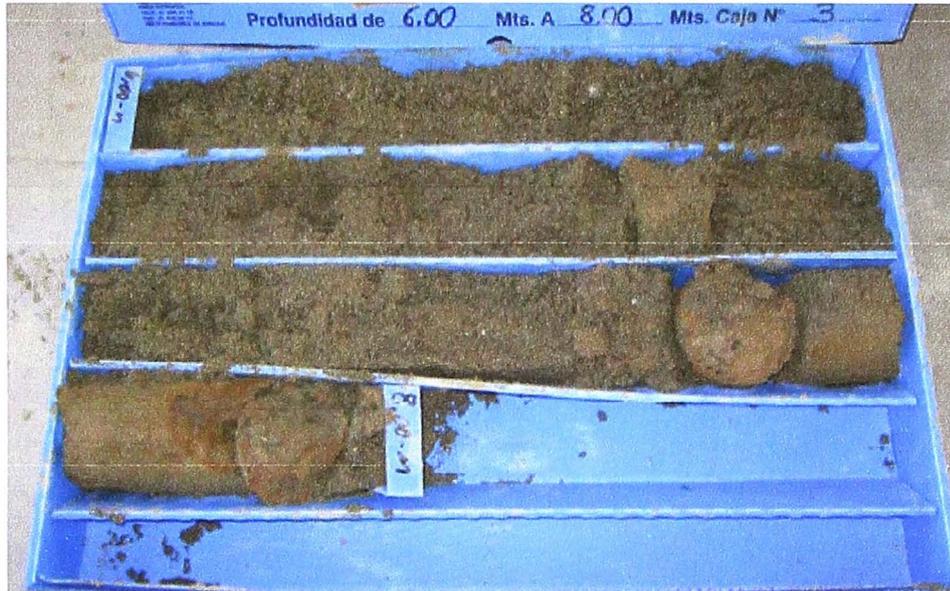
**Figura N° 1. Sondeo S-1 de 0,00 a 3,00 metros**



**Figura N° 2. Sondeo S-1 de 3,00 a 6,00 metros**



**Figura N° 3. Sondeo S-1 de 6,00 a 8,00 metros**



**Figura N° 4. Sondeo S-2 de 0,00 a 3,00 metros**



**Figura N° 5. Sondeo S-2 de 3,00 a 6,00 metros**



**Figura N° 6. Sondeo S-3 de 0,00 a 3,00 metros**



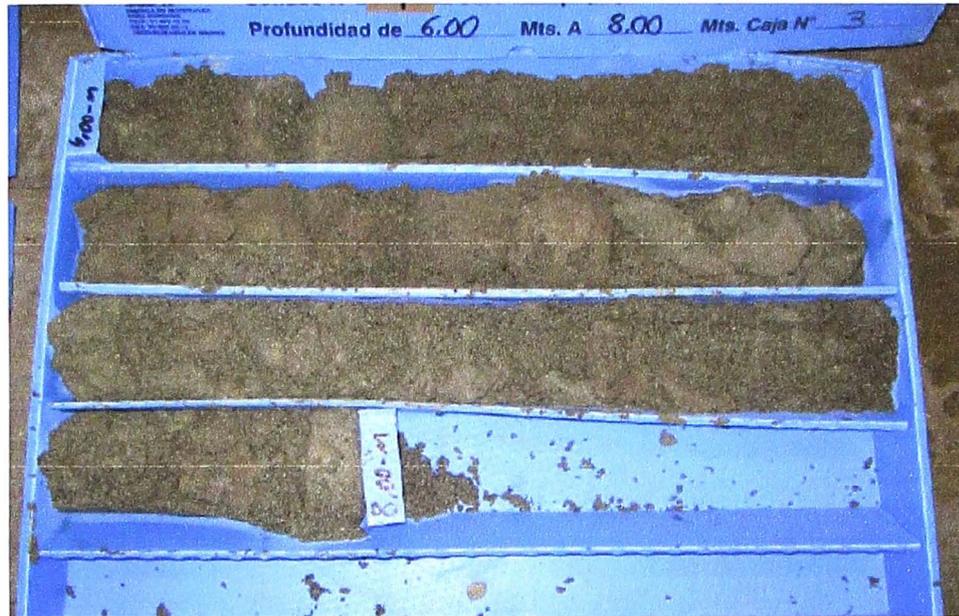
**Figura N° 7. Sondeo S-4 de 0,00 a 3,00 metros**



**Figura N° 8. Sondeo S-4 de 3,00 a 6,00 metros**



**Figura N° 9. Sondeo S-4 de 6,00 a 8,00 metros**



**Figura N° 10. Sondeo S-5 de 0,00 a 3,00 metros**



**Figura N° 11. Sondeo S-6 de 0,00 a 3,00 metros**



**Figura N° 12. Sondeo S-6 de 3,00 a 6,00 metros**

