

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA**



**“HUELLA HÍDRICA, COMO INDICADOR DEL USO SOSTENIBLE  
DEL AGUA, EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE MINERALES  
SANTA ROSA DE JANGAS-HUARAZ-ANCASH-2014”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO SANITARIO**

**AUTOR:**

**BACH. LESLIE JOHANA PAUCAR JARA**

**ASESOR:**

**ING. GREGORIO SAENZ POHL**

**HUARAZ, ANCASH, PERÚ**

**AGOSTO-2015**





UNIVERSIDAD NACIONAL  
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"  
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE



ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PARA OPTAR EL  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO**

Los Miembros del Jurado Evaluador que suscriben, reunidos para la Ceremonia de Sustentación de la Tesis, que presenta la Señorita Bachiller: **LESLIE JOHANA PAUCAR JARA**.

Tesis Titulada: **"HUELLA HÍDRICA, COMO INDICADOR DEL USO SOSTENIBLE DEL AGUA, EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE MINERALES SANTA ROSA DE JANGAS - HUARAZ - ANCASH- 2014"**

Y atendida la exposición oral y oída las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas lo declaramos:

*APROBADA*

Con el calificativo de:

*CAZORCE (14)*

La presente copia concuerda con su original, doy fe.  
Huaraz,

17 NOV 2015

En consecuencia, queda en condiciones de ser **APROBADO** por el Consejo de Facultad y recibir el Título de:

**INGENIERO SANITARIO**

REG. VALERIO SANABRIA  
ABOGADO  
NOTARIO DE LA PROVINCIA DE HUARAZ  
INSCRIPCIÓN C.N.A. N° 05

De conformidad con los Artículos 48, 49, 50, 52, 53, 54 y 55 del Reglamento de Grado Académico de Bachiller y Títulos de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo".

Huaraz, 13 de JULIO del 2015.

Dr. PEDRO LIBERATO VALLADARES JARA  
Presidente

Ing. CIRO WALTER FERNANDEZ ROSALES  
Secretario

Ing. JUDITH ISABEL FLORES ALBORNOZ  
Vocal

Ing. GREGORIO SANTIAGO SAENZ POHL  
Asesor

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN<sup>1</sup>

Huaraz: 20/11/2023

Señor,  
**Dra. Consuelo Teresa Valencia Vera**  
 Vicerrectora de Investigación  
 Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo

<b>UNASAM</b>		
<b>VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN</b>		
<b>RECIBIDO</b>		
HORA:	<b>22 NOV. 2023</b>	FOLIOS:
		01
Nº REG.:	FIRMA: 	

**Presente.** –


De nuestra consideración,

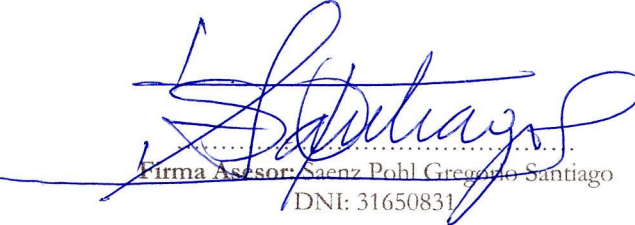
Yo, **Leslie Johana Paucar Jara**, egresada de la **Facultad de Ciencias del Ambiente** de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, identificado(a) con DNI **45114010** en conjunto con el asesor **Saenz Pohl Gregorio Santiago**, declaramos que este informe final de tesis titulado: **Huella Hídrica, como indicador del uso sostenible del agua, en la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas-Huaraz-Ancash-2014**, sustentado para obtener el título profesional de ingeniera sanitaria, es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son productos enteros de nuestra investigación y no han sido falseadas ni fabricados. Todo esto en cumplimiento con el Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos<sup>2</sup>, que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,

  
 .....  
 Firma Tesista: Leslie Paucar Jara  
 DNI: 45114010

  
 .....  
 Firma Asesor: Saenz Pohl Gregorio Santiago  
 DNI: 31650831

<sup>1</sup> En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N-° 084-2022-SUNEDU/CD

<sup>2</sup> Los documentos están en: <https://investigacion.unasam.edu.pe/publicaciones/normas>

La versión vigente de este documento es la que se encuentra en el Repositorio Institucional, Cualquier copia impresa es considerada copia NO CONTROLADA y se debe verificar su vigencia

## DEDICATORIA

*Dedico la presente tesis a Evannie, mi pequeña hija que ha sido el motor de mis esfuerzos, la inspiración de mis logros y la razón por la cual, cada día aspiro a más. A mis padres Julio Paucar Olortegui y Maura Jara Genebrozo por estar conmigo en cada día de mi formación profesional, por el apoyo para que concrete lo iniciado y aún con todos los caminos largos que decidí tomar, decirme al final que lo hice bien, a mis hermanos Vanessa, Jessenia y Jonh por estar conmigo de cerca y en la distancia con su apoyo incondicional.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco al Ing. Gregorio Sáenz Pohl como mi asesor, por el apoyo para el desarrollo de la presente tesis y las facilidades brindadas para hacer posible su culminación, así como a las ingenieras Verónica y Mirtha por las facilidades al acceso de la información de la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas, y por el apoyo en los días de mediciones en campo.*

*Un agradecimiento especial a las instituciones Solar Project, Suizagua y ONG Agualimpia por la información brindada acerca de experiencias y aplicaciones realizadas en el Perú y otros países del Mundo.*

*También es preciso mencionar el agradecimiento a Vanessa y Jessenia por el apoyo en las visitas a la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas, como en la toma de datos necesarios para el desarrollo de la presente Tesis.*

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE .....	iv
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>ALCANCES Y CONTEXTO DE APLICACIÓN</b> .....	2
1.1. Planteamiento del Problema .....	4
1.2. Hipótesis .....	4
1.3. Objetivos .....	4
1.4. Fundamentación.....	5
1.5. Descripción del Ámbito de Investigación .....	6
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	11
2.1. Antecedentes .....	11
2.2. Marco Conceptual .....	16
2.3. Definición de Términos .....	22
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA</b> .....	24
3.1. Diseño de la Investigación .....	24
3.1.1. Tipo de Diseño de Investigación .....	24
3.1.2. Universo .....	24
3.1.3. Población .....	25
3.1.4. Muestra .....	25
3.1.5. Diseño y Caracterización de la Muestra .....	25
3.1.6. Muestreo de Campo .....	33

3.2. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos .....	33
3.2.1. Definición del Alcance General .....	33
3.2.2. Procesamiento y Análisis de los Volúmenes de agua Medidos .....	38
3.2.3. Procesamiento de Datos de Inventario .....	39
3.2.4. Procesamiento y Análisis de los Resultados de Caracterización de las Aguas Residuales .....	44
3.2.5. Cuantificación de la Huella Hídrica .....	46
3.3 Recursos .....	64
3.3.1. Recursos Humanos .....	64
3.3.2. Bienes y Servicios .....	64
3.3.2.1. Bienes de Campo .....	64
3.3.2.2. Bienes de Gabinete .....	65
3.3.2.3. Servicios .....	65
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>66</b>
4.1. Resultados .....	66
4.1.1. Huella Hídrica .....	66
4.2. Discusiones .....	69
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>71</b>
5.1. Conclusiones .....	71
5.2 Recomendaciones .....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
ANEXOS .....	76

## ÍNDICE DE CUADROS

		PÁG
Cuadro N° 01:	Detalle de Accesos al área de estudio .....	7
Cuadro N° 02:	Huella Hídrica media y fuera del territorio en Países de Latinoamérica .....	12
Cuadro N° 03:	Disponibilidad de Recurso Agua por Categorías .....	17
Cuadro N° 04:	Clasificación de Estrés Hídrico .....	17
Cuadro N° 05:	Cuadro Resumen de Indicadores .....	22
Cuadro N° 06:	Porcentaje de Contenido de Agua en el Concentrado (VCC) .....	30
Cuadro N° 07:	Porcentaje de Contenido de Agua en el Relave de Mineral .....	31
Cuadro N° 08:	Datos de Insumos Químicos Usados en la Concentración de Minerales .....	33
Cuadro N° 09:	Porcentaje de agua contenido en el concentrad ...	40
Cuadro N° 10:	Porcentaje de Contenido de Agua en el Relave de Mineral (Qbr) .....	40
Cuadro N° 11:	Volumen de Agua Usado para la Dosificación de Reactivos .....	43
Cuadro N° 12:	Cálculo de Q2 (agua de aprovisionamiento).....	48
Cuadro N° 13:	Cálculo de QR (reboce del reservorio) .....	49
Cuadro N° 14:	Cálculo de QR2 (llegada del reboce a la PTAR industrial) .....	50
Cuadro N° 15:	Cálculo de Qsp (caudal usado en los subprocesos) .....	51
Cuadro N° 16:	Cálculo de Q3 (caudal de salida de los subprocesos) .....	52
Cuadro N° 17:	Cálculo de QC2 (caudal proveniente de los subprocesos y parte del relave) .....	53
Cuadro N° 18:	Cálculo de Q5 (Salida del relave de minerales) ...	54
Cuadro N° 19:	Cálculo de Qv (salida de la PTAR industrial-Efluente) .....	55
Cuadro N° 20:	Datos para cálculo de Huella Hídrica Directa Gris 1	63
Cuadro N° 21:	Datos para cálculo de Huella Hídrica Directa Gris 2	63



## ÍNDICE DE IMÁGENES

		<b>PÁG</b>
Imagen N° 01:	Ubicación de la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas .....	7
Imagen N° 02:	Generación de Huella Hídrica en la División el Teniente CODELCO .....	14
Imagen N° 03:	Diagrama de Flujo en la Planta Concentradora en la División el Teniente CODELCO .....	15
Imagen N° 04:	Diagrama de Flujo en la División el Teniente CODELCO .....	15
Imagen N° 05:	Huella Hídrica de un Productor o Consumidor .....	22
Imagen N° 06:	Puntos de Monitoreo en la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas .....	28
Imagen N° 07:	Puntos de Monitoreo en los Subprocesos en la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas .....	29
Imagen N° 08:	Subprocesos y Componentes del Proceso de Concentración de Minerales por Flotación .....	35
Imagen N° 09:	Esquema de Origen del Agua de aprovisionamiento en Época de Estiaje .....	37
Imagen N° 10:	Esquema de Origen del Agua de aprovisionamiento en Época de Avenida .....	37
Imagen N° 11:	Flujo de Agua Fresca, Agua Evaporada y Aguas Residuales en la Planta Concentradora de Minerales .....	38
Imagen N° 12:	Componentes del Flujo de Agua en los Subprocesos ....	39
Cuadro N° 13:	Resultados de la Caracterización de Aguas Residuales en Efluente .....	44

Imagen N° 14:	Resultados de Caracterización de Aguas Residuales en el Cuerpo Receptor .....	45
Imagen N° 15:	Agua Evaporada en la Planta Concentradora de Minerales .....	47
Imagen N° 16:	Agua Evaporada en la Planta Concentradora de Minerales .....	57
Imagen N° 17:	Agua Contenida en el Producto .....	59
Imagen N° 18:	Agua Vertida al Río Santa .....	60

## RESÚMEN

Con la presente Tesis se busca realizar una aproximación del cálculo de la Huella Hídrica del proceso de concentración de plomo, en la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas en el año 2014, así como analizar la posibilidad de la comparación de los resultados con datos obtenidos en otros estudios, debido a los múltiples criterios para el cálculo, teniendo como hipótesis que la Huella Hídrica del proceso de concentración de minerales mediante flotación es mayor a otras ya que en la Planta Santa Rosa no se ha implementado algún mecanismo de usos sostenible del agua, del mismo modo se busca evaluar la disponibilidad de datos para dichos cálculos.

Debido a la carencia de datos para el cálculo de la Huella hídrica anual, se realizó una aproximación mediante la medición en una campaña de concentración de 15 días de duración que posteriormente se proyecta para un año de producción. Para la determinación de las Huellas Hídricas Directas Azul y Gris fueron necesarios los datos de inventario como cantidades de insumos químicos usados, porcentajes de dilución de los mismos, porcentajes de contenido de agua en el relave de mineral y el concentrado de plomo; siendo necesario también las mediciones en campo de volúmenes de ingreso y salida de los componentes y subprocesos. Se obtuvo como resultado para la Huella Hídricas Directa Azul y Gris 25377.17 m<sup>3</sup>/año y 257607.80 m<sup>3</sup>/año, respectivamente; así también ha sido posible aproximar el valor de la HH Directa Azul del concentrado como producto, ya que en esta campaña se realizó solo la concentración de plomo, siendo este 1451.21 m<sup>3</sup>/año x Tn de concentrado de Plomo; tomando en cuenta que la delimitación del cálculo sería desde su ingreso a la Planta Concentradora de Minerales hasta su salida de ella como concentrado, propiamente dicho.

Dichos cálculos se han realizado mediante la adaptación de la metodología de WFP, elaborando relaciones matemáticas que han permitido su cálculo, identificando así el componente que aporta en mayor magnitud es el Agua que no Retorna, en época de estiaje, además se observa que la mayor cantidad de agua azul infiltrada, evaporada y/o perdida se localiza en la PTAR industrial, ello puede deberse a los espejos de agua, infiltración, pérdidas de agua así como a errores en las mediciones realizadas.

## ABSTRACT

With this thesis seeks to make an approach for calculating water footprint of concentration of lead in the Concentrator Plant Minerals Santa Rosa de Jangas in 2014, and to analyze the possibility of comparing the results with others obtained in other studies, due to the multiple criteria for the calculation, taking the hypothesis that the water footprint of concentration of minerals by flotation is greater than others because the plant Santa Rosa has not implemented a mechanism for sustainable water uses , just as it seeks to assess the availability of data for such calculations.

Due to the lack of data for the calculation of annual water footprint, an approach was made by measuring concentration in a campaign lasting 15 days projected for one year of production. For the determination of the direct water footprints Blue and Gray were necessary inventory data as amounts of chemical inputs used, dilution percentages thereof percentage content of water in the tailings of ore and lead concentrate; it is also necessary field measurements of input and output volumes of components and threads. Resulting in Hydric Footprint for Direct Blue and Gray 25377.17 m<sup>3</sup> / year and 257607.80, respectively; and it has also been possible to approximate the value of the Direct Blue HH Lead concentrate because this campaign was conducted only lead concentration and this 1451.21 m<sup>3</sup> / año x Tn Lead concentrate; considering that the definition of the calculation would be since joining the Concentrator Plant Mineral until they leave it as concentrated itself.

These calculations were performed by adapting the methodology of WFP, developed mathematical relationships that have enabled its calculation, thus identifying the component in greater numbers is the water that does not return in dry season also shows that the largest number of infiltrated, evaporated and / or lost blue water is located in the industrial wastewater treatment plant, this may be due to the ponds, infiltration, water leaks and errors in measurements performed. Concluding that the data obtained from the approximation can not be compared, but will serve as baseline data for the improvement and adaptation of the methodology used.



## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

La huella hídrica es un indicador del uso del agua dulce, geográficamente explícito, que no solo representa el volumen de agua utilizada y contaminada, sino también la localización geográfica y el momento del año en que ésta es utilizada. La determinación de indicadores como la huella hídrica en un sector específico como el de minería puede dar una idea del manejo que se le está dando al recurso hídrico en dicho sector.

En el caso específico de la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas surge la interrogante ¿La huella hídrica, como indicador del uso sostenible del agua, en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas-Huaraz-Ancash-2014 calculada con la metodología de la WFP, supera los valores promedio calculados para procesos o productos similares?; cabe mencionar que debido a la carencia de datos para el cálculo correspondiente a la Huella Hídrica del proceso de concentración de minerales en el año 2014, en la presente tesis se ha realizado una aproximación del cálculo de las Huellas Hídricas Azul y Gris que consiste en la simulación del cálculo en un periodo de duración de una campaña de concentración de plomo (Pb), que para el caso específico fueron 15 días; cuyos resultados han sido proyectados para el año 2014, obteniéndose de esta manera los valores aproximados de las Huellas Hídricas Azul y Gris del proceso de concentración de minerales (Plomo) en la Planta Santa Rosa de Jangas.

Dicha aproximación consiste en el cálculo de la Hídrica Directa Azul mediante la suma del volumen de agua contenida en el producto, agua que no es devuelta a la fuente de abastecimiento y el agua que es evaporada, infiltrada o que corresponde a pérdidas, ésta última resultará de la diferencia de caudales de ingreso y salida en los diferentes componentes y subprocesos que conforman el proceso de concentración de minerales, lo cual será detallado más adelante. Así también el Cálculo de Huella Hídrica Gris de un Proceso; puede expresarse en la cantidad de agua que es necesaria para diluir un contaminante hasta obtener un valor de concentración, que cómo mínimo deberá ser igual al valor natural del cuerpo receptor, para tal efecto se ha realizado la contabilización de los volúmenes de agua extraídos del Río Llancash, los volúmenes de disposición final y los resultados de la caracterización del efluente de la Planta así como del río Santa cien (100) metros aguas arriba del punto de descarga.

### **ALCANCES Y CONTEXTO DE APLICACIÓN**

El alcance de la presente tesis es la aproximación del cálculo de la Huella Hídrica Directa Azul y Gris, aplicando la metodología de la WFP al proceso de concentración de minerales por flotación en La Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas, el cual se desarrolló bajo las condiciones abajo detalladas, lo cual representa una limitación de la aproximación del resultado, siendo de aplicación netamente la adaptación del modelo WFP al caso específico, como primera aproximación en la PCM mencionada.

Las condiciones en las que se realizó la simulación y aproximación del cálculo de HH, fueron:

- La recopilación de información y datos necesarios para la aproximación de cálculos se realizaron en el mes de diciembre, época de avenida, durante 15 días ya que ese fue el tiempo de duración de una campaña de concentración. Para una aproximación de cálculo de HH con más exactitud debe realizarse durante al menos un año a fin de tomar en cuenta todos los factores de variación que

podrían afectar al resultado, para la presente tesis no fue posible el análisis de ese lapso de tiempo.

- La PCM procesa Plata, Zinc y Plomo, en muchos casos son polimetales; sin embargo, para este caso en la campaña mencionada se procesó solo plomo.
- Las condiciones de las instalaciones de agua potable y de recolección de los lixiviados, agua de rebose y otros, es deficiente, por tanto que se detectaron pérdidas de agua que no fueron cuantificadas.
- El abastecimiento de agua potable se realiza mediante una captación de agua conducida mediante un canal rústico, el agua proviene de dos fuentes en distintas épocas del año; es así que en la época de avenida el agua proviene del río Santa y vertida en el río luego de su uso en la PCM, lo que significa que el volumen de agua que no retorna a la fuente en esta época es 0; sin embargo en la época de estiaje debido a que es necesario el uso del canal de regadío por los pobladores de Jangas, se hace uso del agua proveniente del río Llancash, posteriormente el agua usada en el proceso de concentración se vierte al río Santa considerándose este volumen como valor del agua que no retorna. Se debe tomar en cuenta que la apertura del canal que conduce el agua del río Llancash se realiza según la necesidad de los regantes por lo que puede variar los datos para la estimación de la HH, para lo cual se debe tomar datos de un año a fin de aproximarlos. Para la presente tesis se ha asumido 6 meses de época de avenida y 6 meses de estiaje.
- Del mismo modo las horas de funcionamiento de la planta en una campaña no son continuas en algunas ocasiones, debido a problemas con los equipos o el desabastecimiento del agua, así también la interrupción completa del funcionamiento de la PCM se realiza al finalizar las campañas para el mantenimiento respectivo, en la presente tesis no se ha cuantificado el agua usada para el mantenimiento de los equipos.
- El agua potable que abastece a la PCM netamente para su uso en los servicios higiénicos, duchas y comedor, no proviene de la misma fuente, además de ello no se ha tomado en cuenta ya que no se está calculando la HH a nivel de empresa sino del proceso en sí.

## 1.1. Planteamiento del Problema

La falta de control y manejo del recurso agua en los procesos que involucran el procesamiento de los minerales en La Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas, debido a la falta de datos que permitan identificar los puntos de mayores gastos de agua, evitan el uso adecuado y optimizado del agua.

¿Cuál es la huella hídrica en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas-Huaraz-Ancash-2014?

## 1.2. Hipótesis

Considerando que en la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas no se ha implementado ningún sistema de gestión del uso del agua o de mecanismos de optimización, se formula la siguiente hipótesis:

La huella hídrica Directa (Azul y Gris), en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas, Huaraz, Ancash en el año 2014, supera los valores obtenidos en otras plantas similares.

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo General

Determinar la huella hídrica, como indicador del uso sostenible del agua, en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas-Huaraz-Ancash-2014.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Adaptar la metodología de WFP, para calcular la huella hídrica, como indicador del uso sostenible del agua, en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas-Huaraz-Ancash-2014.



- Identificar los componentes, procesos, recursos e insumos que contribuyen a la huella hídrica en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas-Huaraz-Ancash-2014.
- Determinar los datos necesarios para el cálculo de la huella hídrica y evaluar la disponibilidad de éstos, en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas-Huaraz-Ancash-2014.
- Diseñar el modelo WFP para calcular la huella hídrica en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas-Huaraz-Ancash-2014.
- Calcular la Huella Hídrica Directa Azul y Gris en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas-Huaraz-Ancash-2014.

#### **1.4. Fundamentación**

El cálculo de las Huella Hídricas Azul y Gris del proceso de concentración de minerales así como del “concentrado de plomo” como producto, en la Planta Concentradora de Jangas-Huaraz-Ancash, durante los 15 días de producción y la proyección de las mismas para el año 2014, aportará a la generación de datos y la evaluación de su validez.

Asimismo permitirá evaluar la aplicabilidad de la metodología desarrollada en el Manual de Water Footprint Network, así como la identificación de las limitaciones para la aplicación de la metodología en el caso específico, a fin de acondicionarla para el sector minería.

La identificación de los puntos críticos del consumo o uso de agua, mediante el cálculo de los volúmenes de agua evaporada, infiltrada o que corresponden a pérdidas, que para fines de este estudio se contabilizará el uso directo, permitirán

el control de dichos puntos críticos a fin de optimizar el agua, logrando así el uso sostenible de éste recurso en los diferentes procesos que involucran el procesamiento de los minerales.

También es preciso mencionar que las diferentes empresas del sector minería podrían optimizar recursos al identificar los puntos de pérdida o de uso excesivo e inadecuado del agua, sumándose así a las políticas de gestión de los recursos hídricos lo que significaría la preservación de las fuentes en cantidad y calidad.

Al elaborar los planes de optimización de la Huella Hídrica y al aplicarlos, las empresas mineras podrían tener mayor aceptación por parte de las poblaciones, incluyendo dentro de su plan la socialización de éste concepto y el cálculo del mismo a nivel domiciliario.

## 1.5. Descripción del Ámbito de Investigación

### 1.5.1. Ubicación y Acceso

Departamento	:	Ancash.
Provincia	:	Huaraz.
Distrito	:	Jangas



**Imagen N° 01:** Ubicación de la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas- Huaraz- Ancash

\* Fuente: Google Earth, 2014

El acceso a la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas se da a través de las vías siguientes:

TRAMO	TIPO DE VÍA	DISTANCIA	TIEMPO EN VEHÍCULO
HUARAZ – JANGAS	CARRETERA ASFALTADA	23 KM	35 MIN

**Cuadro N° 01:** Detalle de Accesos al Área del Estudio

\* Fuente: Elaboración propia, 2014

Existe transporte público en “combis” que circulan por el Callejón de Huaylas, costando S/. 2.00 el pasaje, siendo los más requeridos los que pertenecen a las líneas “E” y “10”, también mediante los vehículos que se dirigen hacia la ciudad de Carhuaz.

### 1.5.2. Características del Ámbito de Estudio

En la cuenca del río Santa, por encima de los 3500 msnm, constituidas por terrazas aluviales y marinas, abanicos zona correspondiente a ecosistemas de páramo y aluviales, dunas y mantos de arena. El flanco occidental tundras, predomina un clima frío y húmedo, sin embargo varía desde altitudes promedio de 200 msnm a los 3500 seco para el invierno (Mayo a Agosto). Entre los 1800 a msnm, se caracteriza por unidades geológicas de fuerte 3100 msnm, en ecosistemas de matorrales, estepas y pendiente y por estar intensamente disectadas por bosque, se asientan ciudades como Yungay, Caraz, numerosos valles profundos. La unidad del Altiplano se Carhuaz y Huaraz, predominando un clima seco en desarrolla en la sección oriental de la cuenca, otoño, invierno y primavera, templado y húmedo en aproximadamente desde los 3500 msnm, se caracteriza verano (Villanueva R., 2011).

Para la presente tesis se han identificado dos principales fuentes de agua, par su uso en la Planta, el río Santa y el río Llancash.

#### **Río Santa:**

La cuenca del río Santa se ubica en la Costa Norte del Perú, pertenece a la vertiente del Pacífico; drena un área total de 14,954 km<sup>2</sup>. Políticamente, se localiza en el departamento de Ancash, comprendiendo total o parcialmente las provincias: Bolognesi, Recuay, Huaraz, Carhuaz, Yungay, Huaylas, Corongo, Pallasca y Santa en el departamento de La Libertad: Santiago de Chuco,

Huamachuco. Geográficamente, sus puntos extremos se hallan comprendidos entre los 10°08' y 8°04' de Latitud Sur y los 78°38' y 77°12' de Longitud Oeste. Altitudinalmente, se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres de la Cordillera Occidental de los Andes, cuyos puntos más elevados están sobre los 4,000 msnm, que constituye la divisoria de aguas entre las cuencas de los ríos Marañón y Santa (divisoria continental) y cuyo punto más alto comprende al Nevado Huascarán Sur (6,768 msnm) (MINEM, 2012).

El río Santa nace en la laguna Aquash, (9°56'40"S, 77°11'44"O), ubicada en el extremo sudeste del Callejón de Huaylas, a una altitud aproximada de 3,944 m.s.n.m., en la provincia de Recuay, departamento de Ancash. Ésta vierte sus aguas a la laguna Conococha (10° 07' 42"S, 77° 16' 59"O), a través del río Tuco. A partir de la laguna Conococha, el río toma el nombre de Santa. Atraviesa el Callejón de Huaylas de sur a norte y el Cañón del Pato, siguiendo un curso noreste-sudoeste hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, al norte de la ciudad de Chimbote (ANA, 2012).

El río Santa cuenta con un desarrollo longitudinal aproximado de 316 Km desde su nacimiento hasta su desembocadura, presentando una pendiente promedio de 1.4%, la que se hace más pronunciada en el sector de 13 Km de longitud, comprendida entre las desembocaduras de las quebradas Cedro y Quitaraca, denominado "Cañón del Pato", en donde alcanza una pendiente del 4%. Desde sus nacientes, gran parte del recorrido se verifica en un valle de origen tectónico, encontrándose encajonado por las Cordilleras Blanca y Negra (MINEM, 2012). El escurrimiento superficial del río Santa se origina de las precipitaciones que ocurren en su cuenca alta y además de los deshielos de la Cordillera Blanca, cuyos aportes contribuyen a mantener una considerable descarga, aún en época de estiaje, lo cual hace del río Santa uno de los ríos más regulares de la Costa peruana. El río Tablachaca, cuyos orígenes se encuentran en la laguna Pelagatos, hace un gran recorrido, siendo sus tributarios: el Conchucos, Sacycacha, río Boca de Cabana por la margen izquierda y los ríos Angasmarca, Santiago, Patarata por

la margen derecha. El río Tablachaca se une con el río Santa en el poblado de Chuquicara a una altura de 440 msnm (MINEM, 2012).

### **Río Llancash:**

El caserío de Cahuish ubicado a 3230 m.s.n.m. es uno de los centros poblados más lejanos con los que cuenta el Distrito de Jangas. Pese a que se afirma y se conoce que la cordillera negra posee escasos recursos hídricos; en esta zona se puede evidenciar la presencia del río Rayushca, originado del ojo de agua “Ocupitac” en las zonas más altas de la cordillera, el cual permite el riego de los campos de los pobladores en las zonas bajas y cuyas aguas desembocan el río Llancash, río principal del Distrito de Jangas. El curso de este río ha permitido el origen de la quebrada Rayushca cuyo nombre significa donde cae el rayo; ubicada en la parte sur oeste de Cahuish a una altura de 3720 m.s.n.m. y su recorrido va de oeste a este desde Milluk; lugar de donde va descendiendo paulatinamente en función al trayecto del agua del río (MINCETUR, 2014).

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

The Water Footprint Network es una organización que ha obtenido **datos de la Huella Hídrica (HH) media de varios países latinoamericanos** y el porcentaje de huella existente fuera de los mismos. En el siguiente cuadro es posible observar la relación existente entre la cantidad de agua per cápita de un país y el porcentaje de esa HH que sale del territorio por la actividad del comercio internacional (AEC, 2013).

Estos son los datos de los países latinoamericanos que se encuentran en la base de información.

País	Huella hídrica media metros cúbicos per cápita por año	Porcentaje que sale del territorio
México	1.441	30%

Guatemala	762	15%
Belice	1.646	9%
El Salvador	870	24%
Honduras	778	11%
Nicaragua	819	14%
Costa Rica	1.15	21%
Panamá	979	24%
Cuba	1.712	10%
República Dominicana	980	6%
Haití	848	1%
Jamaica	1.616	32%
Guyana	2.113	7%
Colombia	812	16%
Venezuela	883	26%
Ecuador	1.218	7%
Perú	777	23%
Bolivia	1.206	7%
Brasil	1.381	8%
Paraguay	1.165	2%
Chile	803	39%
Argentina	1.404	6%

**Cuadro N° 02:** Huella Hídrica Media y fuera del Territorio en Países de Latinoamérica

\*Fuente: Water Footprint [www.waterfootprint.org](http://www.waterfootprint.org).

La HH mundial está estimada en 7,45 mil Km<sup>3</sup>/año, lo que supone 1.240 m<sup>3</sup>/persona/año (Hoekstra y otros, 2013).

Estados Unidos posee la mayor HH absoluta de todo el mundo, alcanza el doble del valor medio 2.480m<sup>3</sup>/persona/año, mientras que China presenta un valor mucho más bajo (700 m<sup>3</sup>/persona/año) (Hoekstra y otros, 2013).



Para la obtención de datos de HH que posteriormente servirían como base datos para el cálculo de la HH Indirecta de diferentes productos, procesos, etc., la Organización Mundial de la Alimentación (FAO) ha estudiado 285 productos agrícolas y 123 productos ganaderos.

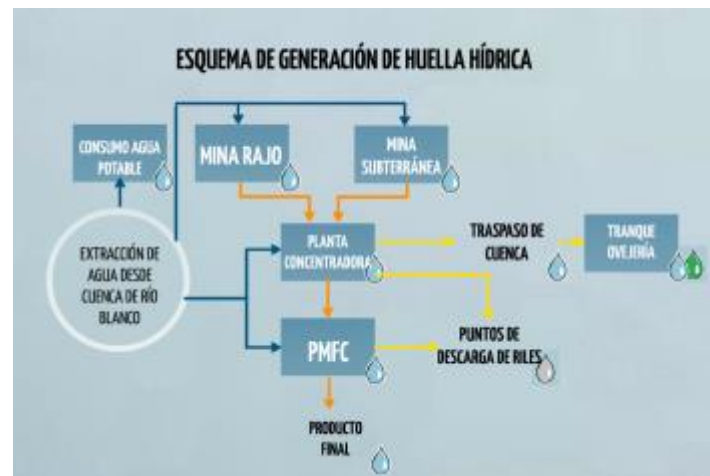
Asimismo en la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Civil (2011), el bachiller Manuel Antonio Garcés Valenzuela realizó la tesis **“Análisis Técnico de la Huella Hídrica como Indicador de Sustentabilidad del Uso del Agua en la Producción del Concentrado de Cobre en División el Teniente de Codelco”**, para obtener el título de ingeniero civil (Garcés, 2011). Se obtuvo como conclusiones:

- Las limitaciones encontradas al indicador WFP al ser aplicado en la DET se refieren principalmente en la delimitación geográfica, las variaciones en las precipitaciones y las regulaciones ambientales del país para el caso del cálculo de la HH Gris.
- Se comenta acerca de la importancia de contar con datos sobre consumo de agua, ya que no se contaba con dispositivos de medición de cantidad de agua que ingresa a cada proceso a fin de identificar los puntos de pérdida de agua, los que tuvieron que ser estimados.
- Los valores obtenidos de la WFP del concentrado de cobre en la DET fueron de 61 m<sup>3</sup>/año por tonelada de concentrado cobre en el escenario usando un modelo para la estimación de los valores detallados en el párrafo anterior y de 40 m<sup>3</sup>/año por tonelada de concentrado de cobre sin tomar en cuenta las variaciones interanuales.

- Finalmente, se concluye acerca de la importancia del perfeccionamiento y el desarrollo de nuevos indicadores de sustentabilidad, que contribuyan a lograr un desarrollo sustentable.

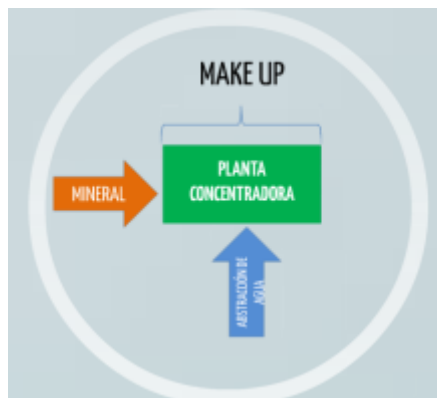
Como recomendaciones para optimizar los recursos hídricos son:

- El principal foco de HH es el traspaso de cuenca, las formas de disminuir este punto es aumentar %Cp al máximo punto permisible para el transporte de relaves.
- Posibilidad de rebombear agua desde el tanque de ovejería.
- Para un cálculo con mayor detalle es necesario incluir en los balances de agua divisionales, los balances de agua en áreas a parte de la Planta Concentradora (agua consumo humano, mina rajo y mina subterránea).



**Imagen N° 02:** Generación de Huella Hídrica en la División el Teniente de CODELCO

\*Fuente: Garcés, 2011



**Imagen N° 03** Diagrama de Flujo en la Planta Concentradora de la División el Teniente de CODELCO

\*Fuente: Garcés, 2011



**Imagen N° 04:** Diagrama de Flujo de la División el Teniente de CODELCO

\*Fuente: Garcés, 2011

## 2.2. Marco Conceptual

El recurso agua tiene características intersectoriales, dada su presencia en toda la actividad económica, social y de protección del medio ambiente de un país, región o localidad, los problemas de la variabilidad del clima y sobre todo las consecuencias negativas del cambio climático mundial, regional y local y la actividad antropogénica, le han conferido a las acciones de adaptación y mitigación de sus efectos sobre los recursos hídricos, de ahí que Organizaciones no Gubernamentales, grupos de expertos y muchos otros, hayan elaborado reportes conteniendo aproximaciones sobre la **evaluación y comportamiento del recurso agua, empleando indicadores generales y específicos**, para diferentes escalas temporales y espaciales (García y Cantero, 2009).

A continuación describo algunos de los indicadores sobre los recursos hídricos, entre ellos el Indicador clásico de Disponibilidad (IcD), el Indicador de Estrés Hídrico (IEH), así como la Huella Hídrica (HH) y Agua Virtual (AV).

**La Disponibilidad (IcD)** del recurso agua viene determinada desde un punto de vista general, en primera instancia, por las condiciones y comportamiento de las características climáticas e hidrológicas existentes, en su relación con otros componentes ambientales, por la densidad de población y su distribución espacial (García y Cantero, 2009).

Categoría	Disponibilidad per cápita por año	% de países
Muy bajo	1 000 m <sup>3</sup> o menos	14
Bajo	Entre 1 000 y 5 000 m <sup>3</sup>	37
Medio	Entre 5 000 y 10 000 m <sup>3</sup>	14

Alto	10 000 m <sup>3</sup> o más	35
------	-----------------------------	----

### Cuadro N° 03: Disponibilidad del Recurso Agua por Categorías

\*Fuente: WRI, 1986, mencionado por García y Cantero, 2009.

Otro indicador empleado para evaluar el estado de los recursos hídricos, es el denominado Indicador de **Estrés Hídrico** definido como el cociente resultante entre el volumen de agua empleado para la economía, sociedad y la protección del medio ambiente, respecto a los recursos renovables totales. Este indicador ofrece una idea acerca del balance entre el uso y los recursos de agua. Está orientado a estimular el incremento de los volúmenes de agua usados para satisfacer las necesidades de un país (García y Cantero, 2009).

No estrés	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
De 0 hasta 0.1	De 0.1 hasta 0.20	De 0.2 hasta 0.40	De 0.40 hasta 0.80	Mayor que 0.80

### Cuadro N° 04: Clasificación del Estrés Hídrico

\*Fuente: WRI, 1986, mencionado por García y Cantero, 2009.

Sobre el “**Agua Virtual**” Para entender mejor la HH es necesario relacionarla con el término “agua virtual” elaborado por John Anthony Allan, investigador del King's College de Londres. Según Allan, agua virtual es la cantidad usada para elaborar, embalar y transportar productos de consumo. De esta forma, en su intercambio comercial un país "exporta agua" mediante sus bienes producidos que a su vez se consumen en otros lugares. El contenido de agua virtual de un producto se refiere a la suma del recurso hídrico en las diferentes etapas de la cadena de producción, además, contabiliza la cantidad de agua que habría sido necesaria para producirlo en el lugar donde finalmente será consumido (Velásquez, 2009).

El cuestionamiento que surge de la obtención de la HH y el propósito de lograr es ¿Es posible reducir la HH? Sí, siempre que se tenga en cuenta (Garcés, 2011):

Cambiar el modelo de consumo sustituyendo los productos con elevada HH por otros cuya HH sea menor.

- Seleccionar el producto con menor HH o que la Huella del producto se dé en un área geográfica donde no haya escasez de agua.
- El reciclaje y la reutilización del agua puede ser una herramienta para la reducción de la HH Gris de los usos del agua.
- La innovación de los sistemas de riego y centralización en la aplicación de técnicas más eficaces para la captación de agua pluvial.
- La variación de estándares de consumo con relación a productos con menor contenido de agua virtual.
- La realización de campañas de concienciación entre la población, para que conozca sobre el tema y sus implicaciones.
- El etiquetado correspondiente de los productos, de manera que quede en evidencia el costo de los mismos en términos hídricos.
- El diseño y la planificación de las ciudades que puedan utilizar energía limpia y necesiten menos recursos hídricos en su desarrollo urbano.
- La generación de conciencia local, regional y mundial.
- La promoción de buenas prácticas en las residencias, en los comercios y negocios en relación al uso y consumo del agua.

Así como las ventajas y utilidad de la HH surgen desafíos como aprender que este concepto es una herramienta práctica para mostrar cómo los estándares de consumo afectan el uso del agua; cómo los futuros cambios en tales estándares pueden influenciar la existencia de los recursos hídricos; cómo los países pueden externalizar su HH a fin de reducir la presión sobre sus recursos domésticos y cómo algunos países se pueden beneficiar de su relativa abundancia hídrica, mediante la exportación de productos caros, en términos de utilización de recursos hídricos (Hoekstra, 2010).

Indicador	Fortalezas	Debilidades
<b>Indicador Clásico de Disponibilidad (lcD)</b>	Orientado eminentemente a evaluar los recursos hídricos naturales del país.	No incluye usos ni factores antrópicos. Su utilidad es principalmente descriptiva respecto a la riqueza natural del recurso.
<b>Huella Hídrica y Agua Virtual (HH y AV)</b>	Incluye factores antrópicos, tales como volumen y uso de las agua y su eficiencia, patrones de consumo, comercio entre países y condiciones naturales	Mayor necesidad de datos e informaciones para su evaluación. Proceso de cálculo más complejo.
<b>Indicador de Estrés Hídrico (IEH)</b>	Incluye volumen y uso de las aguas y condiciones climáticas. Estimula el aumento de las disponibilidades.	No considera elementos de eficiencia en su uso, ni patrones de consumo.

**Cuadro N° 05:** Cuadro Resumen de Indicadores

\*Fuente: García y Cantero, 2009.

Es importante conceptualizar **Huella Hídrica (HH)**, lo introdujo, en el 2002, el holandés Arjen Hoekstra, de la Universidad de Twente (Holanda), como el

volumen consumido de agua no solo como bebida directamente sino también en forma de alimentos, productos y servicios, es decir el volumen de agua necesaria para la producción de un bien o servicio consumido por un habitante de un país, industria, etc. Hoy, Hoekstra es director científico del Water Footprint Network cuyo objetivo primordial es servir de indicador y ser capaz de aportar más información que los indicadores tradicionales, basados en la producción y en la economía (Velásquez, 2009).

El concepto de HH permite considerar el uso del agua oculta a lo largo de la cadena de producción de bienes o servicios de consumo, dando información acerca de los efectos sobre el agua asociados a los hábitos de vida de las personas o poblaciones, o de producción de gremios o empresas. Este indicador multidimensional muestra los consumos de agua, según su origen, y los volúmenes de agua requeridos para la asimilación de la contaminación generada. Los componentes de la HH son explícitos geográfica y temporalmente.

La HH tiene diversas aplicaciones que incluyen la visión desde el consumo o la producción, para una persona o un grupo de personas, un productor o un grupo de productores, un producto o un grupo de productos, un área geográficamente delimitada. Para efectuar la medida de la HH se debe considerar factores como el volumen total del consumo, estándares de consumo hídrico, clima, etc.

Una evaluación de la HH total está compuesta de cuatro fases distintas:

- Establecer objetivos y su alcance
- Contabilizar la huella hídrica
- Evaluar la sostenibilidad
- Formular la respuesta.

Las HH pueden ser **Verde**, se refiere a la apropiación humana de agua verde, por lo tanto es la señal o marca que queda en el agua verde a causa de un proceso antrópico. Es cuantificada mediante la estimación o medición del consumo de



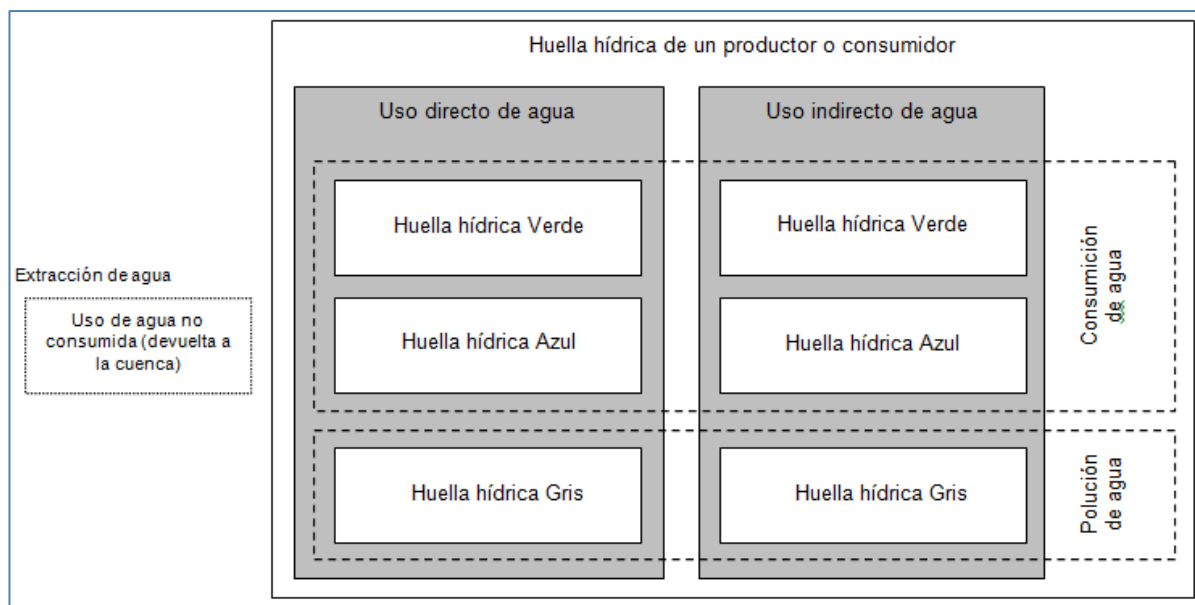
agua almacenada en el suelo proveniente de la precipitación, que no se convierte en escorrentía. Satisface una demanda sin requerir para ello de intervención humana. La HH Verde solo está presente en el sector agrícola y pecuario. Hace referencia a una reducción en la disponibilidad de agua verde por disminución en la cantidad a causa de la apropiación humana. (COSUDE, 2012).

**Azul**, Se refiere a la apropiación humana de agua azul, por lo tanto es la señal o marca que queda en el agua azul (ríos, lagos o acuíferos) a causa de un proceso antrópico. Es cuantificada mediante la estimación o medición de consumo de agua, asociado a una extracción de fuente superficial y/o subterránea para satisfacer la demanda originada en un proceso. Requiere de intervención humana directa. (COSUDE, 2012).

**Gris**, Se define como el volumen de agua dulce necesario para asimilar la carga de contaminantes por parte de un cuerpo receptor, tomando como referencia las normas de calidad ambiental, asociando los límites establecidos a una calidad buena para el ambiente y para las personas. Hace referencia a una reducción en la disponibilidad de agua por problemas de calidad asociados a un proceso antrópico. (COSUDE, 2012)

**Directa**, es el uso de agua por parte del productor para la producción, fabricación o las actividades de mantenimiento.

**Indirecta**, es el uso del agua en la cadena de distribución del productor.



**Imagen N° 05:** Huella Hídrica de un Producto o un Consumidor

\*Fuente: Manual WFPN, 2010

### 2.3. Definición de términos

- **Indicador:** Dato o información que sirve para conocer o valorar las características y la intensidad de un hecho o para determinar su evolución futura. (DRAE, 2002)
- **Sostenibilidad:** La Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2011, menciona “*La población mundial es de 7 mil millones y probablemente crecerá hasta los 9 mil millones en 2050. Ello supone el aumento de la demanda de recursos naturales que, a su vez, van disminuyendo, mientras se ahondan las diferencias en los ingresos. Hoy día, la sostenibilidad exige un nivel de vida decoroso que no comprometa las necesidades de las futuras generaciones*”, es decir la sostenibilidad es el uso de los recursos, asegurando las condiciones para tiempos futuros (ONU, 2011).
- **Uso Sostenible del Agua:** Ahora bien diferentes organizaciones han desarrollado planes para el uso sostenible de los recursos naturales, así con la escasez de recursos hídricos que se viene evidenciando notablemente, el concepto del Uso Sostenible del Agua no podía hacerse esperar, el uso y la gestión del recurso agua de tal forma de garantizar en cantidad y calidad

las condiciones para las futuras generaciones, que se incluye dentro de los conceptos de Desarrollo sostenible (ONU, 2011).

- **Recurso Hídrico:** recurso natural constituido por las reservas de agua en el planeta ya sea dulce o salada. (DRAE, 2002)
- **Agua:** Sustancia líquida sin olor, color ni sabor que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro formando ríos, lagos y mares, ocupa las tres cuartas partes del planeta Tierra y forma parte de los seres vivos; está constituida por hidrógeno y oxígeno (  $H_2O$  ). (DRAE, 2002)
- **Antropogénico:** El término antropogénico se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas. (DRAE, 2002)
- **Planta Concentradora de Minerales:** es una instalación industrial que utiliza diferentes procesos para lograr la concentración de la mineralización económica proveniente de minas a tajo abierto u otros tipos de extracción. (Garcés, 2011):

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Diseño de la Investigación

##### 3.1.1. Tipo de Diseño de Investigación

**Investigación cuantitativa**, porque el objetivo es establecer relaciones causales para explicar el objeto de investigación (WFP).

**Investigación aplicada**, porque tiene la finalidad de contribuir con la resolución de problemas prácticos inmediatos de ingeniería.

**Investigación exploratoria**, porque es una de las primeras aproximaciones para conocer la WFP en una planta de tratamiento de minerales en nuestra zona.

##### 3.1.2. Universo

El Universo para la presente tesis son las Plantas Concentradoras de Minerales.

### 3.1.3. Población

La población son las Plantas Concentradoras de Minerales con características similares a la de Santa Rosa, es decir que la concentración se lleve cabo mediante el proceso de Flotación.

### 3.1.4. Muestra

La muestra es la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa del distrito de Jangas, provincia de Huaraz, región Ancash, Perú.

### 3.1.5. Muestreo de Campo

#### 3.1.5.1. Identificación de Puntos de Muestreo

El 30 de noviembre de 2014 se realiza la visita de reconocimiento de los componentes del proceso de concentración de minerales por Flotación en la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas, a fin de identificar los puntos de monitoreo para la determinación de los valores necesarios para el cálculo de la HH del procesos de flotación.

Ya que la HH Azul está conformada por:

$$WF_{proc,azul} = \text{Agua Fresca Evaporada} + \text{Agua Fresca Incorporada} + \text{Agua que no retorna}$$

Se aclara que en el periodo de mediciones, la fuente de agua fue el río Santa, mientras que en época de estiaje es el río Llacash.

Para la obtención del valor del **agua incorporada en el producto** no se fijaron puntos de monitoreo; se obtuvieron datos del

laboratorio de la Planta, del porcentaje de agua contenido en el producto final.

Para la obtención de los datos de **agua que no retorna a la fuente de aprovisionamiento**, se definieron los puntos de monitoreo:

- **IR:** que se encuentra al ingreso del reservorio, donde se midieron los volúmenes de agua captada del canal proveniente del río Santa en época de avenida y del río Llancash en época de estiaje.
- **SP:** que se encuentra a la salida de la planta, se midió el volumen de agua vertida al río Santa.

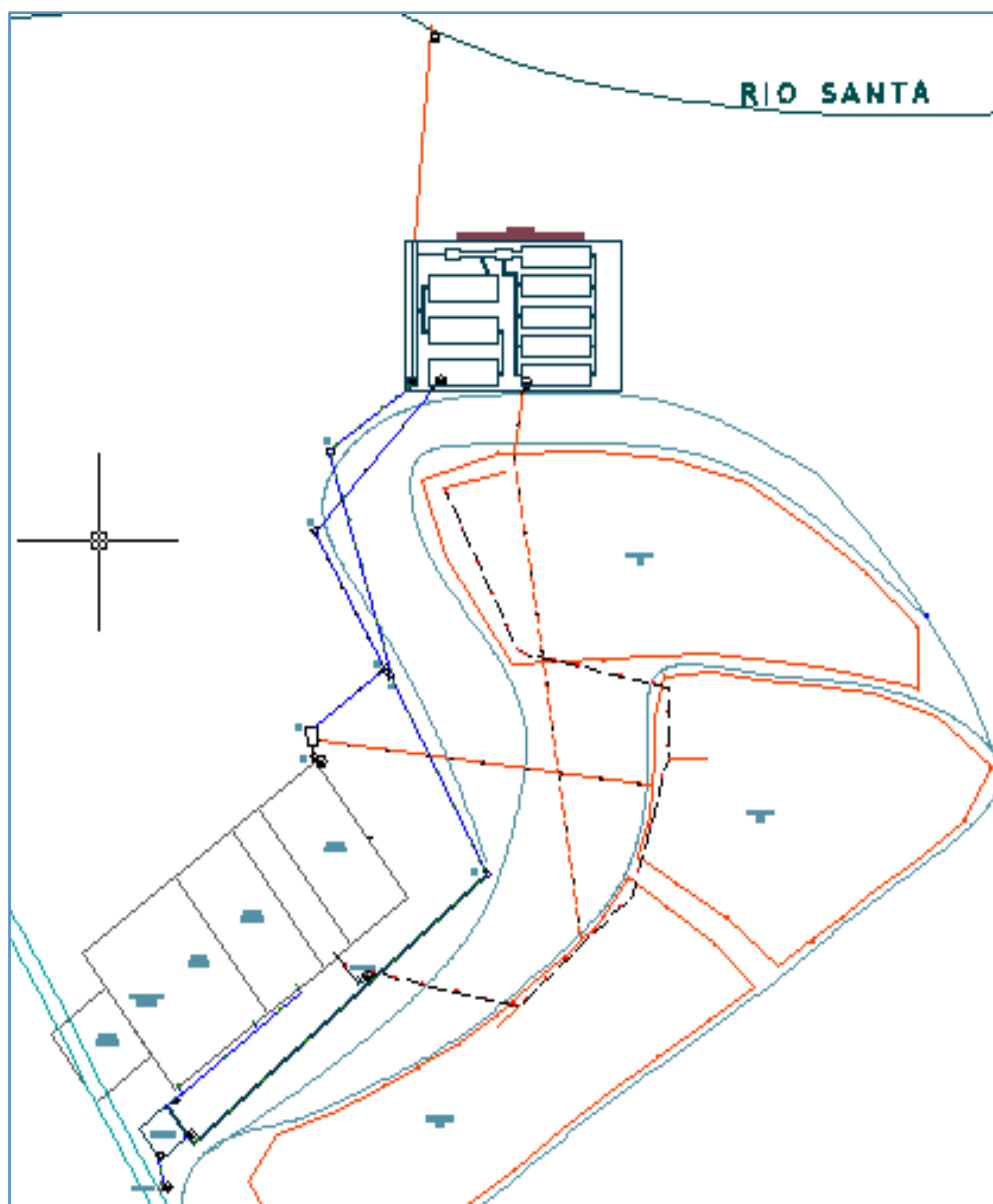
**Nota:** es necesario aclarar que para la época donde se realizaron las mediciones el agua es captada del río Santa y vertida en el río Santa, pero que para efectos del cálculo anual se tomará en cuenta también los meses en que el agua es captada del río Llancash y vertida en el río Santa.

Para la obtención de los datos de *agua infiltrada o evaporada, incluyendo pérdidas de agua no identificadas o no controladas ( $Q_i-e$ )*, fue necesario ubicar puntos de monitoreo antes y después de cada componente del proceso de concentración de minerales por flotación, a fin de calcular éste valor por diferencia de ingresos y salidas de agua, para lo cual se definieron los puntos de monitoreo:

- **IR:** se encuentran al ingreso del reservorio.
- **RR:** corresponde al reboce del reservorio.
- **SC7:** se encuentra a la salida de los subprocesos, al ingreso de la caja C-7.

- **1-24:** la sumatoria de todos los volúmenes medidos corresponden al agua usada en los subprocesos, Qsp.
- **RR2:** corresponde al reboce del reservorio luego del recorrido por un canal y vertido a la salida de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales.
- **SR1:** se encuentra en el ingreso de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales, se realizó la medición del volumen de agua de la plataforma 1 del relave minero.
- **SC2:** se encuentra también al ingreso de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales, se realizó la medición del volumen de agua de las plataformas 2.1 y 2.2 del relve minero, así como el agua residual de los subprocesos.
- **SP:** como ya se ha mencionado se encuentra a la salida de la planta, se midió el volumen de agua vertida al río Santa.

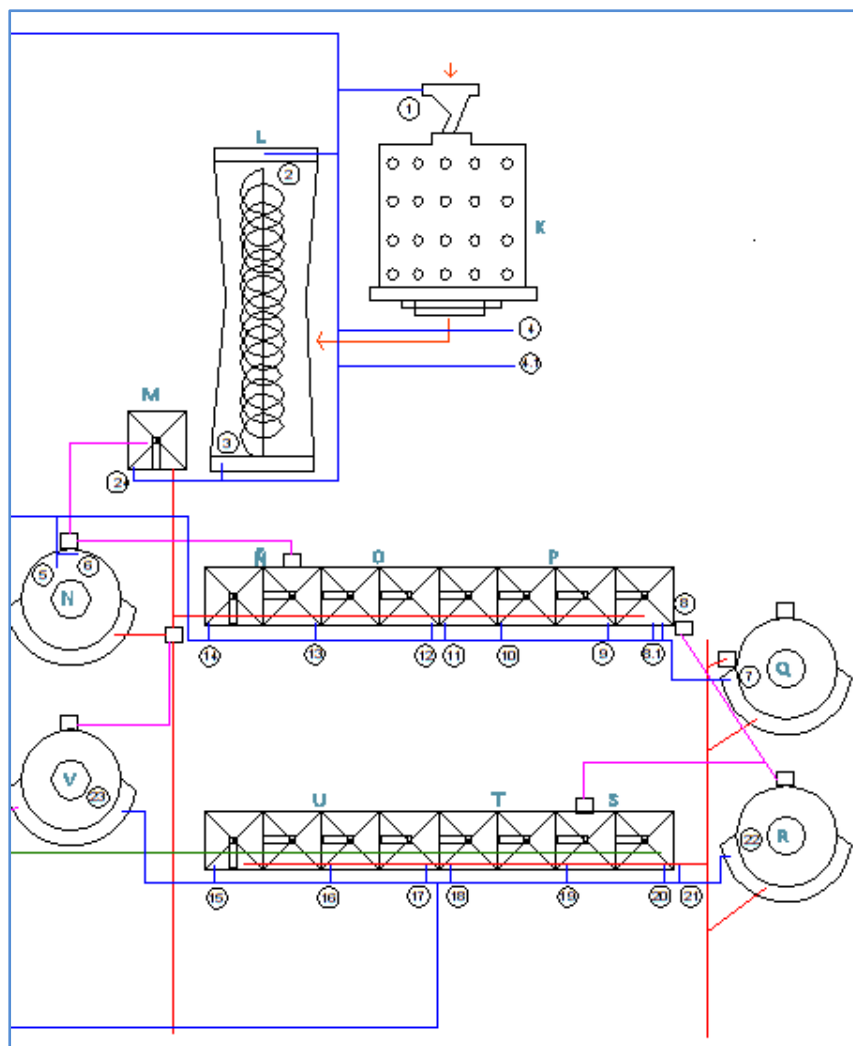
**Nota:** además de ello fue necesario obtener datos de contenido de agua en el relave de mineral bombeado hacia las plataformas y el agua usada en la dosificación de los reactivos que son adicionados a los diferentes subprocesos.



**Imagen N° 06:** Puntos de Monitoreo en la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas

\* Fuente: Elaboración propia. 2015





**Imagen N° 07:** Puntos de Monitoreo en los Subprocesos de la Concentración de Minerales en la Planta Santa Rosa de Jangas

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

### 3.1.5.2. Medición de Volúmenes de Agua

La información fue recolectada durante una campaña de concentración de mineral, que tuvo una duración de 15 días calendario, iniciándose a las 8:54 am el 20 de diciembre del 2014 y culminando a las 8:40 am del 05 de enero del 2015, con la medición y recolección de datos en una campaña completa se

espera obtener datos reales los cuales se proyectarán a un año de producción de la HH. En dicha campaña se ha procesado 1036 TN de mineral, obteniendo como producto 195 TN de concentrado de Plomo. Habiendo identificado los puntos de monitoreo se inicia con la medición de volúmenes de agua, mediante el método volumétrico, realizando una medición diaria de 5 repeticiones, con depósitos de 16 litros, 4 litros y 1 litro, según fue necesario.

Los datos de los tiempos medidos en cada punto de monitoreo se detallan en el **Anexo 1: Datos de Medición de Volúmenes de Agua**.

### 3.1.5.3. Toma de Datos de Inventarios

Para el cálculo de la HH Azul fue necesario obtener datos de porcentajes de agua contenido en el producto y para el cálculo de agua evaporada fueron necesarios los porcentajes de agua en el relave de mineral, así también sobre los insumos químicos y los volúmenes de agua para la dilución de ellos.

Para menos de 2 días de almacenamiento	15%
Para más de 2 días y menos de 10 días de almacenamiento	10%
<b>Valor Promedio</b>	<b>12.5%</b>

**Cuadro N° 06:** Porcentajes de Contenido de Agua en el Concentrado de Plomo (VCC)

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

<b>Porcentaje de agua (Relave de Mineral)</b>	60%
---	-----

**Cuadro N° 07:** Porcentaje de Contenido de Agua en el Relave de Mineral

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

<b>FECHA</b>	<b>COMPUESTO QUÍMICO</b>	<b>PESO (KG)</b>	<b>% DE DILUCIÓN</b>
<b>20/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	37	10
	Bisulfito de Sodio	20	10
	Xantato z-11	20	10
	Cianuro de Sodio	3	10
	F-70	6	10
	A-404	4	10
	A-3418	4	10
<b>21/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	17	10
	Cianuro de Sodio	3	10
	F-70	10	10
	D-250	10	10
<b>22/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	37	10
	Xantato z-6	20	10
	Cianuro de Sodio	3	10
	A-404	4	10
	A-3418	4	10
<b>23/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	37	10
	Cianuro de Sodio	3	10
	F-70	6	10
	Hidróxido de Sodio	20	10
<b>24/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	54	10
	Cianuro de Sodio	6	10
	F-70	14	10
	A-3418	4	10
	D-250	4	10
	Hidróxido de Sodio	20	10
	Floculante para el relave	4	10
<b>25/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	17	10
	Cianuro de Sodio	3	10
	F-70	8	10
	D-250	4	10

<b>26/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	27	10
	Bisulfito de Sodio	10	10
	Cianuro de Sodio	3	10
	F-70	6	10
	A-404	4	10
	Floculante para el relave	2	10
<b>27/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	17	10
	Xantato z-11	20	10
	Cianuro de Sodio	3	10
	A-404	4	10
	A-3418	4	10
<b>28/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	17	10
	Cianuro de Sodio	3	10
	F-70	6	10
	D-250	3	10
	Floculante para el relave	2	10
<b>29/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	17	10
	Cianuro de Sodio	3	10
<b>30/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	37	10
	Bisulfito de Sodio	20	10
	Xantato z-11	20	10
	Cianuro de Sodio	3	10
	F-70	6	10
	D-250	3	10
<b>01/01/2015</b>	Sulfato de Zinc	17	10
	Xantato z-11	20	10
	Cianuro de Sodio	3	10
	A-404	4	10
	A-3418	4	10
<b>02/01/2015</b>	Sulfato de Zinc	27	10
	Bisulfito de Sodio	10	10
	Cianuro de Sodio	3	10
	F-70	6	10
	A-404	4	10
	Floculante para el relave	2	10
<b>03/01/2015</b>	Sulfato de Zinc	37	10
	Bisulfito de Sodio	20	10
	Xantato z-11	20	10
	Cianuro de Sodio	3	10
	F-70	6	10
	D-250	3	10

<b>04/01/2015</b>	Sulfato de Zinc	17	10
	Cianuro de Sodio	3	10
	Floculante para el relave	2	10

**Cuadro N° 08:** Datos de Insumos Químicos Usados en la Concentración de Minerales

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

#### 3.1.5.4. Muestreo y Caracterización de Aguas Residuales Industriales

Se contrataron los servicios del Laboratorio de Calidad Ambiental de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, para el muestreo y caracterización del efluente de la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas.

Para obtener los datos de la concentración natural de los parámetros analizados en el efluente, se obtuvo el análisis del mes de noviembre del río Santa a 100 metros aguas arriba del punto de descarga.

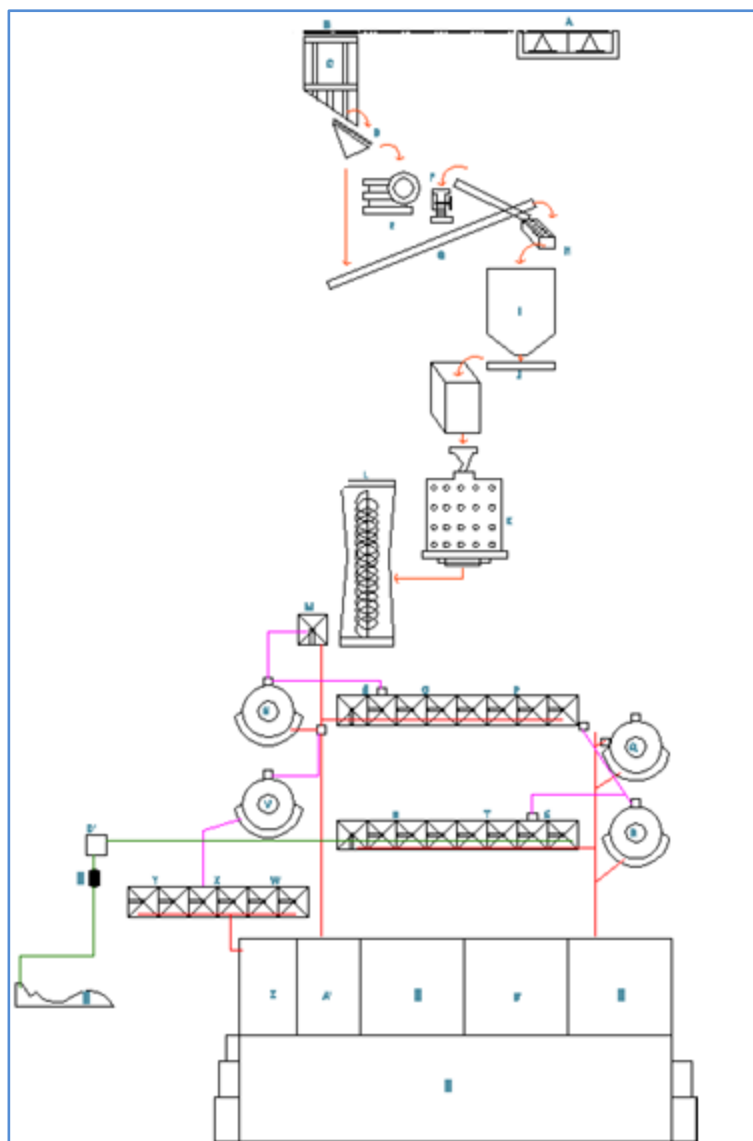
### 3.2. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

#### 3.2.1. Definición del Alcance General

Se optó por realizar una aproximación del cálculo de la HH del Proceso de Concentración de Minerales mediante Flotación, mediante la simulación del cálculo durante la duración de una campaña, que en este caso fueron 15 días, ya que no se dispone de datos suficientes para el cálculo de la HH a nivel de empresa, no obstante para dicha aproximación de la HH a nivel de proceso, ha sido posible la toma de datos en campo, sumándose a ello algunos datos proporcionados por la Entidad, que luego fueron proyectados a un año de producción.

El proceso de Flotación Química se compone de subprocesos:

- Tamizado: desde la llegada del mineral y después del paso por la tolva de gruesos, en este sub proceso no hay adición de agua alguna.
- Chancado: después del tamizado pasa por unas fajas hacia las chancadoras de quijadas y zarandas vibratorias, en este subproceso tampoco se hace uso de agua.
- Molienda: el mineral pasa por el molino de bolas, desde este subproceso se inicia el uso del agua, que posteriormente se detallará.
- Flotación: el mineral pasa por celdas de flotación, donde se les adiciona reactivos.
- Despacho: el mineral pasa a las Cochas de Concentrado donde el agua contenida se disminuye al mínimo (12.5% en peso).



**Imagen N° 08:** Subprocesos y Componentes del Proceso de Concentración de Minerales por Flotación

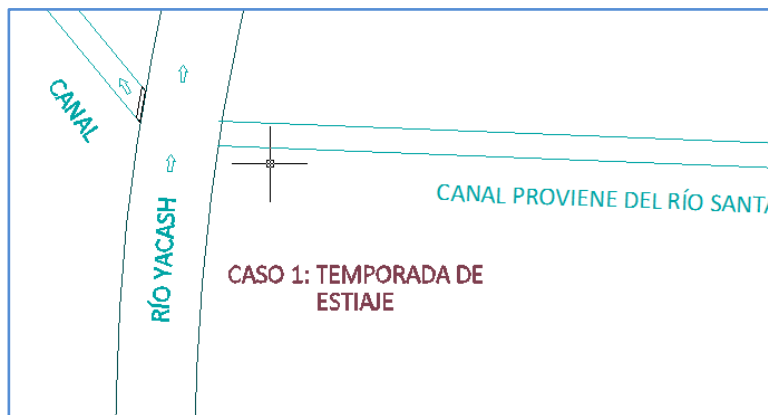
\* Fuente: Elaboración propia. 2015

Se citan a continuación los pasos básicos a seguir en el proceso de definición del alcance del proyecto que enmarcó el desarrollo del mismo en cuanto a la metodología aplicada y los resultados esperados y obtenidos, de forma que se consiga definir de manera clara y concreta los siguientes alcances:

- **Definir el Proceso exacto del cual se calculará la HH:** se identificó al Proceso de **Flotación**, el cual está conformado por los subprocesos de tamizado, chancado, molienda, flotación propiamente dicha y despacho.
  
- **Definir la consideración del consumo:** en el caso de la presente tesis se ha decidido considerar solo la **HH Directa Azul y Gris**, ya que los componentes más significativos que contribuirían a la HH Indirecta son los **insumos químicos** que se relacionan básicamente a la HH Gris y de los cuales no se cuenta con información sobre huellas hídricas medidas, otro componente es la **energía eléctrica** la cual como se menciona en el Manual de la WFP “debe ser considerada donde la energía proceda de biocombustibles o la electricidad proceda de la combustión de biomasa o energía hidráulica, porque estas formas de energía tienen una HH relativamente grande por unidad de energía” en este caso específicamente la energía producida por Duke Energy Perú es hidráulica, pero esta organización aún se encuentra en el proceso del cálculo de su HH. Al respecto nos limitaremos al Cálculo de HH Directa.
  
- **Definir el ciclo que se analizará:** como se ha descrito anteriormente se recolectó información de una campaña de producción de 15 días, obteniendo una HH promedio en **m<sup>3</sup> de agua/día**, la cual se proyectará al total de días de producción del año 2014, cuyo valor es 270 días ya que las campañas no son continuas, a fin de compararla con otro dato de HH similar.
  
- **Identificar las cuencas o micro cuencas afectadas,** en este caso la fuente de la cual se obtiene el agua para el proceso, es el Río Llancash en la temporada de estiaje (abril-octubre) y el Río Santa en temporada



de avenida (noviembre-marzo), la única fuente afectada por las descargas de efluente del proceso es el Río Santa.



**Imagen N° 09:** Esquema de Origen del Agua de aprovisionamiento en Época de Estiaje

\* Fuente: Elaboración propia. 2015



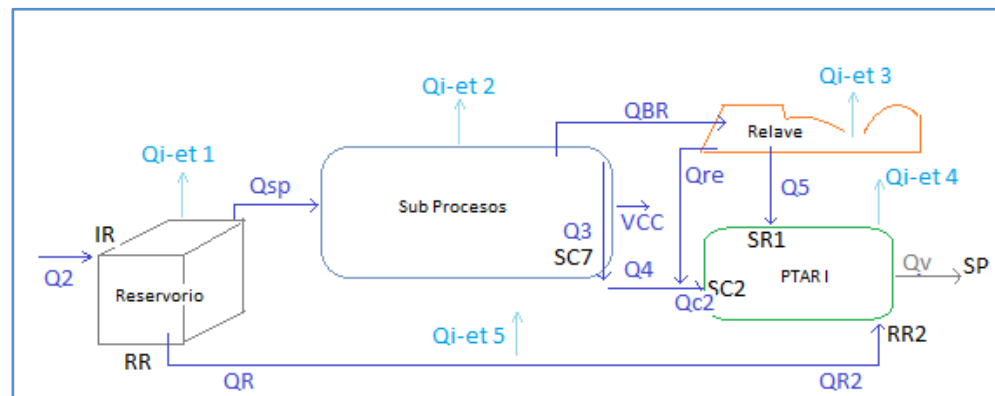
**Imagen N° 10:** Esquema de Origen del Agua de aprovisionamiento en Época de Avenida

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

### 3.2.2. Procesamiento y Análisis de los Volúmenes de Agua Medidos

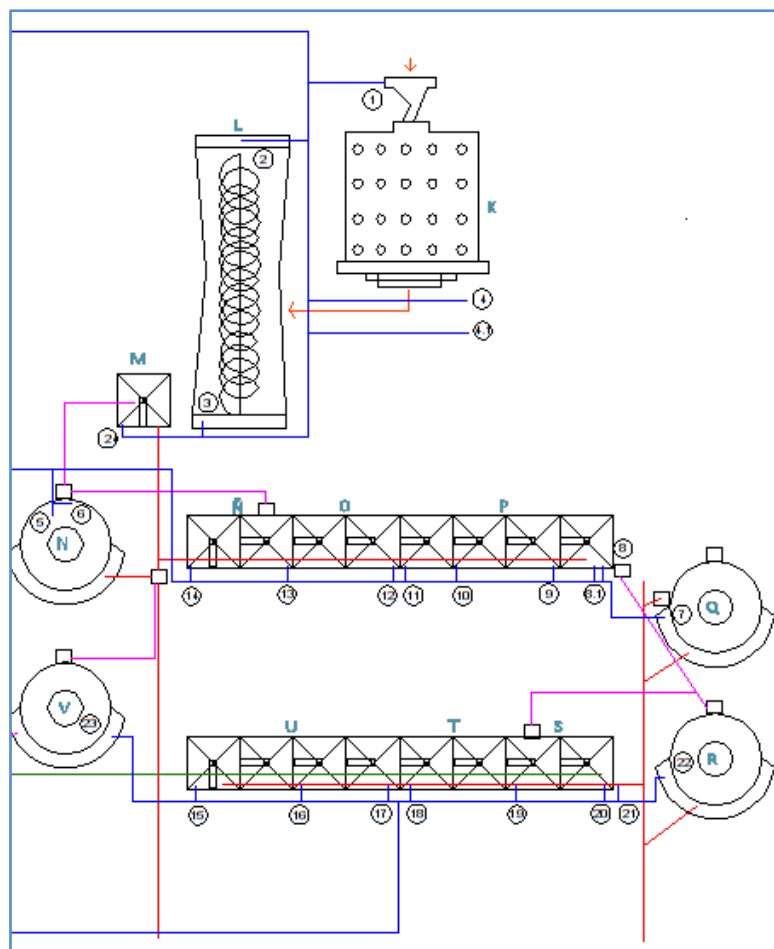
Para el cálculo de los volúmenes de agua necesarios para la detreminación de la HH, fue necesario el procesamiento de los datos obtenidos tanto en campo como de inventarios, el cual se realizó de la siguiente manera:

- Se eliminó el mayor y el menor valor de tiempo medido (segundos) de los 5 datos correspondientes a cada repetición de la medición volumétrica, que se realizó para cada punto de monitoreo.
- De los tres valores restantes de tiempo se halló el valor medio.
- Con cada valor de tiempo y el volumen de medición se determinó un caudal en l/s (litros por segundo), para cada uno de los días de la campaña de concentración de plomo.
- Con dichos datos se calculó el volumen usado en  $m^3/día$ , valores que posteriormente se usarán para el cálculo de cada uno de los componentes de HH Azul y Gris



**Imagen N° 11:** Flujo de Agua Fresca, Agua Evaporada y Aguas Residuales en la Planta Concentradora de Minerales

\*Fuente: Elaboración propia. 2015



**Imagen N° 12:** Componentes del Flujo de Agua en los Subprocesos

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

### 3.2.3. Procesamiento de Datos de Inventarios

#### Volumen de Agua Contenida en el Concentrado Final

De acuerdo al total de concentrado de plomo producido en la campaña, calculamos el volumen contenido en el concentrado en  $m^3/\text{día}$ , Para ello es necesario tomar los datos brindados por la Entidad, respecto al porcentaje de agua contenido en el producto final (concentrado de plomo).

Para menos de 2 días de almacenamiento	15%
Para más de 2 días y menos de 10 días de almacenamiento	10%
<b>Valor Promedio</b>	<b>12.5%</b>

**Cuadro N° 09:** Porcentaje de Agua Contenida en el Concentrado

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

De los datos de inventario, se tiene que el producto final de toda la campaña fue 195 toneladas de concentrado de plomo:

$$\text{Concentrado producido} = 195 \text{ TN} = 195000 \text{ Kg}$$

$$VCC = 195 \text{ TN} = \frac{195000 \times 0.125}{1000} = 24.735 \text{ m}^3$$

Ya que fueron 15 días de producción, entonces tenemos:

$$VCC = \frac{24.735}{15} = 1.625 \text{ m}^3 / \text{día} \dots\dots (1)$$

### Volumen de Agua Contenida en el Relave de Mineral

Conociendo el dato del caudal de bombeo se aplica el % de agua contenido en él, y es calculado un caudal de agua para los 15 días de campaña, no obstante este valor debe corregirse a las horas netas de funcionamiento de la bomba, que fueron 11 días sumando en total las horas netas diarias.

<b>Porcentaje de agua</b>	60%
---------------------------	-----

**Cuadro N° 10:** Porcentaje de Contenido de Agua en el Relave de Mineral

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

Con el caudal de bombeo de 5.6 l/seg indicado por el personal de la Planta Santa Rosa y el número de horas de funcionamiento de la bomba (264), el cual fue tomado del reporte de los operadores, obtendremos el volumen total contenido en el relave de mineral:

$$VRR = \frac{5.6 \times 0.6 \times 8.64 \times 15}{11} = 212.89 \text{ m}^3/\text{día}$$

### Volumen de Agua de Dosificación de Reactivos

Se obtuvo este valor de los datos de cantidad de insumos químicos usados en el proceso de concentración y el % de dilución que es 10% para todos los insumos químicos.

FECHA	COMPUESTO QUÍMICO	VOLUMEN (litros)
<b>20/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	370
	Bisulfito de Sodio	200
	Xantato z-11	200
	Cianuro de Sodio	30
	F-70	60
	A-404	40
	A-3418	40
<b>21/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	170
	Cianuro de Sodio	30
	F-70	100
	D-250	100
<b>22/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	370
	Xantato z-6	200
	Cianuro de Sodio	30
	A-404	40
	A-3418	40
<b>23/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	370
	Cianuro de Sodio	30
	F-70	60
	Hidróxido de Sodio	200
<b>24/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	540
	Cianuro de Sodio	60
	F-70	140
	A-3418	40
	D-250	40
	Hidróxido de Sodio	200
	Floculante para el relave	40
<b>25/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	170

	Cianuro de Sodio	30
	F-70	80
	D-250	40
<b>26/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	270
	Bisulfito de Sodio	100
	Cianuro de Sodio	30
	F-70	60
	A-404	40
	Floculante para el relave	20
<b>27/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	170
	Xantato z-11	200
	Cianuro de Sodio	30
	A-404	40
	A-3418	40
<b>28/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	170
	Cianuro de Sodio	30
	F-70	60
	D-250	30
	Floculante para el relave	20
<b>29/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	170
	Cianuro de Sodio	30
<b>30/12/2014</b>	Sulfato de Zinc	370
	Bisulfito de Sodio	20
	Xantato z-11	200
	Cianuro de Sodio	30
	F-70	60
	D-250	30
<b>01/01/2015</b>	Sulfato de Zinc	170
	Xantato z-11	20
	Cianuro de Sodio	30
	A-404	40
	A-3418	40
<b>02/01/2015</b>	Sulfato de Zinc	270
	Bisulfito de Sodio	100
	Cianuro de Sodio	30
	F-70	60
	A-404	40
	Floculante para el relave	20
<b>03/01/2015</b>	Sulfato de Zinc	370
	Bisulfito de Sodio	200
	Xantato z-11	200

	Cianuro de Sodio	30
	F-70	60
	D-250	30
<b>04/01/2015</b>	Sulfato de Zinc	170
	Cianuro de Sodio	30
	Floculante para el relave	20

**Cuadro N° 11:** Volumen de Agua Usado para la Dosificación de Reactivos

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

$$V_{DR} = \frac{8210}{15 \times 1000} = 0.55 \text{ m}^3/\text{día}$$

### 3.2.4. Procesamiento y Análisis de los Resultados de Caracterización de las Aguas Residuales

COD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	SP05
					Fecha de muestreo	05/01/2015
					Hora muestreo	12:30
					Código del laboratorio	AG140004
<b>SM</b>	<b>SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN DE CAMPO</b>					
SM5	Medición de Flujo (Caudal)	lt./seg.	(*)	1	< 1	
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H+ B.-Versión 2012 (*)	.....	7.27	
SM15	Óxigeno Disuelto (en campo)	mg/l	APHA 4500-O G (*)	0.01	7.67	
SM16	Temperatura (en campo)	°C	APHA 2550 B (*)	.....	20.1	
SM17	Turbiedad (en campo)	UNT	APHA 2130 B (*)	0.01	25.3	
<b>FQ</b>	<b>ANÁLISIS DE FÍSICOQUÍMICOS</b>					
FQ06	Cianuro Libre	mg/l CN <sup>-</sup>	Ácido barbitúrico-piridincarbóxico (*)	0.002	< 0.002	
FQ07	Cianuro Total	mg/l CN <sup>-</sup>	Ácido barbitúrico-piridincarbóxico (*)	0.002	< 0.002	
FQ08	Cianuro Wad	mg/l CN <sup>-</sup>	Ácido barbitúrico-piridincarbóxico (*)	0.002	< 0.002	
FQ12	Conductividad <sup>2</sup> (en laboratorio)	μS.cm <sup>-1</sup>	APHA 2510 B -Versión 2012	.....	446	
FQ28	Sólidos totales disueltos	mg/l	APHA 2540 C (*)	1	9	
FQ29	Sólidos totales en suspensión	ml/l	APHA 2540 D (*)	1	3	
FQ33	Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Bario sulfatp, turbidimétrico (*)	25	< 25	
FQ34	Sulfuros	mg/l S <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Dimetil-p-fenilendianina (*)	0.02	0.055	
<b>MT</b>	<b>METALES TOTALES</b>					
MT03	Arsénico total	mg/l As	Palata - DDTC (*)	0.05	< 0.050	
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cation (*)	0.002	< 0.002	
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02	< 0.02	
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbazida (*)	0.01	< 0.010	
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cetone de Michler (*)	0.025	< 0.025	
MT22	Níquel total	mg/l Ni	Dimetilgloxina (*)	0.02	< 0.02	
MT24	Plomo tota	mg/l Pb	PAR (*)	0.01	1.26	
MT32	Zinc total	mg/l Zn	CI-PAN (*)	0.05	2.32	
MT33	Cromo VI	mg/l Cr <sup>+6</sup>	Difenilcarbazida (*)	0.01	< 0.010	
<b>MD</b>	<b>METALES DISUELTOS</b>					
MD03	Arsénico disuelto	mg/l As	Palata - DDTC (*)	0.05	< 0.050	
MD08	Cadmio disuelto	mg/l Cd	Derivé de cation (*)	0.002	< 0.002	
MD11	Cobre disuelto	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0.02	< 0.02	
MD16	Hierro disuelto	mg/l Fe	Triazina (*)	0.005	< 0.005	
MD24	Plomo disuelto	mg/l Pb	PAR (*)	0.01	0.53	
MD32	Zinc disuelto	mg/l Zn	CI-PAN (*)	0.05	< 0.05	

**Imagen N° 13:** Resultados de Caracterización de Aguas Residuales en el Efluente

\* Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM, 2015



COD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	SP04
					Fecha de muestreo	28/10/2014
					Hora muestreo	9:23
					Código del laboratorio	AG140774
<b>SM</b>	<b>SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN DE CAMPO</b>					
SM5	Medición de Flujo (Caudal)	lt./seg.	(*)	1	< 1	
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H <sup>+</sup> B.-Versión 2012 (*)	.....	7,27	
SM15	Óxigeno Disuelto (en campo)	mg/l	APHA 4500-O G (*)	0,01	7,67	
SM16	Temperatura (en campo)	°C	APHA 2550 B (*)	.....	20,1	
SM17	Turbiedad (en campo)	UNT	APHA 2130 B (*)	0,01	25,3	
<b>FQ</b>	<b>ANÁLISIS DE FÍSICOQUÍMICOS</b>					
FQ06	Cianuro Libre	mg/l CN <sup>-</sup>	Ácido barbitúrico-piridincarboxílico (*)	0,002	< 0.002	
FQ07	Cianuro Total	mg/l CN <sup>-</sup>	Ácido barbitúrico-piridincarboxílico (*)	0,002	< 0.002	
FQ08	Cianuro Wad	mg/l CN <sup>-</sup>	Ácido barbitúrico-piridincarboxílico (*)	0,002	< 0.002	
FQ12	Conductividad <sup>2</sup> (en laboratorio)	µS.cm <sup>-1</sup>	APHA 2510 B -Versión 2012	.....	446	
FQ28	Sólidos totales disueltos	mg/l	APHA 2540 C (*)	1	9	
FQ29	Sólidos totales en suspensión	ml/l	APHA 2540 D (*)	1	3	
FQ33	Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Bario sulfato, turbidimétrico (*)	25	< 25	
FQ34	Sulfuros	mg/l S <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Dimetil-p-fenilendianina (*)	0,02	0,055	
<b>MT</b>	<b>METALES TOTALES</b>					
MT03	Arsénico total	mg/l As	Palata - DDTC (*)	0,05	< 0.050	
MT08	Cadmio total	mg/l Cd	Derivé de cation (*)	0,002	< 0.002	
MT11	Cobre total	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0,02	< 0.02	
MT12	Cromo total	mg/l Cr	Difenilcarbazida (*)	0,01	< 0.010	
MT20	Mercurio total	mg/l Hg	Cebne de Michler (*)	0,025	< 0.025	
MT22	Niquel total	mg/l Ni	Dimetilgloxina (*)	0,02	< 0.02	
MT24	Plomo total	mg/l Pb	PAR (*)	0,01	1,26	
MT32	Zinc total	mg/l Zn	CI-PAN (*)	0,05	2.80	
MT33	Cromo VI	mg/l Cr <sup>+6</sup>	Difenilcarbazida (*)	0,01	< 0.010	
<b>MD</b>	<b>METALES DISUELTOS</b>					
MD03	Arsénico disuelto	mg/l As	Palata - DDTC (*)	0,05	< 0.050	
MD08	Cadmio disuelto	mg/l Cd	Derivé de cation (*)	0,002	< 0.002	
MD11	Cobre disuelto	mg/l Cu	Cuprizona (*)	0,02	< 0.02	
MD16	Hierro disuelto	mg/l Fe	Triazina (*)	0,005	< 0.005	
MD24	Plomo disuelto	mg/l Pb	PAR (*)	0,01	0,53	
MD32	Zinc disuelto	mg/l Zn	CI-PAN (*)	0,05	< 0.05	

**Imagen N° 14:** Resultados de Caracterización de Aguas Residuales en el Cuerpo Receptor

\* Fuente: Laboratorio de Calidad Ambiental FCAM-UNASAM. 2015

A fin de calcular la HH Gris, se ha realizado el cálculo considerando el parámetro el cual es propio de la actividad analizada (PLOMO TOTAL), con los valores de concentración de plomo total en el efluente, en el cuerpo receptor y en la fuente de agua y comparándolos con los a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA),

En caso de no ser el parámetro que sobrepasa más significativamente a los ECAs se tomará en cuenta el parámetro que sobrepase en mayor magnitud, que para el presente caso es el zinc el cual proviene del Sulfato de zinc usado en el proceso.

### 3.2.5. Cuantificación de la Huella Hídrica

La HH Directa a nivel Industrial está compuesta principalmente de HH Azul y Gris, ya que la HH verde es significativa para procesos agropecuarios.

Para el desarrollo de la presente tesis de acuerdo a los puntos de monitoreo y a los datos de inventario, se ha obtenido los volúmenes de agua necesarios así como la calidad del efluente vertido al río Santa, datos que son los necesarios para el cálculo de la HH.

#### 3.2.5.1. Cálculo de la Huella Hídrica Azul

La **HH Azul** Directa del sector industrial se calcula como la diferencia entre el volumen total de agua extraída (agua superficial, agua subterránea, agua lluvia) consumida y el volumen de agua total vertida; esta diferencia corresponde al volumen de agua evaporado y/o incorporado en los productos elaborados.

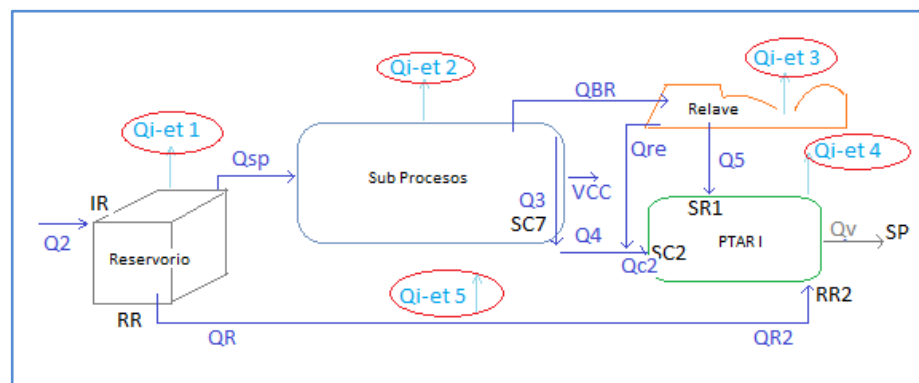
$$WF_{proc.azul} = \text{agua fresca evaporada} + \text{agua fresca incorporada} + \text{agua que no retorna}$$

[Volumen / tiempo]

Se asume que la Planta ha tenido en el 2014 campañas con una duración total de 270 días, ya que entre campañas se realiza mantenimiento a los equipos y maquinarias durante un lapso de 4 días, y tomando en cuenta que las campañas tiene en promedio una duración de 10 días. Además es necesario precisar que se ha tomado la mitad del tiempo de producción para época de estiaje y la otra mitad para la época de avenida.

Para el Cálculo de cada uno de los componentes de la HH Azul detallada a continuación, nos basaremos también en el Esquema de Puntos de Monitoreo, ya que en este se indican los caudales que contribuyen a dicha HH.

- **Agua Azul evaporada:** Corresponde a toda el agua azul que se evapora desde suelos, cultivos, o espejos de agua, infiltrada. Para este caso específico se ha calculado, tomando en cuenta que existen pérdidas de agua dentro de los procesos, así como evaporación mínima e infiltración en el suelo, los cuales han sido calculados de forma global, mediante la diferencia de volúmenes de agua de ingreso y salida a los diferentes componentes y subprocesos de la Planta.



**Imagen N° 15:** Agua Evaporada en la Planta Concentradora de Minerales

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

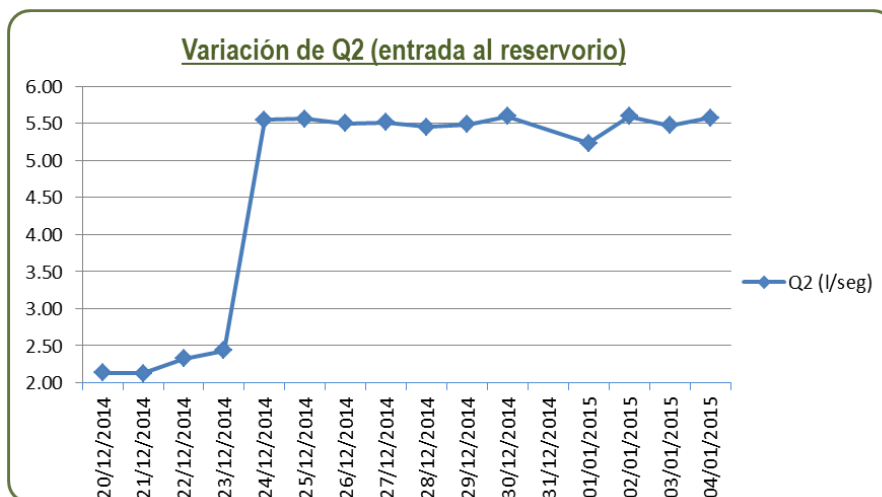
De la imagen anterior se puede identificar que se han calculado los volúmenes de agua evaporada, infiltrada o correspondiente a las pérdidas, en los diferentes componentes; para ello se procesó la data de mediciones (Anexo 1) y luego mediante diferencia entre ingresos y egresos se calculó el total de agua azul evaporada-infiltrada o perdida.

Así tenemos:

UBICACIÓN	CAUDAL MEDIDO	FECHA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO PROM (seg)	Q2 (l/seg)
RESERVORIO	Q2	20/12/2014	18	8.43	2.14
		21/12/2014	18	8.46	2.13
		22/12/2014	18	7.75	2.32
		23/12/2014	18	7.40	2.43
		24/12/2014	18	3.24	5.55
		25/12/2014	18	3.24	5.56
		26/12/2014	18	3.27	5.50
		27/12/2014	18	3.26	5.52
		28/12/2014	18	3.30	5.45
		29/12/2014	18	3.28	5.49
		30/12/2014	18	3.22	5.60
		01/01/2015	18	3.44	5.24
		02/01/2015	18	3.22	5.60
		03/01/2015	18	3.29	5.48
		04/01/2015	18	3.23	5.58
		<b>Q2prom(l/seg)</b>			
<b>Q2prom(m3/d)</b>					400.78395

**Cuadro N° 12:** Cálculo de Q2 (agua de aprovisionamiento)

\* Fuente: Elaboración propia. 2015



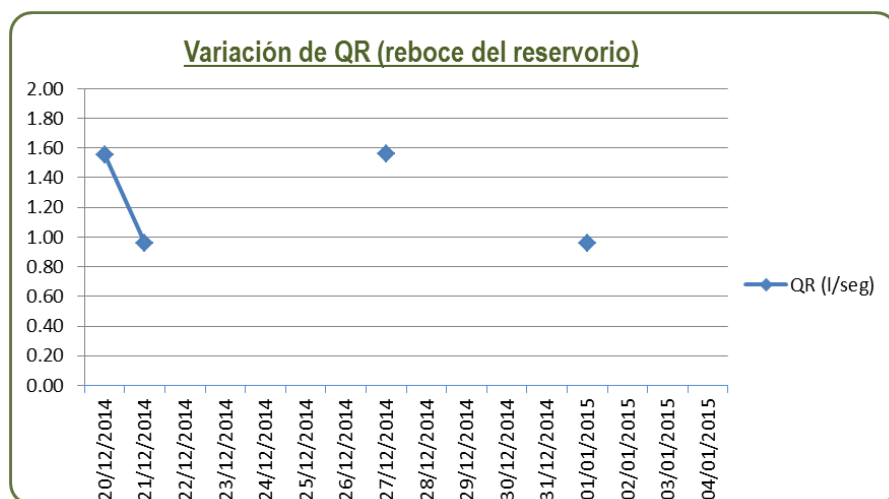
**Gráfico N° 01:** Variación de Q2 durante la campaña

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

UBICACIÓN	CAUDAL MEDIDO	FECHA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO PROM (seg)	QR (l/seg)
RESERVORIO	QR	20/12/2014	4	2.57	1.55
		21/12/2014	4	4.18	0.96
		22/12/2014	0	0.00	
		23/12/2014	0	0.00	
		24/12/2014	0	0.00	
		25/12/2014	0	0.00	
		26/12/2014	0	0.00	
		27/12/2014	4	2.57	1.56
		28/12/2014	0	0.00	
		29/12/2014	0	0.00	
		30/12/2014	0	0.00	
		01/01/2015	4	4.18	0.96
		02/01/2015	0	0.00	
		03/01/2015	0	0.00	
04/01/2015	0	0.00			
<b>Prom(l/seg)</b>					0.33511
<b>Prom(m3/d)</b>					28.95391

**Cuadro N° 13:** Cálculo de QR (reboce del reservorio)

\* Fuente: Elaboración propia. 2015



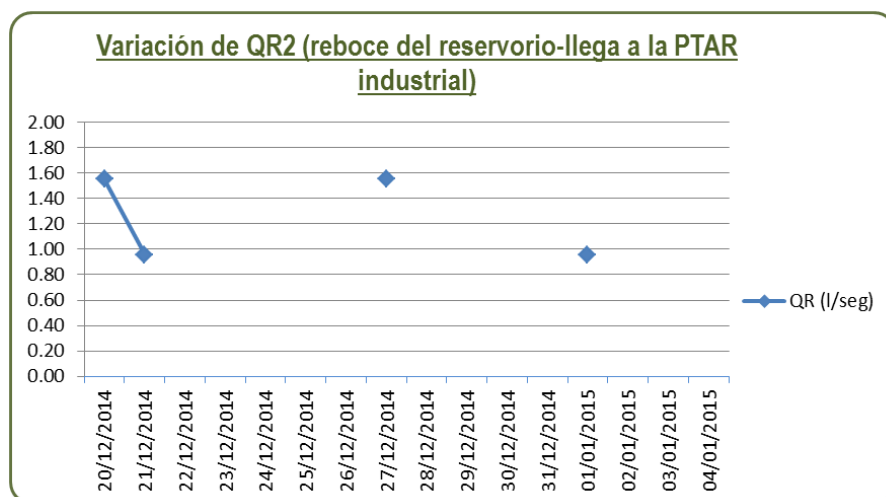
**Gráfico N° 02:** Variación de QR durante la campaña

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

UBICACIÓN	CAUDAL MEDIDO	FECHA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO PROM (seg)	QR2 (l/seg)
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	QR2	20/12/2014	4	2.69	1.49
		21/12/2014	4	4.26	0.94
		22/12/2014	0	0.00	
		23/12/2014	0	0.00	
		24/12/2014	0	0.00	
		25/12/2014	0	0.00	
		26/12/2014	0	0.00	
		27/12/2014	4	2.56	1.56
		28/12/2014	0	0.00	
		29/12/2014	0	0.00	
		30/12/2014	0	0.00	
		01/01/2015	4	4.15	0.96
		02/01/2015	0	0.00	
		03/01/2015	0	0.00	
		04/01/2015	0	0.00	
		<b>QR2prom(l/seg)</b>		0.33003	
		<b>QR2prom(m3/d)</b>		28.51495	

**Cuadro N° 14:** Cálculo de QR2 (llegada del reboce a la PTAR industrial)

\* Fuente: Elaboración propia. 2015



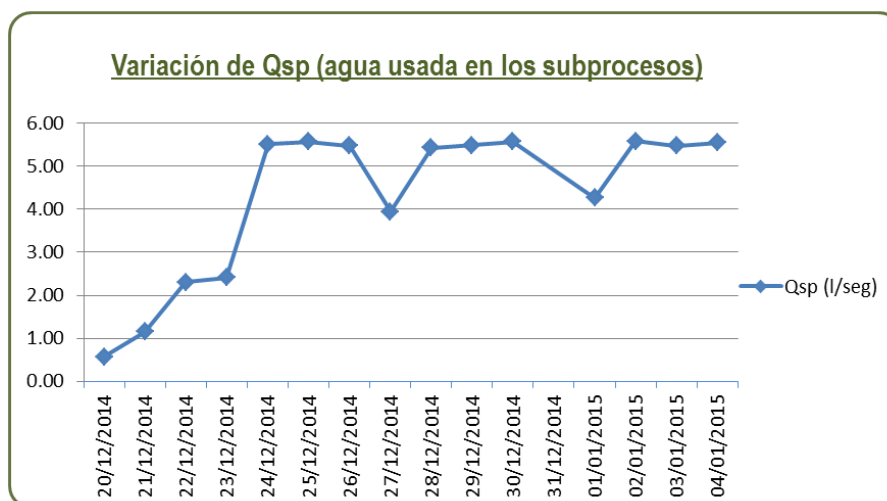
**Gráfico N° 03:** Variación de QR2 durante la campaña

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

UBICACIÓN	CAUDAL MEDIDO	FECHA	VOLUMEN (litros)	Qsp (l/seg)
SUBPROCESOS	Qsp	20/12/2014	variable	0.57
		21/12/2014	variable	1.16
		22/12/2014	variable	2.31
		23/12/2014	variable	2.41
		24/12/2014	variable	5.52
		25/12/2014	variable	5.57
		26/12/2014	variable	5.48
		27/12/2014	variable	3.95
		28/12/2014	variable	5.43
		29/12/2014	variable	5.49
		30/12/2014	variable	5.58
		01/01/2015	variable	4.27
		02/01/2015	variable	5.59
		03/01/2015	variable	5.48
		04/01/2015	variable	5.55
<b>Qsp prom(l/seg)</b>				4.28911
<b>Qspprom(m3/d)</b>				370.57889

### Cuadro N° 15: Cálculo de Qsp (Caudal usado en los subprocesos)

\* Fuente: Elaboración propia. 2015



**Gráfico N° 04: Variación de Qsp durante la campaña**

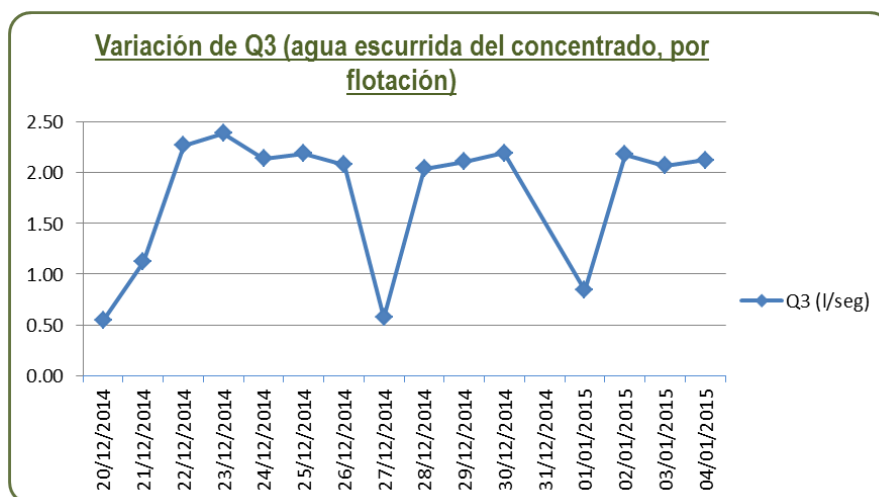
\* Fuente: Elaboración propia. 2015

UBICACIÓN	CAUDAL MEDIDO	FECHA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO PROM (seg)	Q3 (l/seg)
SALIDA DEL ÁREA DE DESPACHO, INGRESO A CAJA C-7	Q3	20/12/2014	4	7.37	0.54
		21/12/2014	4	3.56	1.12
		22/12/2014	4	1.76	2.27
		23/12/2014	4	1.67	2.39
		24/12/2014	4	1.87	2.14
		25/12/2014	4	1.83	2.19
		26/12/2014	4	1.92	2.08
		27/12/2014	4	7.01	0.57
		28/12/2014	4	1.96	2.04
		29/12/2014	4	1.90	2.11
		30/12/2014	4	1.82	2.20
		01/01/2015	4	4.74	0.84
		02/01/2015	4	1.83	2.18
		03/01/2015	4	1.93	2.07
		04/01/2015	4	1.88	2.13
<b>Q3prom(l/seg)</b>					1.79213
<b>Q3prom(m3/d)</b>					154.84025



### Cuadro N° 16: Cálculo de Q3 (Caudal salida de los subprocesos)

\* Fuente: Elaboración propia. 2015



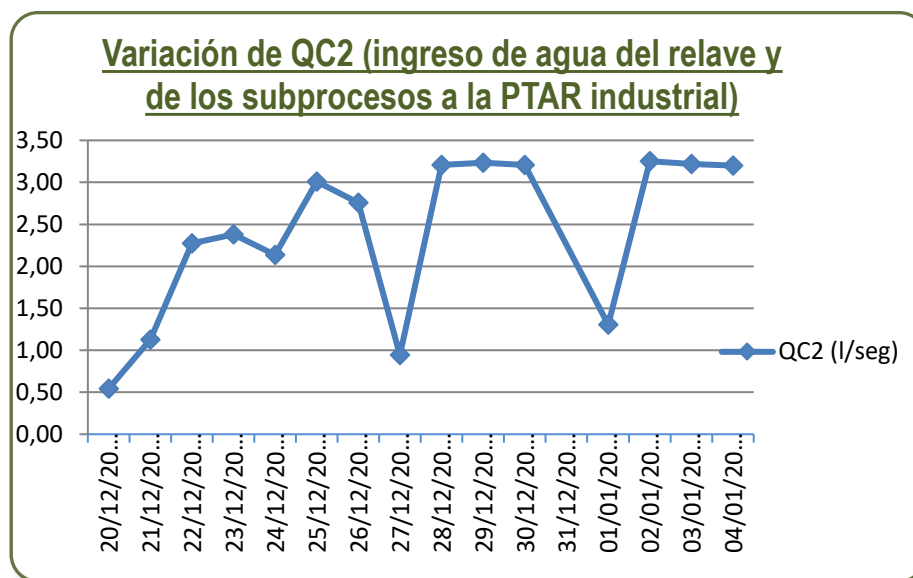
**Gráfico N° 05: Variación de Q3 durante la campaña**

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

UBICACIÓN	CAUDAL MEDIDO	FECHA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO PROM (seg)	QC2 (l/seg)
INGRESO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	QC2	20/12/2014	4	7.35	0.54
		21/12/2014	4	3.55	1.13
		22/12/2014	4	1.76	2.27
		23/12/2014	4	1.68	2.38
		24/12/2014	4	1.87	2.14
		25/12/2014	4	1.33	3.01
		26/12/2014	4	1.45	2.76
		27/12/2014	4	4.24	0.94
		28/12/2014	4	1.25	3.21
		29/12/2014	4	1.24	3.23
		30/12/2014	4	1.25	3.21
		01/01/2015	4	3.06	1.31
		02/01/2015	4	1.23	3.25
		03/01/2015	4	1.24	3.22
04/01/2015	4	1.25	3.20		
<b>QC2prom(l/seg)</b>					2.38645
<b>QC2prom(m3/d)</b>					206.18921

**Cuadro N° 17:** Cálculo de QC2 (Caudal llegada a PTAR proveniente de los subprocesos y parte del relave)

\* Fuente: Elaboración propia. 2015



**Gráfico N° 06:** Variación de QC2 durante la campaña

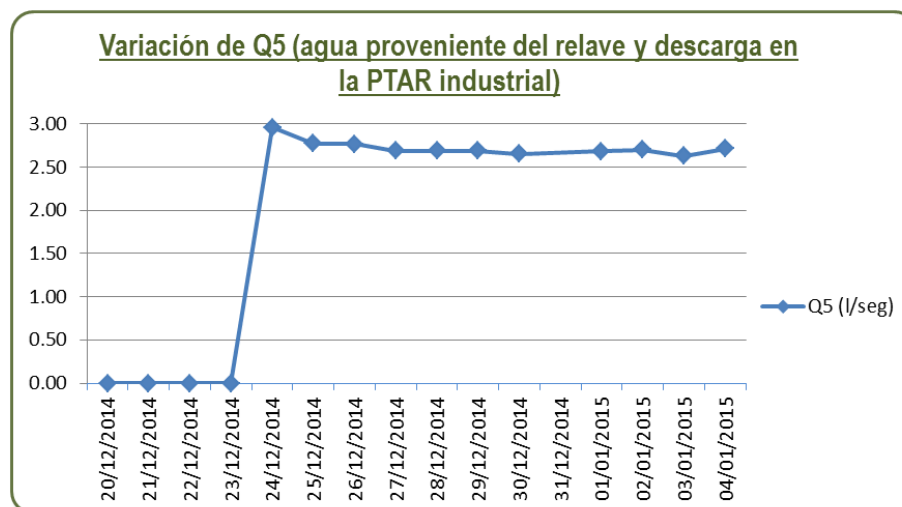
\* Fuente: Elaboración propia. 2015

UBICACIÓN	CAUDAL MEDIDO	FECHA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO PROM (seg)	Q5 (l/seg)
INGRESO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	Q5	20/12/2014	4	0.00	0.00
		21/12/2014	4	0.00	0.00
		22/12/2014	4	0.00	0.00
		23/12/2014	4	0.00	0.00
		24/12/2014	4	1.35	2.96
		25/12/2014	4	1.44	2.77
		26/12/2014	4	1.45	2.76
		27/12/2014	4	1.49	2.69
		28/12/2014	4	1.49	2.69
		29/12/2014	4	1.49	2.69
		30/12/2014	4	1.51	2.65
		01/01/2015	4	1.49	2.68
		02/01/2015	4	1.48	2.70
		03/01/2015	4	1.52	2.63

	04/01/2015	4	1.47	2.71
			<b>Q5prom(l/seg)</b>	1.99683
			<b>Q5prom(m3/d)</b>	172.52581

**Cuadro N° 18:** Cálculo de Q5 (salida del relave minero)

\* Fuente: Elaboración propia. 2015



**Gráfico N° 07:** Variación de Q5 durante la campaña

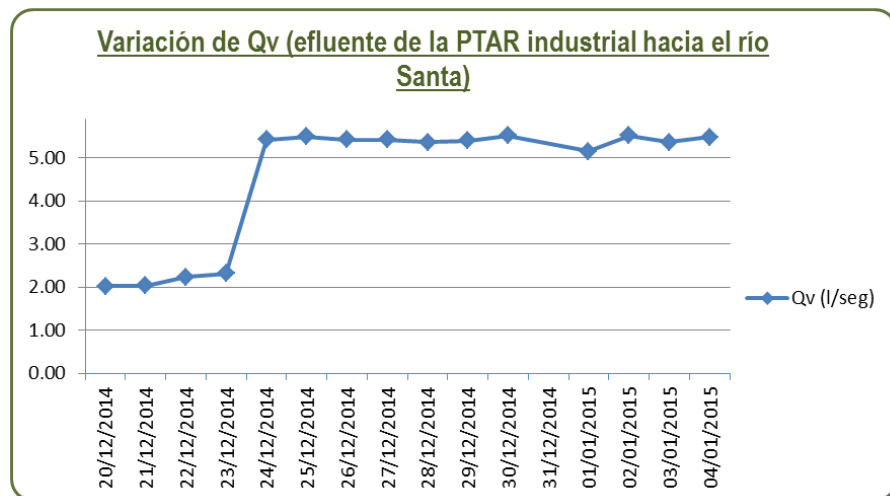
\* Fuente: Elaboración propia. 2015

UBICACIÓN	CAUDAL MEDIDO	FECHA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO PROM (seg)	Qv (l/seg)
SALIDA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	QV	20/12/2014	10	4.94	2.02
		21/12/2014	10	4.91	2.04
		22/12/2014	10	4.46	2.24
		23/12/2014	10	4.31	2.32
		24/12/2014	10	1.84	5.43
		25/12/2014	10	1.82	5.50
		26/12/2014	10	1.84	5.42
		27/12/2014	10	1.84	5.43
		28/12/2014	10	1.86	5.38
		29/12/2014	10	1.85	5.41
		30/12/2014	10	1.81	5.52
		01/01/2015	10	1.94	5.15
02/01/2015	10	1.81	5.52		

	03/01/2015	10	1.86	5.38
	04/01/2015	10	1.82	5.48
	<b>Qv prom(l/seg)</b>			4.55096
	<b>Qvprom(m3/d)</b>			393.20332

**Cuadro N° 19:** Cálculo de Qv (salida de la PTAR industrial-Efluente)

\* Fuente: Elaboración propia. 2015



**Gráfico N° 08:** Variación de Qv durante la campaña

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

Así también se ha calculado por diferencia:

$$V_{DR} = QC2 - Q3 = 206.19 - 154.84$$

$$= 0.55 \text{ m}^3/\text{día}$$

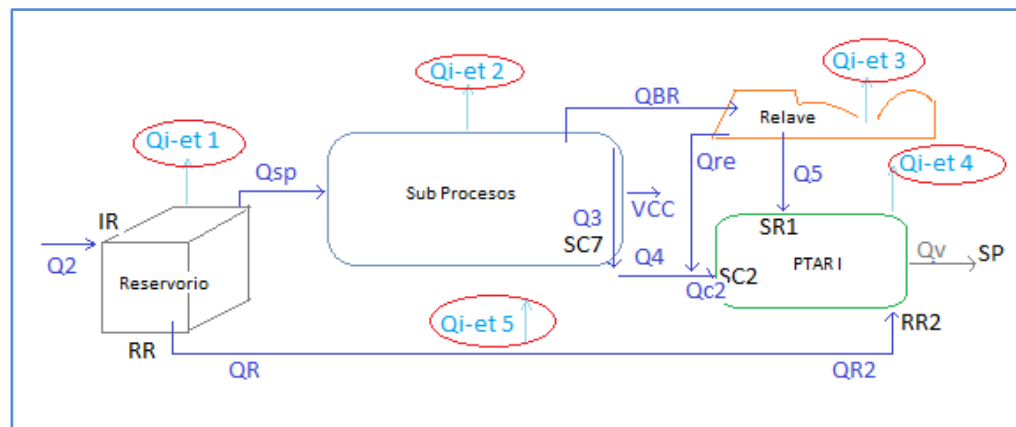
El caudal de bombeo de relave se ha calculado como se muestra en la ecuación (2), obteniendo como resultado:

$$Q_{BR} = 212.89 \text{ m}^3/\text{día}$$

Anteriormente ya se ha calculado el valor del Volumen de agua para dosificación de reactivos, en la ecuación (3):

$$V_{DR} = \frac{8210}{15 \times 1000} = 0.55 \text{ m}^3/\text{día}$$

Ahora bien se cuenta con los datos necesarios para la determinación del agua azul evaporada, infiltrada y perdida:



**Imagen N° 16:** Agua Evaporada en la Planta Concentradora de Minerales

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

Donde:

- Qi-e 1: Agua evaporada, perdida en el reservorio.
- Qi-e 2: Agua evaporada, infiltrada, perdida en los subprocesos que componen la concentración de minerales por Flotación
- Qi-e 3: Agua evaporada, infiltrada, perdida en el relave de minerales.
- Qi-e 4: Agua evaporada, infiltrada, perdida en la planta de tratamiento de aguas residuales industrial.

- $Q_{i-e5}$ : Agua evaporada, infiltrada, perdida, en el traspaso del canal desde el rebosamiento del reservorio hasta la llegada a la planta de tratamiento de aguas residuales industrial.

Obteniendo como resultados:

**Cálculo de  $Q_{i-e1}$ :** Agua evaporada, perdida en el reservorio

$$Q_i - e_1 = Q_2 - Q_R - Q_{sp} - V_{DR}$$

$$Q_i - e_1 = 400.78 - 28.95 - 370.58 - 0.55$$

$$Q_i - e_1 = 0.68 \text{ m}^3/\text{día}$$

**Cálculo de  $Q_{i-e2}$ :** Agua evaporada, infiltrada, perdida en los subprocesos que componen la concentración de minerales por Flotación

$$Q_i - e_2 = 370.58 - 0.55 - 212.89 - 154.84 - 1.625$$

$$Q_i - e_2 = 1.79 \text{ m}^3/\text{día}$$

**Cálculo de  $Q_{i-e3}$ :** Agua evaporada, infiltrada, perdida en el relave de minerales

$$Q_i - e_3 = 212.89 - 37.16 - 172.53$$

$$Q_i - e_3 = 2.71 \text{ m}^3/\text{día}$$

**Cálculo de  $Q_{i-e4}$ :** Agua evaporada, infiltrada, perdida en la planta de tratamiento de aguas residuales industrial

$$Q_i - e_4 = 206.19 + 28.51 + 172.53 - 393.30$$

$$Q_i - e_4 = 14.03 \text{ m}^3/\text{día}$$

**Cálculo de  $Q_{i-e5}$ :** Agua evaporada, infiltrada, perdida, en el transcurso del canal desde el reboce del reservorio hasta la llegada a la planta de tratamiento de aguas residuales industrial

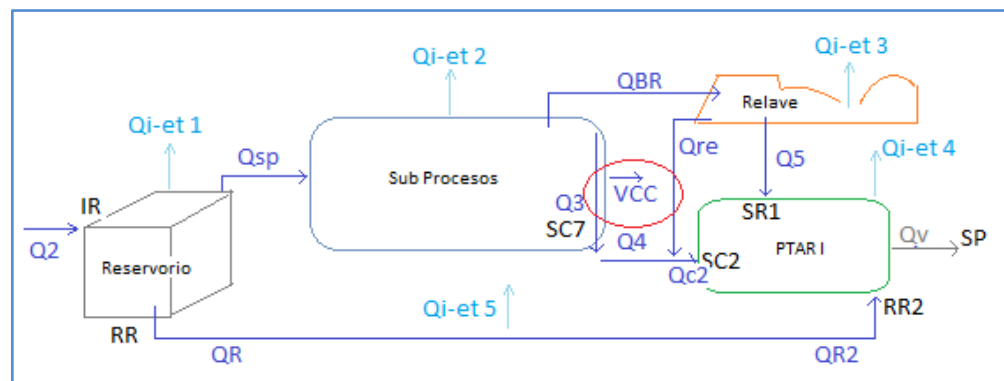
$$Q_i - e_5 = Q_R - Q_{R2}$$

$$Q_i - e_5 = 28.95 - 28.51$$

$$Q_i - e_5 = 0.44 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Agua evaporada} = \sum Q_i - e = 19.65 \text{ m}^3/\text{día} \dots\dots(4)$$

- **Agua azul que es incorporada dentro del producto:** Corresponde al agua que está contenida en el producto final del proceso, que por datos brindados por la Entidad se han medido entre el 10 y 15% en peso, se ha tomado el dato promedio de 12.5% en peso del producto final.



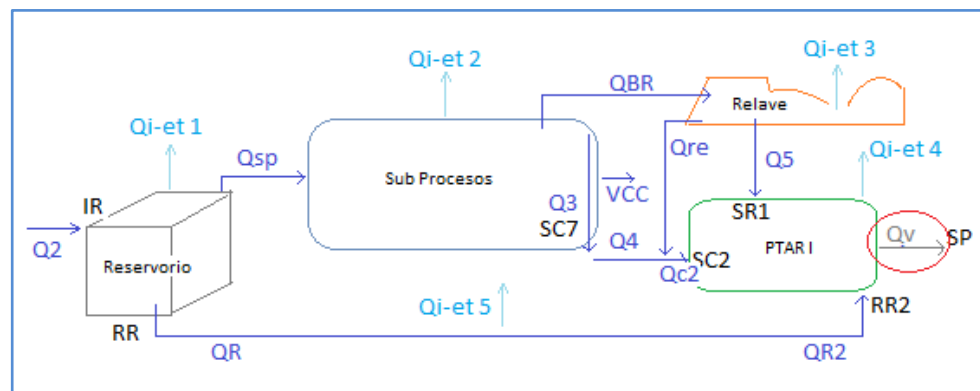
**Imagen N° 17:** Agua Contenida en el Producto

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

De la ecuación (1) tenemos el valor:

$$VOLUMEN DE \frac{AGUA}{DÍA} (VCC) = 1.625 m^3/día \dots (5)$$

- **Agua que es devuelta fuera del sistema:** para la época de avenida ya que el agua es captada del Río Santa y es devuelta hacia el mismo río se tomara el valor de 0, ya que según la información brindada por los ingenieros encargados y trabajadores de la Planta, en época de avenida los regantes de la zona, cierran el ingreso del agua al canal, es preciso aclarar que por tratarse de una aproximación dicho valor es estimado para fines de cálculos. Sin embargo para la temporada de estiaje si se ha contabilizado el volumen vertido en el río Santa que fue captado del Río Llacash, ya que en esta temporada se realizaron las mediciones.



**Imagen N° 18:** Agua Vertida al Río Santa

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

**Época de Avenida:** ya que el agua se obtiene del río Santa y se vierte en el río Santa, se considera cero (0).



**Época de Estaje:** Es el volumen de agua vertido en el río Santa, en la época en la que se obtiene del río Llancash.

$$\text{Agua que no retorna} = \frac{Q_v \times 270}{365 \times 2}$$

$$\text{Agua que no retorna} = 145.43 \text{ m}^3/\text{día}$$

- **Agua que es devuelta en otro período de tiempo:** Para el presente estudio se desestima este valor ya que no hay embalsamiento o almacenamiento de agua durante largos períodos.

### 3.2.5.2. Cálculo de la Huella Hídrica Gris

La HH **Gris** es un indicador que busca cuantificar las alteraciones de la calidad del agua fresca que ha sido utilizada en los procesos y ha sido devuelta a un cuerpo de agua receptor. Se define como el volumen total de agua fresca de un cuerpo de agua, que es requerido para diluir los elementos que se han descargado a este cuerpo de agua debido al proceso de producción en estudio, hasta llevarlos a los niveles máximos permitidos por la norma de calidad ambiental que rija el lugar donde fue realizada la descarga de agua. La HH Gris se calcula dividiendo la carga contaminante (L, en la masa / tiempo) por la diferencia entre el estándar de calidad de agua de este contaminante ( $c_{max}$ , la concentración máxima aceptable, en masa / volumen) y su concentración natural en la recepción agua en el cuerpo ( $c_{nat}$ , en masa / volumen).

$$WF_{proc, grey} = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}}$$

[Volumen / tiempo]

Donde:

WF proc, grey: WFP Gris asociada al proceso (m<sup>3</sup>/tiempo).

L: Masa de agua contaminada (l/seg)

C<sub>max</sub>: Concentración máxima según los estándares

C<sub>nat</sub>: Concentración natural en el cuerpo receptor

Concentración del contaminante en estudio, que se descarga al sistema (mg/l), se ha obtenido de los resultados de la caracterización del efluente de la Planta, realizado por el personal del Laboratorio de Calidad Ambiental de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la UNASAM.

Concentración natural de dicho contaminante en el lugar de descarga (mg/l), de igual manera se ha obtenido de los resultados de la caracterización del río Santa aguas arriba (100 m. antes de la descarga), facilitado por la Entidad, si bien es cierto esos valores no son de la concentración natural del río Santa ya que se ve afectado por descargas anteriores, se desea saber cuáles son los efectos de la descarga de la Planta Concentradora de Minerales Santa Ros de Jangas específicamente, por ello este valor será asumido como la concentración natural del cuerpo receptor.

Concentración máxima permitida por norma para el efluente (mg/l), se considerará la indicada en los Estándares de Calidad par agua.

Ya que se trata de un foco de contaminación puntual la carga contaminante se calcula como el volumen de efluentes (Effl, en volumen / tiempo) multiplicado por la concentración del contaminante en el efluente (ceffl, en masa / volumen) menos el volumen de agua de aprovisionamiento (Abstr, en volumen / tiempo) multiplicado por la concentración real de la toma de agua (cact, en masa / volumen). La HH Gris se puede calcular de la siguiente manera:

[Volumen / tiempo]

Donde:

Qefluente: Caudal en el efluente del proceso (Qv)

Cefluente: Concentración del Parámetro en el efluente

Qfuente: Caudal del agua de aprovisionamiento (Q2)

Cactual: Concentración del parámetro en la fuente de agua

Ceca: Concentración Máxima Permitida según los ECA

El parámetro base para el Cálculo de la HH Directa Gris será el Plomo Disuelto:

Qefluente=Qv=	393.20	m3/día
C <sub>Pb</sub> efluente=	1.26	mg/L
Qfuente de agua (Q2)=	400.78	m3/día
C <sub>Pb</sub> actual:=	0	mg/L
C <sub>Pb</sub> ECA=	0.05	mg/L
C <sub>Pb</sub> natural=	1.26	mg/L

**Cuadro N° 20:** Datos para cálculo de Huella Hídrica Directa Gris 1

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

Además se realizará el cálculo de la HH Directa Gris, con el Zinc, ya que proviene del uso de cantidades significativas como sulfato de zinc en el proceso de concentración de plomo:

Qefluente=Qv=	393.20	m3/día
C <sub>Zn</sub> efluente=	2.32	mg/L
Qfuente de agua (Q2)=	400.78	m3/día

$C_{Pb}$ actual:=	0	mg/L
$C_{Pb}$ ECA=	3	mg/L
$C_{Pb}$ natural=	2.8	mg/L

**Cuadro N° 21:** Datos para cálculo de Huella Hídrica Directa Gris 2

\* Fuente: Elaboración propia. 2015

### 3.3. Recursos

#### 3.3.1. Recursos Humanos

##### Tesista

Bach. Leslie Johana Paucar Jara

##### Asesor

Ing. Gregorio Sáenz Pohl

##### Personal de Apoyo

Cabe mencionar que fue necesaria la participación de dos personas para la recolección de datos, tomas de muestras y demás trabajos de campo necesarios para la realización de la tesis.

#### 3.3.2. Bienes y Servicios

##### 3.3.2.1. Bienes de Campo

- 01 balde de 18 litros de capacidad.
- 01 balde de 4 litros de capacidad.
- 01 jarra de 1 litro de capacidad.
- 01 wincha.
- 02 pares de guantes.
- 02 chalecos de seguridad.

- 02 lentes de seguridad.
- 02 mascarillas.
- 01 tablero.
- Lapiceros.
- Hojas de papel bond.
- Marcadores.
- Cámara Digital.
- 01 cronómetro.
- 01 GPS.

#### **3.3.2.2. Bienes de Gabinete**

- Materiales de escritorio.
- Computadora portátil.
- Libros.

#### **3.3.2.3. Servicios**

- Transporte vehicular Huaraz-Jangas.
- Alimentación.
- Internet.
- Levantamiento topográfico con equipos automatizados.
- Muestreo y análisis de laboratorio del agua residual industrial.
- Impresiones.
- Copias Fotostáticas.
- Ploteo de Planos.
- Anillados.
- Trámites administrativos.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. RESULTADOS

##### 4.1.1. Huella Hídrica Directa

##### 4.1.1.1. Huella Hídrica Directa Azul

Se calculó la HH Directa Azul de la siguiente manera:

Reemplazando por los resultados obtenidos en las ecuaciones (4), (5) y (6), se calcula la HH Hídrica Directa en época de avenida por un periodo de 6 meses, y como ya se ha mencionado anteriormente se asumirán 270 días de producción neta anual, con un promedio de duración de 10 días por campaña y 4 días de mantenimiento de equipos:

$$WF_{proc.azul} = 19.65 + 1.625 + 145.43 = 166.71 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$WF_{proc.azul} = \frac{166.71 \times 270}{2} = 22505.18 \text{ m}^3/\text{año}$$

Para la época de estiaje, consideraremos los valores calculados de las ecuaciones (4) y (5), tomando al agua que no retorna como 0, ya que como se ha indicado anteriormente el agua es captada del río Santa y vertida al río Santa:

$$WF_{proc.azul} = 19.65 + 1.625 = 21.27 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$WF_{proc.azul} = \frac{21.27 \times 270}{2} = 2871.95 \text{ m}^3/\text{año}$$

Resultando de esta manera, la HH Directa Azul total:

$$WF_{proc.azul} = 22505.18 + 2871.95 = 25377.13 \text{ m}^3/\text{año}$$

Ya que se conoce el peso total del Concentrado de Plomo producido en la campaña (195 TN), calcularemos la HH del concentrado de plomo, en las condiciones precisadas en la presente Tesis, desde el ingreso a la Planta hasta su salida como concentrado de Plomo:

$$WF_{proc.azul} = \frac{25377.13}{195}$$

$$WF_{proc.azul} = 130.14 \text{ m}^3/\text{año} \times \text{Tn de concentrado de plomo}$$

#### 4.1.1.2. Huella Hídrica Directa Gris

La HH Directa Gris, para la producción en metros cúbicos por año por tonelada de concentrado de plomo se calcula de la siguiente manera, tomando el cuenta el Plomo Total como parámetro será:

$$WF_{proc.gris} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}}$$

$$WF_{proc.gris} = \frac{393.30 \times 1.26 - 400.78 \times 0}{0.05 - 1.26}$$

$$WF_{proc.gris} = -409.45 \text{ m}^3/\text{día}$$

Debido a que la HH Directa Gris anterior resulta ser negativa, se procede a calcular con el siguiente parámetro que es en este caso el Zinc:

$$WF_{proc.gris} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}}$$

$$WF_{proc.gris} = \frac{393.30 \times 2.32 - 400.78 \times 0}{3 - 2.80}$$

$$WF_{proc.gris} = 257607.80 \text{ m}^3/\text{día}$$

#### 4.2. DISCUSIONES

- Es necesario precisar que en el presente trabajo de investigación, se ha realizado la simulación del Cálculo de la HH Directa Azul y Gris, ya que no se cuenta con la información necesaria para el cálculo de la HH anual, por lo que los valores resultantes corresponden a la muestra tomada en los 15 días de duración de la campaña de concentración de minerales proyectados a un año de producción.



- Las HH que pudieran calcularse variarán de acuerdo a los minerales a concentrar, ya que se sabe que en la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa, se concentran el Plomo, Plata y Zinc, teniendo en algunas ocasiones mineral polimetálico, para el cual los datos variarán de acuerdo al uso de reactivos, cantidad de agua, volúmenes captados, duración de las campañas, etc.
- La Unidad El Teniente en CODELCO CHILE, cuyo resultado fue 40 m<sup>3</sup>/año/TN de concentrado de Cobre, tiene consideraciones diferentes a las tomadas en la presente tesis, identificando como factor importante la data con la que esta institución cuenta que corresponde a tres años, a diferencia de la Planta Concentradora de Minerales donde se obtuvieron en campo y solo de una campaña de 15 días de duración.; por lo cual no es posible realizar una comparación de HH.
- El componente que suma significativamente a la HH Directa Azul es el Agua que No Retorna, ya que son grandes cantidades de agua que se vierten en otro cuerpo de agua.
- La HH Directa Gris resultó negativa, al calcularlo con el Plomo Total como parámetro, dicho valor se debe a que la concentración natural de plomo en el cuerpo receptor es mayor al valor máximo indicado en los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, no obstante se realizó el cálculo tomando el Zinc como parámetro del cual si se obtuvo un resultado positivo.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Debido a la carencia de datos necesarios para el cálculo de la HH, se ha procedido a adaptar la metodología de WFP, para la realización de la aproximación del cálculo de la HH Directa Azul y Gris del proceso de concentración de minerales, mediante la simulación en una campaña de 15 días de duración que fue proyectada al total de días de producción en un año, en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas-Huaraz-Ancash-2014.
- El componente que contribuye a la HH en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas-Huaraz-Ancash-2014, en mayor cantidad es el Agua que no Retorna, ya que son cantidades elevadas las captadas del río Llancash y vertidas en el río Santa, en época de estiaje, además se observa que la cantidad mayor de agua azul infiltrada, evaporada y/o perdida se localiza en la PTAR industrial, ello puede deberse a

los espejos de agua, infiltración, pérdidas de agua así como a errores en las mediciones realizadas.

- Se identificaron los datos necesarios para la aproximación del cálculo de la HH Directa Azul y Gris, los cuales provienen de mediciones de volúmenes de ingresos y salidas a los diferentes componentes y subprocesos, así como datos de inventario y mediciones previamente realizadas como el contenido de agua en el relave de mineral, producto final, porcentajes de dilución de los insumos químicos así como la cantidad de los mismos.
- De igual manera se ha optado por calcular la HH Directa debido a que no se tiene disponibilidad de datos para el cálculo de la HH Indirecta, debido a que aún no se cuenta con HH calculadas de la energía eléctrica producida en el Cañón del Pato por Duke Energy y de los insumos químicos usados en los procesos en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas-Huaraz-Ancash-2014.
- Se han elaborado relaciones matemáticas para la estimación del cálculo de la HH Directa Azul y Gris en base a la metodología WFP, en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas-Huaraz-Ancash-2014, de acuerdo a las condiciones propias de producción, el cual se adjunta en medio magnético.
- Los resultados de la simulación en la campaña de 15 días proyectada al total de días de producción en un año, correspondientes a las HH Directa Azul y Gris del proceso de concentración de minerales, en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas-Huaraz-Ancash-2014, son 25377.17 m<sup>3</sup>/año y 257606.80 respectivamente, así también ha sido posible aproximar el valor de la HH Directa Azul del concentrado de Plomo siendo este 1451.21 m<sup>3</sup>/año x Tn de

concentrado de Plomo; tomando en cuenta que la delimitación del cálculo sería desde su ingreso a la Planta Concentradora de Minerales hasta su salida de ella como concentrado, propiamente dicho.

## 5.2. Recomendaciones

- Debido a los errores que puedan ocasionarse al realizar las mediciones, se recomienda implementar válvulas, medidores y compuertas, para la realización de las mediciones.
- Asimismo es necesario, para el cálculo de la HH, que se realicen mediciones horarias para evaluar la variación real y por un periodo de un año como mínimo, a fin de obtener datos más exactos. Dichas mediciones deben tomar en cuenta las horas en las cuales la planta se encuentra operativa o en funcionamiento.
- Es necesario que se realicen mejoras a las relaciones matemáticas adecuadas para este caso en específico, ya que no podría aplicarse para otras plantas cuyas características de producción o componentes sean diferentes o de otras magnitudes.

## REFERENCIAS BOBLIOGRÁFICAS

**ANA. (2012).** *Uso y Disponibilidad del agua total a nivel nacional.* Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos. Perú

Garcés M. (2011). *Análisis técnico de la huella hídrica Como indicador de Sustentabilidad del Uso del agua en la Producción del Concentrado de Cobre en la División El teniente de Codelco.* (Tesis de licenciatura). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Civil. Chile

García y Cantero. 2009. *Indicadores Globales para la evaluación del Uso Sostenible del Recurso Agua: Caso Cubano.* Indicadores para GIRH, Taller Nacional Sobre Gestión Integral de Recursos Hídricos.

Hoekstra A. y otros. 2010. *Manual de Evaluación de la huella hídrica, Manuscrito final.*

Velásquez E. 2010. *Agua Virtual, Huella Hídrica y el Binomio Agua-Energía: Repensando los Conceptos*

**AEC. (2013).** *La Huella Hídrica.* Centro Nacional de Información de la Calidad. Consultado en junio del 2014 en <http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/huella-hidrica>.

**ANA. (2011).** *Tratamiento De Cauce Del Rio Para El Control De Inundaciones En La Cuenca Santa.* Consultado en enero del 2015 en <http://www.ana.gob.pe/media/482392/estudio%20tratamiento%20santa.pdf>.

**ECLAC. (2011).** *La economía del cambio climático en Centroamérica: Reporte técnico 2011.* Consultado en junio del 2014 en

[http://www.eclac.org/publicaciones/xml/5/43925/2011-29-CambioClimatico-RT-L1016web\\_Cap\\_4.pdf](http://www.eclac.org/publicaciones/xml/5/43925/2011-29-CambioClimatico-RT-L1016web_Cap_4.pdf).

Hoekstra A. y otros. 2010. *Cálculo de Huellas Hídricas*. Consultado en junio del 2014 en <http://www.waterfootprint.org>.

**IAGUA. 2014.** *Se aprueba la ISO 14046, la primera norma mundial sobre Huella de Agua*. Consultado en junio de 2014 en <http://www.iagua.es/noticias/gestion/14/06/02/aprobada-la-iso-14046-la-primera-norma-mundial-sobre-la-huella-de-agua-50388>.

**MINCETUR.** (2014). Quebrada Rayushca. Consultado en enero del 2015 en [http://www.mincetur.gob.pe/turismo/otros/inventario%20turistico/ficha.asp?cod\\_ficha=7095](http://www.mincetur.gob.pe/turismo/otros/inventario%20turistico/ficha.asp?cod_ficha=7095)

**ONU. 2011.** *¿Qué es la sostenibilidad? El Futuro que Queremos*. Consultado en Junio del 2014 en <http://www.un.org/es/sustainablefuture/sustainability.shtml>.

Villanueva Ramírez Ricardo. (2011). *Características ambientales de los ecosistemas de la Cuenca del Río Santa*. Consultado en enero del 2015 en <http://www.mountain.pe/wp-content/uploads/2012/02/Folleto-1-Caracteristicas-Cuenca-Rio-Santa.pdf>

## ANEXOS



## 1. MEDICIÓN DE VOLÚMENES DE AGUA

A continuación los cuadros con los datos de tiempo medidos en cada punto de monitoreo:

UBICACIÓN	CAUDAL MEDIDO	DESCRIPCIÓN	FECHA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO DE MEDICIÓN (seg)				
					T1	T2	T3	T4	T5
RESERVORIO	Q2	El agua ingresa al reservorio mediante una tubería de 4", la cual no es almacenada por mucho tiempo ya que casi simultáneamente el agua es consumida en el proceso de concentración de minerales.	20/12/2014	18	8.38	8.46	8.45	8,31	8.41
			21/12/2014	18	8.38	8.46	8.45	8,32	9.41
			22/12/2014	18	7.87	7.69	8.22	7.70	7.43
			23/12/2014	18	8.61	7.80	7.14	7.25	7.12
			24/12/2014	18	3.32	3.21	3.47	3.20	3.18
			25/12/2014	18	3.24	3,15	3.10	3.23	3.34
			26/12/2014	18	3.29	3.27	3.23	3.27	3.27
			27/12/2014	18	3.20	3.28	3.29	3.25	3.26
			28/12/2014	18	3.25	3.32	3.36	3.27	3.31
			29/12/2014	18	3.37	3.41	3.21	3.26	3.18
			30/12/2014	18	3.18	3.22	3.27	3.25	3.16
			01/01/2015	18	3.48	3.37	3.46	3.61	3.32
			02/01/2015	18	3.24	3.37	3.19	3.22	3.18
			03/01/2015	18	3.27	3.21	3.35	3.38	3.24
			04/01/2015	18	3.18	3.27	3.45	3.23	3.16

UBICACIÓN	CAUDAL MEDIDO	DESCRIPCIÓN	FECHA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO DE MEDICIÓN (seg)				
					T1	T2	T3	T4	T5
RESERVORIO	QR	El agua reboza del reservorio mediante una tubería de 4", que se encuentra ubicada a 30 cm de distancia del borde del reservorio, el	20/12/2014	4	2.20	2.91	2.65	2.59	2.48
			21/12/2014	4	4.16	4.19	4.14	4.19	4.21
			22/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			23/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			24/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			25/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



	cual conduce el agua hacia un canal que finalmente descarga hacia la salida de la planta de tratamiento de aguas residuales industriales.	26/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		27/12/2014	4	2.45	2.72	2.50	2.61	2.59
		28/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		29/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		30/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		01/01/2015	4	4.13	4.46	4.19	4.21	4.14
		02/01/2015		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		03/01/2015		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		04/01/2015		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

UBICACIÓN	CAUDAL MEDIDO	DESCRIPCIÓN	FECHA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO DE MEDICIÓN (seg)				
					T1	T2	T3	T4	T5
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	QR2	Este punto es la descarga del agua de reboce del reservorio luego del recorrido por el canal que lo conduce, se ha realizado la medición en dos tuberías 2" que provienen de la Caja C1 hacia el canal de salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales.	20/12/2014	4	2.57	2.74	2.71	2.63	2.78
			21/12/2014	4	4.26	4.25	4.24	4.31	4.28
			22/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			23/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			24/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			25/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			26/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			27/12/2014	4	2.58	2.53	2.52	2.57	2.59
			28/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			29/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			30/12/2014		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			01/01/2015	4	4.11	4.18	4.07	4.68	4.15
			02/01/2015		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			03/01/2015		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04/01/2015		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			

SUB PROCESO	PTO DE MEDICIÓN	FECHA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO DE MEDICIÓN (seg)					Tiempo prom (seg)	Qsp 1 (l/seg)
				T1	T2	T3	T4	T5		

1	20/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
	21/12/2014	1	4.89	4.92	4.79	4.63	4.86	4.85	0.21
	22/12/2014	1	4.68	4.70	4.59	4.82	4.73	4.70	0.21
	23/12/2014	1	2.90	2.95	2.82	2.89	2.73	2.87	0.35
	24/12/2014	1	1.90	1.72	1.87	1.80	1.78	1.82	0.55
	25/12/2014	1	1.76	1.81	1.89	1.73	1.51	1.77	0.57
	26/12/2014	1	1.26	1.34	1.38	1.27	1.29	1.30	0.77
	27/12/2014	1	1.68	1.78	1.65	1.65	1.68	1.67	0.60
	28/12/2014	1	1.81	1.73	1.72	1.80	1.91	1.78	0.56
	29/12/2014	1	1.63	1.59	1.78	1.64	1.71	1.66	0.60
	30/12/2014	1	1.77	1.72	1.52	1.20	1.58	1.61	0.62
	01/01/2015	1	1.85	1.76	1.86	1.91	1.90	1.87	0.53
	02/01/2015	1	1.60	1.74	1.69	1.70	1.65	1.68	0.60
	03/01/2015	1	1.63	1.59	1.68	1.69	1.75	1.67	0.60
	04/01/2015	1	1.86	1.79	1.73	1.84	1.92	1.83	0.55
	2	No hubo gasto alguno en este punto durante toda la campaña							
3	20/12/2014	4	8.39	8.39	8.40	8.36	8.34	8.38	0.48
	21/12/2014	4	8.06	8.09	8.07	8.13	8.09	8.08	0.49
	22/12/2014	1	27.30	27.38	27.35	27.41	27.40	27.38	0.04
	23/12/2014	1	27.50	27.62	27.58	27.51	27.55	27.55	0.04
	24/12/2014	1	9.38	9.51	9.70	9.45	9.48	9.48	0.11
	25/12/2014	1	9.42	9.86	9.94	9.88	9.81	9.85	0.10
	26/12/2014	1	9.35	9.27	9.32	9.39	9.31	9.33	0.11
	27/12/2014	1	9.33	9.43	9.58	9.43	9.46	9.44	0.11
	28/12/2014	1	9.73	9.68	0.63	9.65	9.61	9.65	0.10
	29/12/2014	1	9.59	10.48	10.51	10.19	10.22	10.30	0.10
	30/12/2014	1	9.76	9.71	9.79	9.82	9.71	9.75	0.10
	01/01/2015	1	10.21	10.09	10.18	10.25	10.23	10.21	0.10
	02/01/2015	1	10.29	10.21	10.26	10.20	10.24	10.24	0.10
	03/01/2015	1	10.27	10.27	10.23	10.28	10.21	10.26	0.10
04/01/2015	1	10.07	10.12	10.18	10.15	10.08	10.12	0.10	

ÁREA DE  
MOLIENDA

		20/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		21/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		22/12/2014	4	14.41	14.45	14.44	14.52	14.46	14.45	0.28
		23/12/2014	4	14.42	14.49	14.51	14.47	14.45	14.47	0.28
		24/12/2014	4	6.83	6.89	6.82	6.81	6.81	6.82	0.59
		25/12/2014	4	6.91	6.98	6.94	6.90	6.99	6.94	0.58
		26/12/2014	4	6.10	6.17	6.21	6.15	6.15	6.16	0.65
	<b>4</b>	27/12/2014	4	14.66	14.22	14.15	14.21	14.16	14.20	0.28
		28/12/2014	4	6.32	6.31	6.36	6.29	6.34	6.32	0.63
		29/12/2014	4	6.91	6.86	6.93	6.89	6.91	6.90	0.58
		30/12/2014	4	6.27	6.25	6.31	6.23	6.22	6.25	0.64
		01/01/2015	4	7.48	7.44	7.46	7.37	7.39	7.43	0.54
		02/01/2015	4	6.39	6.35	6.38	6.44	6.41	6.39	0.63
		03/01/2015	4	6.92	6.96	6.97	6.91	7.03	6.95	0.58
		04/01/2015	4	6.44	6.41	6.39	6.42	6.35	6.41	0.62
		20/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		21/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		22/12/2014	4	12.48	12.41	12.47	12.43	12.46	12.45	0.32
		23/12/2014	4	12.47	12.43	12.41	12.47	12.45	12.45	0.32
		24/12/2014	4	6.43	6.39	6.42	6.44	6.47	6.43	0.62
		25/12/2014	4	6.45	6.49	6.47	6.51	6.43	6.47	0.62
		26/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	<b>4.1</b>	27/12/2014	4	7.18	7.22	7.17	7.15	7.18	7.18	0.56
		28/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		29/12/2014	4	7.64	7.71	7.66	7.68	7.64	7.66	0.52
		30/12/2014	4	7.42	7.38	7.39	7.45	7.41	7.41	0.54
		01/01/2015	4	7.46	7.44	7.41	7.40	7.43	7.43	0.54
		02/01/2015	4	7.45	7.42	7.47	7.41	7.44	7.44	0.54
		03/01/2015	4	7.41	7.44	7.38	7.43	7.42	7.42	0.54
		04/01/2015	4	7.18	7.22	7.16	7.21	7.13	7.18	0.56
	<b>5</b>	20/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

ÁREA DE FLOTACIÓN		21/12/2014	1	12.21	12.29	12.40	12.33	12.25	12.29	0.08	
		22/12/2014	1	12.86	12.89	12.82	12.83	12.90	12.86	0.08	
		23/12/2014	1	7.76	7.70	7.71	7.78	7.12	7.72	0.13	
		24/12/2014	1	7.49	7.56	7.47	7.51	7.42	7.49	0.13	
		25/12/2014	1	7.41	7.47	7.43	7.49	7.45	7.45	0.13	
		26/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
		27/12/2014	1	11.59	11.62	11.56	11.49	11.48	11.55	0.09	
		28/12/2014	1	11.20	10.70	10.33	10.30	10.10	10.44	0.10	
		29/12/2014	1	7.34	7.39	7.31	7.34	7.38	7.35	0.14	
		30/12/2014	1	7.29	7.31	7.34	7.32	7.37	7.32	0.14	
		01/01/2015	1	7.34	7.29	7.33	7.31	7.35	7.33	0.14	
		02/01/2015	1	7.41	7.48	7.45	7.41	7.47	7.44	0.13	
		03/01/2015	1	7.42	7.47	7.42	7.43	7.51	7.44	0.13	
		04/01/2015	1	7.39	7.37	11.33	7.41	7.36	7.39	0.14	
		6	20/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			21/12/2014	1	12.21	12.29	12.40	12.33	12.25	12.29	0.08
			22/12/2014	1	12.86	12.89	12.82	12.83	12.90	12.86	0.08
			23/12/2014	1	7.76	7.70	7.71	7.78	7.12	7.72	0.13
			24/12/2014	1	7.49	7.56	7.47	7.51	7.42	7.49	0.13
			25/12/2014	1	7.41	7.47	7.43	7.49	7.45	7.45	0.13
			26/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			27/12/2014	1	11.59	11.62	11.56	11.49	11.48	11.55	0.09
			28/12/2014	1	11.20	10.70	10.33	10.30	10.10	10.44	0.10
			29/12/2014	1	7.34	7.39	7.31	7.34	7.38	7.35	0.14
			30/12/2014	1	7.29	7.31	7.34	7.32	7.37	7.32	0.14
			01/01/2015	1	7.34	7.29	7.33	7.31	7.35	7.33	0.14
			02/01/2015	1	7.41	7.48	7.45	7.41	7.47	7.44	0.13
			03/01/2015	1	7.42	7.47	7.42	7.43	7.51	7.44	0.13
		04/01/2015	1	7.39	7.37	11.33	7.41	7.36	7.39	0.14	
		7	20/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
			21/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

	22/12/2014	4	12.43	12.48	12.45	12.51	12.53	12.48	0.32
	23/12/2014	4	18.28	18.24	18.26	18.31	18.29	18.28	0.22
	24/12/2014	4	6.68	6.64	6.71	6.75	6.69	6.69	0.60
	25/12/2014	4	7.03	6.91	6.93	6.98	6.85	6.94	0.58
	26/12/2014	4	5.61	5.63	5.66	5.64	5.69	5.64	0.71
	27/12/2014	4	7.18	7.15	7.22	7.22	7.13	7.18	0.56
	28/12/2014	4	5.58	5.55	5.63	5.59	5.65	5.60	0.71
	29/12/2014	4	7.82	7.74	7.79	7.76	7.79	7.78	0.51
	30/12/2014	4	7.85	7.82	7.91	7.86	7.83	7.85	0.51
	01/01/2015	4	7.71	7.89	7.85	7.82	7.86	7.84	0.51
	02/01/2015	4	7.82	7.79	7.74	7.76	7.80	7.78	0.51
	03/01/2015	4	7.88	7.92	7.87	7.91	7.83	7.89	0.51
	04/01/2015	4	7.22	7.27	7.24	7.28	7.29	7.26	0.55
<b>8</b>	20/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	21/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	22/12/2014	4	25.37	25.40	25.46	25.41	25.43	25.41	0.16
	23/12/2014	4	27.28	27.23	27.26	27.34	27.33	27.29	0.15
	24/12/2014	4	8.26	8.30	8.31	8.25	8.29	8.28	0.48
	25/12/2014	4	8.24	8.24	8.26	8.31	8.27	8.26	0.48
	26/12/2014	4	6.21	6.30	6.24	6.23	6.26	6.24	0.64
	27/12/2014	4	23.14	23.16	23.18	23.20	23.12	23.16	0.17
	28/12/2014	4	6.31	6.29	6.26	6.26	6.23	6.26	0.64
	29/12/2014	4	8.23	8.27	8.28	8.29	8.25	8.27	0.48
	30/12/2014	4	8.25	8.28	8.32	8.26	8.30	8.28	0.48
	01/01/2015	4	22.24	22.25	22.27	22.31	22.27	22.26	0.18
	02/01/2015	4	7.44	7.47	7.41	7.48	7.40	7.44	0.54
	03/01/2015	4	8.30	8.23	8.27	8.25	8.28	8.27	0.48
04/01/2015	4	8.23	8.29	8.31	8.27	8.24	8.27	0.48	
<b>8.1</b>	No hubo gasto alguno en este punto durante toda la campaña								
<b>9</b>	20/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	21/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

		22/12/2014	1	18.72	18.69	18.64	18.66	18.70	18.68	0.05
		23/12/2014	1	18.67	18.69	18.72	18.75	18.69	18.70	0.05
		24/12/2014	1	8.74	8.71	8.69	8.66	8.72	8.71	0.11
		25/12/2014	1	8.75	8.66	8.70	8.68	8.72	8.70	0.11
		26/12/2014	1	8.71	8.74	8.69	8.75	8.72	8.72	0.11
		27/12/2014	1	18.76	18.71	18.77	18.74	18.80	18.76	0.05
		28/12/2014	1	8.68	8.71	8.73	8.65	8.69	8.69	0.12
		29/12/2014	1	8.74	8.67	8.67	8.69	8.75	8.70	0.11
		30/12/2014	1	8.66	8.68	8.73	8.70	8.71	8.70	0.11
		01/01/2015	1	8.64	8.69	8.71	8.67	8.70	8.69	0.12
		02/01/2015	1	8.77	8.74	8.69	8.75	8.73	8.74	0.11
		03/01/2015	1	8.71	8.76	8.74	8.69	8.71	8.72	0.11
		04/01/2015	1	8.69	8.71	8.74	8.75	8.66	8.71	0.11
	<b>10</b>	20/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		21/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		22/12/2014	1	25.38	25.32	25.41	25.37	25.37	25.37	0.04
		23/12/2014	1	25.25	25.31	25.26	25.29	25.27	25.27	0.04
		24/12/2014	1	7.31	7.34	25.29	25.32	25.29	19.31	0.05
		25/12/2014	1	7.39	7.36	7.41	7.35	7.36	7.37	0.14
		26/12/2014	1	7.29	7.28	7.26	7.30	7.32	7.29	0.14
		27/12/2014	1	7.24	7.23	7.25	7.22	7.28	7.24	0.14
		28/12/2014	1	7.38	7.37	7.31	7.36	7.40	7.37	0.14
		29/12/2014	1	7.38	7.33	7.36	7.32	7.31	7.34	0.14
		30/12/2014	1	7.41	7.44	7.43	7.35	7.42	7.42	0.13
		01/01/2015	1	7.36	7.41	7.42	7.42	7.37	7.40	0.14
		02/01/2015	1	7.32	7.35	7.37	7.39	7.38	7.37	0.14
		03/01/2015	1	7.36	7.32	7.31	7.39	7.34	7.34	0.14
	04/01/2015	1	7.47	7.44	7.41	7.44	7.45	7.44	0.13	
	<b>11</b>	20/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		21/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		22/12/2014	1	26.63	26.68	26.65	26.65	26.69	26.66	0.04

		23/12/2014	1	26.73	26.77	26.72	26.75	26.71	26.73	0.04
		24/12/2014	1	9.76	9.78	9.77	9.75	9.73	9.76	0.10
		25/12/2014	1	9.79	9.76	9.77	9.80	9.74	9.77	0.10
		26/12/2014	1	8.79	9.78	9.81	9.84	9.82	9.80	0.10
		27/12/2014	1	9.80	8.76	9.74	9.79	9.77	9.77	0.10
		28/12/2014	1	9.54	9.51	9.59	9.56	9.53	9.54	0.10
		29/12/2014	1	9.68	9.62	9.69	9.66	9.70	9.68	0.10
		30/12/2014	1	9.73	9.69	9.75	9.70	9.71	9.71	0.10
		01/01/2015	1	9.65	9.68	9.63	9.66	9.66	9.66	0.10
		02/01/2015	1	9.66	9.68	9.70	9.71	9.69	9.69	0.10
		03/01/2015	1	9.72	9.69	9.64	9.71	9.67	9.69	0.10
		04/01/2015	1	9.61	9.68	9.65	9.63	9.63	9.64	0.10
	<b>12</b>	20/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		21/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		22/12/2014	1	22.79	22.57	22.53	22.55	22.58	22.57	0.04
		23/12/2014	1	22.48	22.45	22.43	22.45	22.47	22.46	0.04
		24/12/2014	1	7.69	7.67	7.65	6.68	7.63	7.65	0.13
		25/12/2014	1	7.69	7.68	7.70	7.62	7.66	7.68	0.13
		26/12/2014	1	7.63	7.62	7.62	7.69	7.65	7.63	0.13
		27/12/2014	1	7.63	7.66	7.70	7.68	7.67	7.67	0.13
		28/12/2014	1	7.87	7.81	7.88	7.85	7.84	7.85	0.13
		29/12/2014	1	7.83	7.85	7.82	7.79	7.80	7.82	0.13
		30/12/2014	1	7.86	7.87	7.91	7.89	7.85	7.87	0.13
		01/01/2015	1	7.88	7.87	7.83	7.89	7.84	7.86	0.13
		02/01/2015	1	7.85	7.84	7.89	7.88	7.87	7.87	0.13
		03/01/2015	1	7.86	7.91	7.88	7.87	9.90	7.89	0.13
	04/01/2015	1	7.87	7.87	7.84	7.91	7.89	7.88	0.13	
	<b>13</b>	20/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		21/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		22/12/2014	1	22.22	22.15	22.18	22.19	22.20	22.19	0.05
		23/12/2014	1	22.23	22.21	22.21	22.17	22.18	22.20	0.05

	24/12/2014	1	6.15	6.16	6.11	6.13	6.12	6.13	0.16
	25/12/2014	1	6.09	6.10	6.13	6.12	6.08	6.10	0.16
	26/12/2014	1	6.11	6.08	6.06	6.09	6.06	6.08	0.16
	27/12/2014	1	6.03	6.09	6.06	6.07	6.02	6.05	0.17
	28/12/2014	1	6.07	6.11	6.13	6.09	6.10	6.10	0.16
	29/12/2014	1	6.08	6.05	6.07	6.08	6.10	6.08	0.16
	30/12/2014	1	6.06	6.09	6.10	6.08	6.11	6.09	0.16
	01/01/2015	1	6.08	6.03	6.05	6.06	6.07	6.06	0.17
	02/01/2015	1	6.11	6.07	6.09	6.13	6.12	6.11	0.16
	03/01/2015	1	6.03	6.08	6.04	6.03	6.09	6.05	0.17
	04/01/2015	1	6.13	6.12	6.07	6.10	6.09	6.10	0.16
<b>14</b>	20/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	21/12/2014	1	17.21	17.19	17.16	17.20	17.19	17.19	0.06
	22/12/2014	1	30.10	30.90	30.30	30.00	30.40	30.27	0.03
	23/12/2014	1	30.23	30.19	30.26	30.22	30.18	30.21	0.03
	24/12/2014	1	14.65	14.62	14.70	14.66	14.61	14.64	0.07
	25/12/2014	1	14.41	14.38	14.30	14.36	14.39	14.38	0.07
	26/12/2014	1	8.40	8.32	8.41	8.36	8.33	8.36	0.12
	27/12/2014	1	14.15	14.77	14.24	14.96	14.15	14.39	0.07
	28/12/2014	1	8.36	8.15	8.20	8.33	7.98	8.23	0.12
	29/12/2014	1	8.38	8.41	8.33	8.32	8.35	8.35	0.12
	30/12/2014	1	8.41	8.48	8.45	8.48	8.39	8.45	0.12
	01/01/2015	1	8.17	8.27	8.23	8.19	8.20	8.21	0.12
	02/01/2015	1	8.29	8.27	8.26	8.31	8.27	8.28	0.12
	03/01/2015	1	8.26	8.31	8.28	8.29	8.30	8.29	0.12
04/01/2015	1	8.31	8.33	8.28	8.29	8.26	8.29	0.12	
<b>14.1</b>	No hubo gasto alguno en este punto durante toda la campaña								
<b>15</b>	20/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	21/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	22/12/2014	4	25.86	25.81	25.79	25.80	25.85	25.82	0.15
	23/12/2014	4	25.89	25.87	25.82	25.84	25.83	25.85	0.15



		24/12/2014	4	9.69	9.65	9.64	9.68	9.66	9.66	0.41
		25/12/2014	4	9.83	9.87	9.86	8.85	9.86	9.85	0.41
		26/12/2014	4	7.88	7.92	7.91	7.90	7.87	7.90	0.51
		27/12/2014	4	23.97	23.95	24.01	23.97	23.99	23.98	0.17
		28/12/2014	4	7.92	7.97	7.94	7.95	9.98	7.95	0.50
		29/12/2014	4	9.91	9.98	9.97	9.90	9.94	9.94	0.40
		30/12/2014	4	9.93	9.92	9.96	9.91	9.95	9.93	0.40
		01/01/2015	4	25.90	25.94	25.93	25.93	25.92	25.93	0.15
		02/01/2015	4	9.96	9.97	9.91	9.93	9.96	9.95	0.40
		03/01/2015	4	9.98	10.02	10.01	9.96	9.99	9.99	0.40
		04/01/2015	4	9.98	9.99	9.99	9.95	10.03	9.99	0.40
	<b>16</b>	20/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		21/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		22/12/2014	4	23.60	23.65	23.59	23.62	23.64	23.62	0.17
		23/12/2014	4	25.66	25.70	25.63	25.69	25.69	25.68	0.16
		24/12/2014	4	7.03	7.04	7.08	7.07	7.09	7.06	0.57
		25/12/2014	4	7.66	7.61	0.63	7.69	7.65	7.64	0.52
		26/12/2014	4	6.69	7.04	7.01	7.00	6.02	6.90	0.58
		27/12/2014	4	23.71	23.75	23.76	23.78	23.75	23.75	0.17
		28/12/2014	4	6.79	6.78	6.72	6.75	7.76	6.77	0.59
		29/12/2014	4	7.82	7.81	7.83	7.78	7.74	7.80	0.51
		30/12/2014	4	7.79	7.74	7.73	7.70	7.76	7.74	0.52
		01/01/2015	4	22.71	22.75	22.75	22.78	22.77	22.76	0.18
		02/01/2015	4	7.69	7.72	7.73	7.74	7.00	7.71	0.52
		03/01/2015	4	7.74	7.72	7.70	7.71	7.73	7.72	0.52
		04/01/2015	4	7.53	7.58	7.54	7.56	7.51	7.54	0.53
	<b>17</b>	20/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		21/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		22/12/2014	1	22.61	22.67	7.62	22.63	7.65	17.63	0.06
		23/12/2014	1	22.74	22.71	22.70	22.76	7.72	22.73	0.04
		24/12/2014	1	8.62	8.61	8.65	8.64	8.63	8.63	0.12

		25/12/2014	1	8.70	8.68	8.66	8.67	8.72	8.68	0.12
		26/12/2014	1	8.75	8.73	8.69	8.68	8.71	8.71	0.11
		27/12/2014	1	12.59	12.61	12.63	12.64	12.60	12.61	0.08
		28/12/2014	1	8.61	8.63	8.65	8.62	8.65	8.63	0.12
		29/12/2014	1	8.62	8.64	8.67	8.66	8.63	8.64	0.12
		30/12/2014	1	8.64	8.60	8.61	8.63	8.67	8.63	0.12
		01/01/2015	1	22.75	22.74	22.72	22.70	22.76	22.74	0.04
		02/01/2015	1	8.72	8.71	8.74	8.75	8.68	8.72	0.11
		03/01/2015	1	8.69	8.67	8.73	8.69	8.71	8.70	0.11
		04/01/2015	1	8.70	8.75	8.71	8.72	8.73	8.72	0.11
	<b>18</b>	20/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		21/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		22/12/2014	1	26.76	26.81	26.81	16.77	26.78	26.78	0.04
		23/12/2014	1	22.93	22.87	22.89	22.90	22.92	22.90	0.04
		24/12/2014	1	9.79	9.77	9.80	9.77	9.85	9.79	0.10
		25/12/2014	1	9.81	9.85	9.84	9.91	9.87	9.85	0.10
		26/12/2014	1	8.84	8.87	8.91	8.86	8.89	8.87	0.11
		27/12/2014	1	16.95	16.87	16.98	17.02	16.91	16.95	0.06
		28/12/2014	1	9.96	9.89	9.87	9.86	9.89	9.88	0.10
		29/12/2014	1	9.85	9.86	9.82	9.85	9.83	9.84	0.10
		30/12/2014	1	9.91	9.91	9.89	9.96	9.95	9.92	0.10
		01/01/2015	1	16.89	16.91	16.93	16.90	16.87	16.90	0.06
		02/01/2015	1	9.88	9.89	9.85	9.83	9.81	9.85	0.10
		03/01/2015	1	9.95	9.92	9.92	9.91	9.99	9.93	0.10
	04/01/2015	1	9.91	9.9	9.89	9.87	9.93	9.90	0.10	
	<b>19</b>	20/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		21/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		22/12/2014	1	26.39	26.42	26.42	26.48	26.45	26.43	0.04
		23/12/2014	1	26.61	26.63	26.65	26.58	26.60	26.61	0.04
		24/12/2014	1	8.74	8.69	8.71	8.67	8.68	8.69	0.12
		25/12/2014	1	8.71	8.78	8.73	8.78	8.69	8.76	0.11

		26/12/2014	1	8.83	8.87	8.79	8.84	8.81	8.83	0.11
		27/12/2014	1	16.99	17.03	17.05	17.03	17.07	17.04	0.06
		28/12/2014	1	8.82	8.87	8.79	8.74	8.78	8.80	0.11
		29/12/2014	1	8.80	8.87	8.87	8.85	8.83	8.85	0.11
		30/12/2014	1	8.91	8.86	8.85	8.89	8.90	8.88	0.11
		01/01/2015	1	10.81	10.85	10.83	10.84	10.87	10.84	0.09
		02/01/2015	1	8.84	8.81	8.84	8.87	8.83	8.84	0.11
		03/01/2015	1	8.85	8.71	8.79	8.77	8.82	8.79	0.11
		04/01/2015	1	8.83	8.91	8.89	8.86	8.86	8.87	0.11
	<b>20</b>	20/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		21/12/2014	1	8.10	8.18	8.12	8.16	8.08	8.13	0.12
		22/12/2014	1	21.14	21.18	21.10	21.17	21.14	21.15	0.05
		23/12/2014	1	21.12	21.09	21.18	21.16	21.16	21.15	0.05
		24/12/2014	1	6.10	6.21	6.16	6.12	6.16	6.15	0.16
		25/12/2014	1	6.13	6.12	6.16	6.12	6.08	6.12	0.16
		26/12/2014	1	6.11	6.06	6.04	6.09	6.02	6.06	0.16
		27/12/2014	1	6.01	6.12	6.09	6.06	6.09	6.08	0.16
		28/12/2014	1	6.15	6.17	6.11	6.22	6.19	6.17	0.16
		29/12/2014	1	6.21	6.19	6.13	6.15	6.13	6.16	0.16
		30/12/2014	1	6.05	6.14	6.01	6.04	6.09	6.06	0.17
		01/01/2015	1	10.09	10.03	10.02	10.09	10.01	10.05	0.10
		02/01/2015	1	6.11	6.16	6.15	6.20	6.17	6.16	0.16
		03/01/2015	1	6.15	6.18	6.13	6.17	6.22	6.17	0.16
	04/01/2015	1	6.17	6.13	6.21	6.12	6.19	6.16	0.16	
	<b>21</b>	20/12/2014	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
		21/12/2014	1	40.54	40.59	40.50	40.51	40.52	40.52	0.02
		22/12/2014	1	34.70	34.68	34.70	34.63	34.69	34.69	0.03
		23/12/2014	1	41.16	41.22	41.19	41.17	41.20	41.19	0.02
		24/12/2014	1	14.67	14.80	14.72	14.69	14.71	14.71	0.07
		25/12/2014	1	9.31	9.27	9.29	9.21	9.26	9.27	0.11
		26/12/2014	1	9.39	9.47	9.32	9.42	9.39	9.40	0.11

	27/12/2014	1	14.52	14.79	14.51	14.52	14.41	14.52	0.07
	28/12/2014	1	9.20	9.14	9.12	9.21	9.32	9.18	0.11
	29/12/2014	1	9.95	9.89	9.91	9.93	9.90	9.91	0.10
	30/12/2014	1	9.61	9.58	9.52	9.54	9.57	9.56	0.10
	01/01/2015	1	13.72	13.79	13.74	13.73	13.65	13.73	0.07
	02/01/2015	1	9.27	9.31	9.26	9.24	9.29	9.27	0.11
	03/01/2015	1	9.52	9.51	9.49	9.47	9.52	9.51	0.11
	04/01/2015	1	9.72	9.80	9.77	9.79	9.81	9.79	0.10
<b>21.1</b>	No hubo gasto alguno en este punto durante toda la campaña								
<b>22</b>	No hubo gasto alguno en este punto durante toda la campaña								
<b>23</b>	No hubo gasto alguno en este punto durante toda la campaña								
<b>24</b>	20/12/2014	1	11.80	11.67	10.91	10.97	11.48	11.37	0.09
	21/12/2014	1	11.65	11.59	11.63	11.67	11.64	11.64	0.09
	22/12/2014	1	25.40	23.30	23.30	23.40	23.60	23.43	0.04
	23/12/2014	1	25.31	25.29	25.33	25.27	25.32	25.31	0.04
	24/12/2014	1	7.76	7.82	7.80	7.80	7.79	7.80	0.13
	25/12/2014	1	7.64	7.72	7.66	7.70	7.65	7.67	0.13
	26/12/2014	1	7.18	7.27	7.23	7.21	7.20	7.21	0.14
	27/12/2014	1	12.76	12.84	12.89	12.83	12.86	12.84	0.08
	28/12/2014	1	7.81	7.84	7.79	7.85	7.78	7.81	0.13
	29/12/2014	1	7.92	7.02	7.04	7.12	7.02	7.06	0.14
	30/12/2014	1	7.87	7.85	7.91	7.88	7.83	7.87	0.13
	01/01/2015	1	7.73	7.74	7.69	7.77	7.72	7.73	0.13
	02/01/2015	1	7.89	7.86	7.90	7.89	7.94	7.90	0.13
	03/01/2015	1	7.87	7.89	7.92	7.86	7.90	7.89	0.13
04/01/2015	1	7.92	7.00	7.96	7.89	7.94	7.92	0.13	

UBICACIÓN	CAUDAL MEDIDO	DESCRIPCIÓN	FECHA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO DE MEDICIÓN (seg)
-----------	---------------	-------------	-------	------------------	--------------------------

					T1	T2	T3	T4	T5
SALIDA DEL ÁREA DE DESPACHO, INGRESO A CAJA C-7	Q3	Este punto de muestreo se encuentra al ingreso de la Caja C-7, el cual proviene del área de despacho, es el agua que escurre del concentrado de mineral antes de su empaque.	20/12/2014	4	7.35	7.38	7.36	7.37	7.39
			21/12/2014	4	3.57	3.54	3.58	3.54	3.58
			22/12/2014	4	1.76	1.75	1.78	1.74	1.77
			23/12/2014	4	1.68	1.69	1.64	1.66	1.68
			24/12/2014	4	1.88	1.89	1.86	1.87	1.85
			25/12/2014	4	1.81	1.83	1.82	1.83	1.85
			26/12/2014	4	1.91	1.95	1.90	1.93	1.92
			27/12/2014	4	7.02	7.03	6.98	7.00	7.00
			28/12/2014	4	1.97	1.95	1.93	1.98	1.96
			29/12/2014	4	1.90	1.87	1.89	1.91	1.90
			30/12/2014	4	1.82	1.81	1.85	1.83	1.81
			01/01/2015	4	4.75	4.73	0.72	7.76	4.73
			02/01/2015	4	1.81	1.85	1.83	1.85	1.82
			03/01/2015	4	1.92	1.95	1.93	1.93	1.94
			04/01/2015	4	1.94	1.86	1.88	1.87	1.89

UBICACIÓN	CAUDAL MEDIDO	DESCRIPCIÓN	FECHA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO DE MEDICIÓN (seg)				
					T1	T2	T3	T4	T5
INGRESO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	QC2	Este punto de muestreo se encuentra en uno de los ingresos a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales, proveniente de la Caja C-2, el cual consiste en el agua de la Caja C-7 y de la Plataforma 2.1. del Relave.	20/12/2014	4	7.34	7.39	7.33	7.36	7.35
			21/12/2014	4	3.55	3.54	3.57	3.52	3.56
			22/12/2014	4	1.75	1.75	1.78	1.77	1.76
			23/12/2014	4	1.68	1.67	1.70	1.66	1.69
			24/12/2014	4	1.91	1.90	1.85	1.83	1.87
			25/12/2014	4	1.31	1.34	1.38	1.30	1.34
			26/12/2014	4	1.46	1.42	1.46	1.43	1.47
			27/12/2014	4	4.26	4.21	4.20	4.24	4.27
			28/12/2014	4	1.24	1.26	1.21	1.29	1.24
			29/12/2014	4	1.22	1.23	1.29	1.26	1.22
			30/12/2014	4	1.27	1.24	1.23	1.21	1.29
			01/01/2015	4	3.08	3.20	3.08	3.03	3.00

		02/01/2015	4	1.28	1.22	1.24	1.20	1.23
		03/01/2015	4	1.23	1.22	1.28	1.25	1.25
		04/01/2015	4	1.23	1.27	1.21	1.28	1.25

UBICACIÓN	CAUDAL MEDIDO	DESCRIPCIÓN	FECHA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO DE MEDICIÓN (seg)				
					T1	T2	T3	T4	T5
INGRESO A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	Q5	Este punto de muestreo se encuentra en uno de los ingresos a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales, proveniente de las Plataformas 1 y 2.2 del Relave.	20/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			21/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			22/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			23/12/2014	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
			24/12/2014	4	1.37	1.34	1.38	1.32	1.35
			25/12/2014	4	1.44	1.46	1.43	1.48	1.43
			26/12/2014	4	1.46	1.48	1.43	1.45	1.42
			27/12/2014	4	1.51	1.47	1.45	1.49	1.50
			28/12/2014	4	1.50	1.48	1.46	1.49	1.49
			29/12/2014	4	1.53	1.49	1.47	1.46	1.50
			30/12/2014	4	1.55	1.50	1.53	1.47	1.49
			01/01/2015	4	1.52	1.48	1.49	1.46	1.50
			02/01/2015	4	1.51	1.45	1.48	1.49	1.47
			03/01/2015	4	1.52	1.53	1.54	1.51	1.51
04/01/2015	4	1.46	1.47	1.49	1.50	1.46			

UBICACIÓN	CAUDAL MEDIDO	DESCRIPCIÓN	FECHA	VOLUMEN EN (litros)	TIEMPO DE MEDICIÓN (seg)				
					T1	T2	T3	T4	T5
SALIDA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	QV	Se ubica en el punto de vertimiento de los efluentes de la Planta de Tratamiento de Aguas	20/12/2014	10	4.96	4.92	4.96	4.94	4.91
			21/12/2014	10	4.89	4.93	4.94	4.90	4.91
			22/12/2014	10	4.45	4.53	4.47	4.47	4.44
			23/12/2014	10	4.31	4.31	4.30	4.33	4.32
			24/12/2014	10	1.86	1.79	1.85	1.81	1.87
			25/12/2014	10	1.82	1.81	1.85	1.80	1.82

	Residuales Industriales más el Reboce del reservorio hacia el río Santa, el vertimiento se realiza mediante una tubería de 6".	26/12/2014	10	1.84	1.86	1.86	1.83	1.82
		27/12/2014	10	1.80	1.84	1.87	1.83	1.85
		28/12/2014	10	1.82	1.88	1.89	1.85	1.85
		29/12/2014	10	1.85	1.83	1.86		
		30/12/2014	10	1.81	1.83	1.82		
		01/01/2015	10	1.94				
		02/01/2015	10	1.81				
		03/01/2015	10	1.86				
		04/01/2015	10	1.82	1.85	1.82	1.83	1.80

## 2. RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI - SNA CON REGISTRO No LE - 065**



**INFORME DE ENSAYO AG148573**

<b>CLIENTE</b>	Razón Social: Dirección Regional de Asesoría Técnica de Administración de los Recursos Comunitarios - Chiclayo	Dirección: J. Solano de Heredia Nº 750 - Huancayo
		Razón Social: Ing. Diego Soto Peña
<b>MUESTRA</b>	Producto a analizar: Agua de Río - Agua de Resaca - Fuente Industrial	Referencia: Agua Resaca - Agua Superficial - Agua Resaca - Agua Resaca Industrial
	Matriz: Planta Comunal de Tratamiento de Agua Potable de Chiclayo	Referencia: Planta Comunal de Tratamiento de Agua Potable de Chiclayo
<b>MUESTROS</b>	Responsable: Fecha de recepción: 26/09/2014	Referencia: Planta Comunal de Tratamiento de Agua Potable de Chiclayo
<b>LABORATORIO</b>	Fecha de emisión: 26/09/2014	Referencia: Planta Comunal de Tratamiento de Agua Potable de Chiclayo
	Fecha de validez: 02/10/2014	
	Contacto: (051) 985 511 511	

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTROS				
					Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
<b>SERVICIO DE MUESTREO Y MEDICIÓN</b>									
0402	Acidez o Alcalinidad	Titul. eq.	APHA 9245 (1)	0.01	80	80	70	80	80
0403	Alcalinidad	mg/L eq.	APHA 9243 (1) B. (2) (3) (4)	0.10	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
0404	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	APHA 9243 (1) (2)	0.01	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
0405	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	APHA 9243 (1) (2)	0.01	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
0406	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	APHA 9243 (1) (2)	0.01	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
0407	Alcalinidad total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/L	APHA 9243 (1) (2)	0.01	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
<b>ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS</b>									
0501	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0502	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0503	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0504	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0505	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0506	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0507	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0508	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0509	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0510	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0511	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0512	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0513	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0514	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0515	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0516	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0517	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0518	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0519	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0520	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0521	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0522	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0523	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0524	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0525	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0526	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0527	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0528	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0529	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0530	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0531	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0532	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0533	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0534	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0535	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0536	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0537	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0538	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0539	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0540	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0541	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0542	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0543	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0544	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0545	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0546	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0547	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0548	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0549	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0550	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0551	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0552	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0553	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0554	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0555	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0556	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0557	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0558	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0559	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80
0560	Color aparente	mg/L	APHA 2130 (1)	1	80	80	80	80	80





Huancayo, 08 de Septiembre del 2014

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de la ISO/IEC 17025.

Este resultado es representativo de una muestra única recolectada en el Laboratorio de Calidad Ambiental.

Los resultados son válidos solo para las muestras analizadas en el momento. Los resultados de otros análisis no se encuentran en el presente informe de resultados.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL  
 INSTITUTO NACIONAL DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN MARCO" HUANCAYO  
 Huancayo, Perú. Teléfono: (051) 985 511 511. Fax: (051) 985 511 511. E-mail: labcal@unasm.edu.pe

Página 1 de 1







**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INDECOPI - SNA CON REGISTRO No LE - 065**



Registro N° LE - 065

**INFORME DE ENSAYO AG150004**

**CLIENTE** Razón Social : LESLIE PALCAR JARA - TESISTA  
 Dirección : Huaraz  
 Atención : Leslie Paccar Jara - Tesista

**MUESTRA** Producto declarado : Agua de Riochelo  
 Matriz : Aguas Naturales - Agua Superficial  
 Procedencia : Aguas debajo de la descarga del effluente  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC10004

**MUESTREO** Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM<sup>1</sup>  
 Referencia : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 05/Enero/2015  
 Fecha de análisis : 05 - 12 de Enero/2015  
 Cotización N° : 00149942

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código muestra	SP05
					Fecha muestra	05/01/2015
					Hora muestra	12:30
					Código laboratorio	AG150004
<b>SM SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO</b>						
SM06	Medición de Flujo (Caudal)	Litros	(*)	1	< 1	
SM12	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H <sup>+</sup> & Versión 2012 (*)		7.27	
SM15	Oxígeno Disuelto (en campo)	mg/l	APHA 4500-O <sub>2</sub> (*)	0.01	7.67	
SM16	Temperatura (en campo)	°C	APHA 2590 B (*)		20.1	
SM17	Turbidez (en campo)	UNT	APHA 2130 B (*)	0.01	25.30	
<b>FG ANALISIS FISICOQUIMICOS</b>						
FG06	Cianuro Libre	mg/LCN	Acido barbitárico-píndricoácido (*)	0.002	< 0.002	
FG07	Cianuro Total	mg/LCN	Acido barbitárico-píndricoácido (*)	0.002	< 0.002	
FG08	Cianuro Wad	mg/LCN	Acido barbitárico-píndricoácido (*)	0.002	< 0.002	
FG12	Conductividad <sup>1</sup> (en laboratorio)	µS/cm <sup>1</sup>	APHA 2510 B - Versión 2012		446	
FG26	Sólidos totales disueltos	mg/l	APHA 2540 C (*)	1	9	
FG29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D (*)	1	3	
FG33	Sulfatos	mg/LSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Bario sulfato turbidimétrico (*)	25	< 25	
FG34	Sulfuros	mg/L <sup>2-</sup>	Dimetilpteridindianita (*)	0.020	0.265	
<b>MT METALES TOTALES</b>						
MT03	Arsenio total	mg/LAs	Plata - DDTG (*)	0.050	< 0.050	
MT06	Cadmio total	mg/LCd	Darwin de cadmio (*)	0.002	< 0.002	
MT11	Cobalto total	mg/LCo	Cuprona (*)	0.02	< 0.02	
MT12	Cromo total	mg/LCr	Dibenzotiacetas (*)	0.050	< 0.010	
MT20	Mercurio total	mg/LHg	Jelena de Mercurio (*)	0.025	< 0.025	
MT22	Níquel total	mg/LNi	Dimetilgioxima (*)	0.02	< 0.02	
MT24	Plomo total	mg/LPb	PAR (*)	0.010	1.250	
MT32	Zinc total	mg/LZn	CIPAN (*)	0.05	2.32	
MT33	Cromo V <sup>1</sup>	mg/LCr <sup>6+</sup>	Dimetilcarbonato (*)	0.010	< 0.010	
<b>MD METALES DISUELTOS</b>						
MD03	Arsénico disuelto	mg/LAs	Plata - DDTG (*)	0.050	< 0.050	
MD06	Cadmio disuelto	mg/LCd	Darwin de cadmio (*)	0.002	< 0.002	
MD11	Cobalto disuelto	mg/LCo	Cuprona (*)	0.02	< 0.02	
MD16	Hierro disuelto	mg/LFe	Tiacetas (*)	0.005	< 0.005	
MD24	Plomo disuelto	mg/LPb	PAR (*)	0.010	0.530	
MD32	Zinc disuelto	mg/LZn	CIPAN (*)	0.05	< 0.05	

(\*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INDECOPI-SNA.  
 El reactivo No se encuentra dentro del alcance de la acreditación del Laboratorio de Calidad Ambiental "CAM" - UNASAM.  
<sup>1</sup> Resultados reportados a 25 °C.  
 Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22<sup>a</sup> ed. E190: 2012

NOTA:  
 1. Tiempo de perecibilidad de las muestras:  
 a) Conductividad = 24 días

Huaraz, 12 de Enero del 2015

Quím. Mario Leyva Colles  
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 COP N° 804

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  
 Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.  
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dimeritas se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



### 3. PANEL FOTOGRÁFICO



**FOTO N°1:** Vista Panorámica de la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas



**FOTO N°2:** Levantamiento Topográfico de la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas



**FOTO N°3:** Ubicación de las fuentes de Aguas de aprovisionamiento



**FOTO N°4:** Medición de volúmenes en los puntos de monitoreo



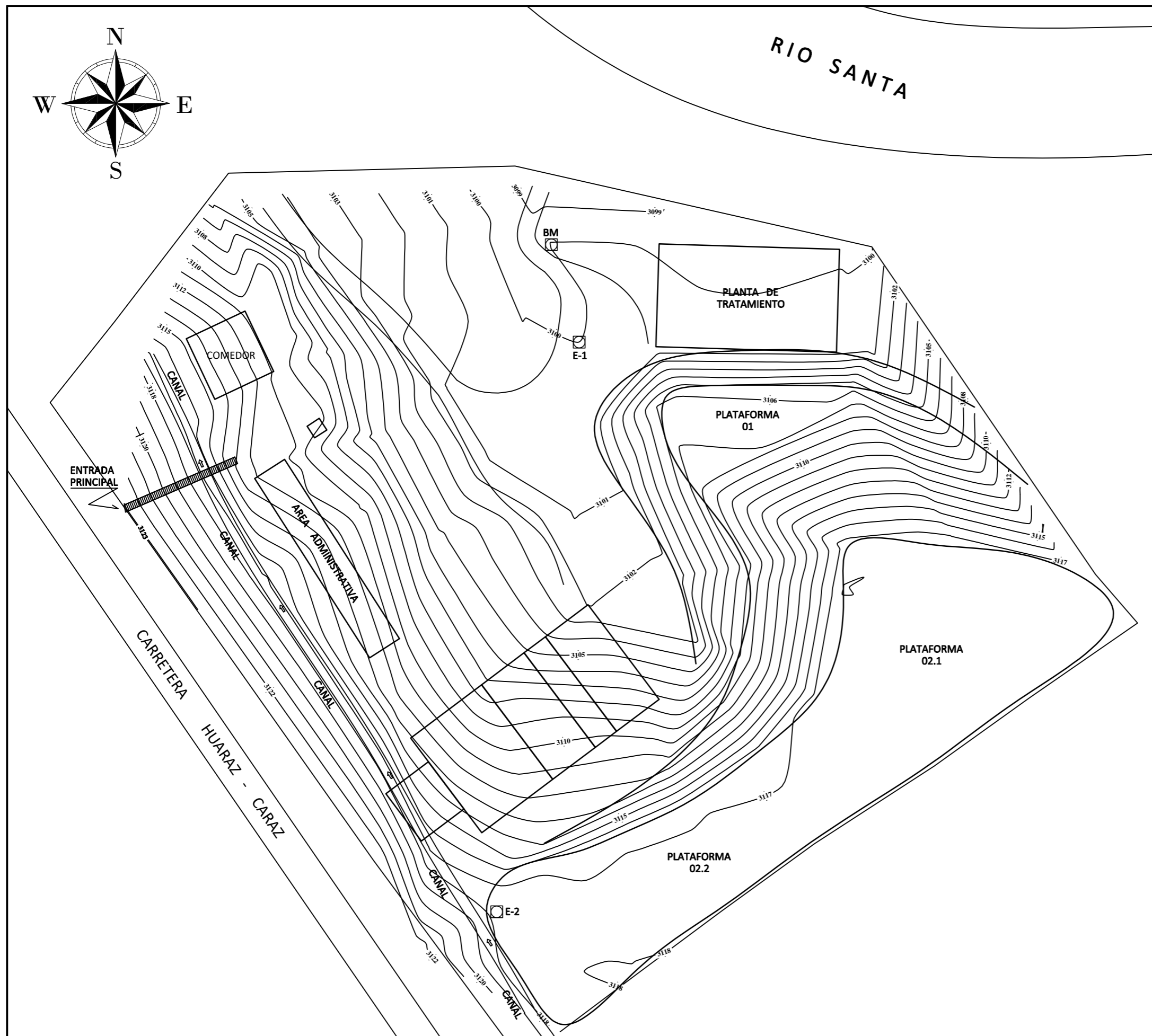
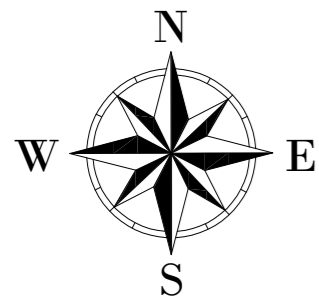
**FOTO N°5:** Medición de volúmenes en los puntos de monitoreo



**FOTO N°6:** Medición de volúmenes en los puntos de monitoreo

#### 4. PLANOS Y ESQUEMAS

- **PG 01:** Topografía Planta General
- **PG 02:** Planta Existente
- **PG 03:** Puntos de Monitoreo de Caudales
- **E-1:** Fuentes de Agua de aprovisionamiento
- **E-2:** Flow Sheet de Planta
- **E-3:** Puntos de Monitoreo de Subprocesos



CUADRO DE COORDENADAS			
PTO.	ESTE	NORTE	COTA
BM	216404	8960644	2800
E-1	216408.98	8960594.55	2800.37
E-2	216395.97	8960526.67	2817.53

## LEYENDA

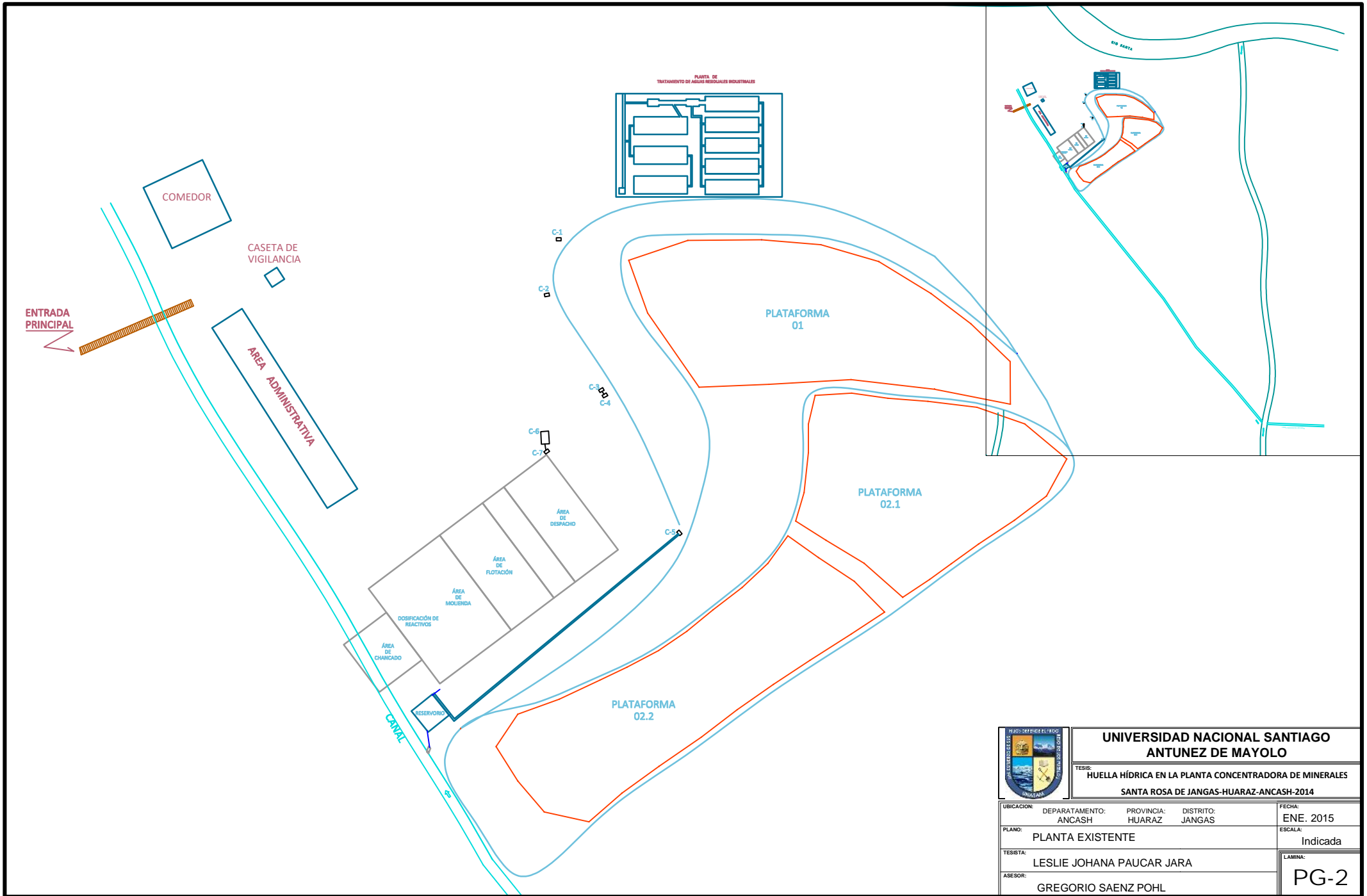
DESCRIPCION	SIMBOLO
CARRERA HUARAZ - CARAZ	
CAMINOS INTERNOS	
CURVAS DE NIVEL	
EJES MAYORES	
EJES MENORES	
EXSTRUCTURAS EXISTENTES	
CANAL EXISTENTE	
ESCALERAS DE INGRESO	
PUNTOS MONUMENTADOS	



**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO  
ANTUNEZ DE MAYOLO**

TESIS:  
**HUELLA HÍDRICA EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE MINERALES  
SANTA ROSA DE JANGAS-HUARAZ-ANCASH-2014**

UBICACION:	DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITO:	FECHA:
	ANCASH	HUARAZ	JANGAS	ENE. 2015
PLANO:	TOPOGRAFÍA PLANTA GENERAL			ESCALA:
				1/500
TESISTA:	LESLIE JOHANA PAUCAR JARA			
ASESOR:	GREGORIO SAENZ POHL			
				LAMINA:
				PG-1



**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO  
ANTUNEZ DE MAYOLO**

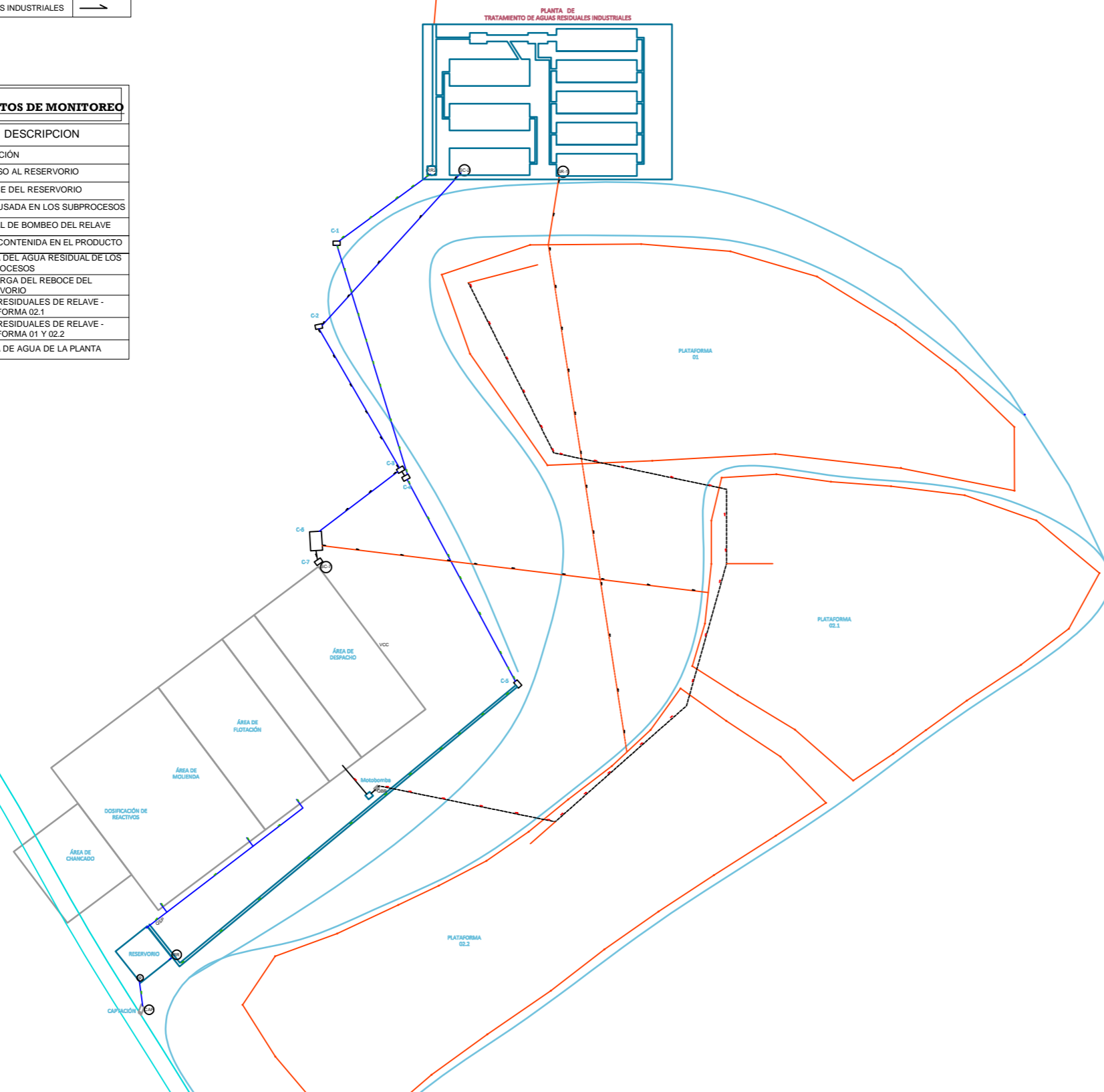
TESIS:  
**HUELLA HÍDRICA EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE MINERALES  
SANTA ROSA DE JANGAS-HUARAZ-ANCASH-2014**

UBICACION:	DEPARTAMENTO: ANCASH	PROVINCIA: HUARAZ	DISTRITO: JANGAS	FECHA: ENE. 2015
PLANO:	PLANTA EXISTENTE			ESCALA: Indicada
TESISTA:	LESLIE JOHANA PAUCAR JARA			LAMINA:
ASESOR:	GREGORIO SAENZ POHL			PG-2

# RIO SANTA

FLUJOS	
DESCRIPCION	SÍMBOLO
AGUA FRESCA	
RELAVE DE MINERAL	
AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	

DETALLE PUNTOS DE MONITOREO	
CÓDIGO	DESCRIPCION
⊙ CAP	CAPTACIÓN
⊙ IR	INGRESO AL RESERVORIO
⊙ ER	REBOCE DEL RESERVORIO
QSP	AGUA USADA EN LOS SUBPROCESOS
QBR	CAUDAL DE BOMBEO DEL RELAVE
VCC	AGUA CONTENIDA EN EL PRODUCTO
⊙ SC-1	SALIDA DEL AGUA RESIDUAL DE LOS SUBPROCESOS
⊙ RR-2	DESCARGA DEL REBOCE DEL RESERVORIO
⊙ SC-2	AGUA RESIDUALES DE RELAVE - PLATAFORMA 02.1
⊙ SR-1	AGUA RESIDUALES DE RELAVE - PLATAFORMA 01 Y 02.2
⊙ SP	SALIDA DE AGUA DE LA PLANTA

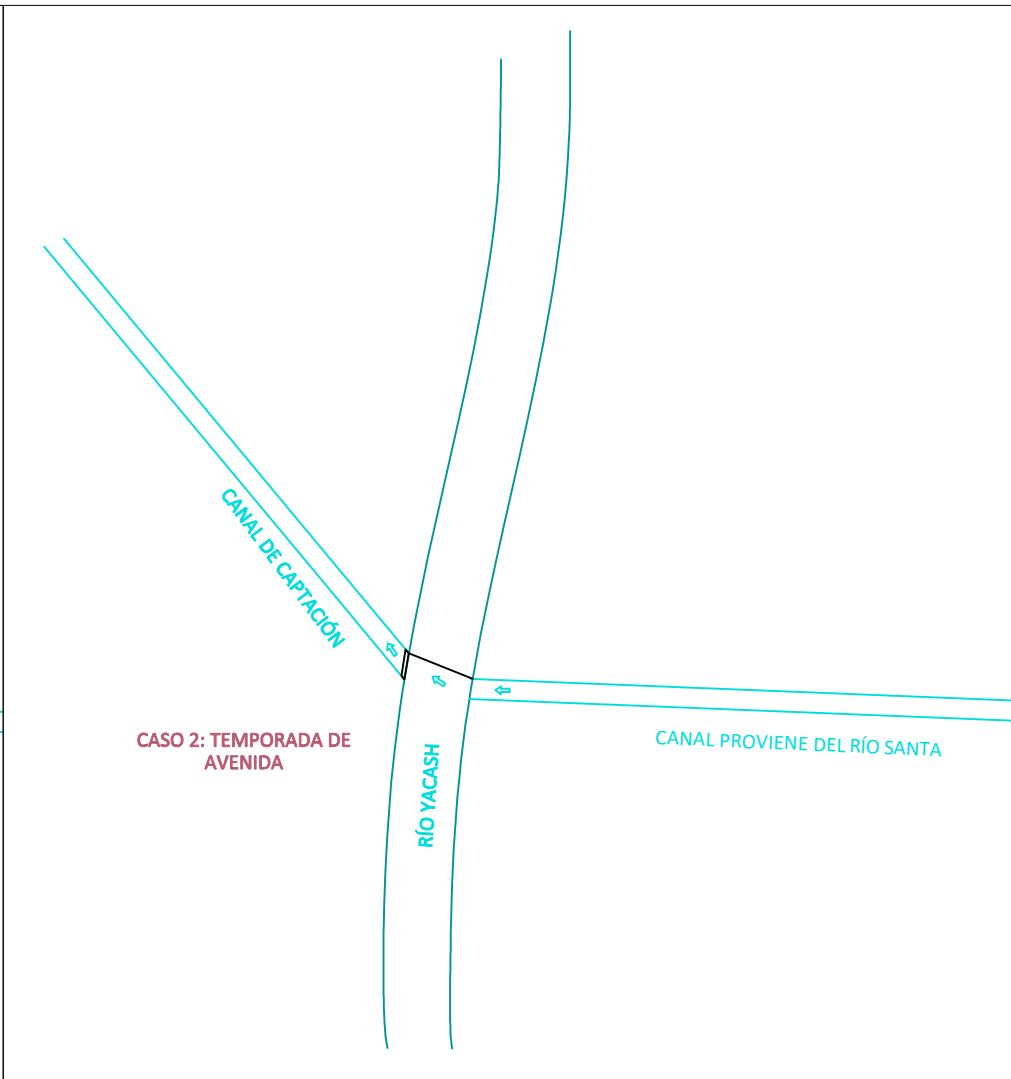
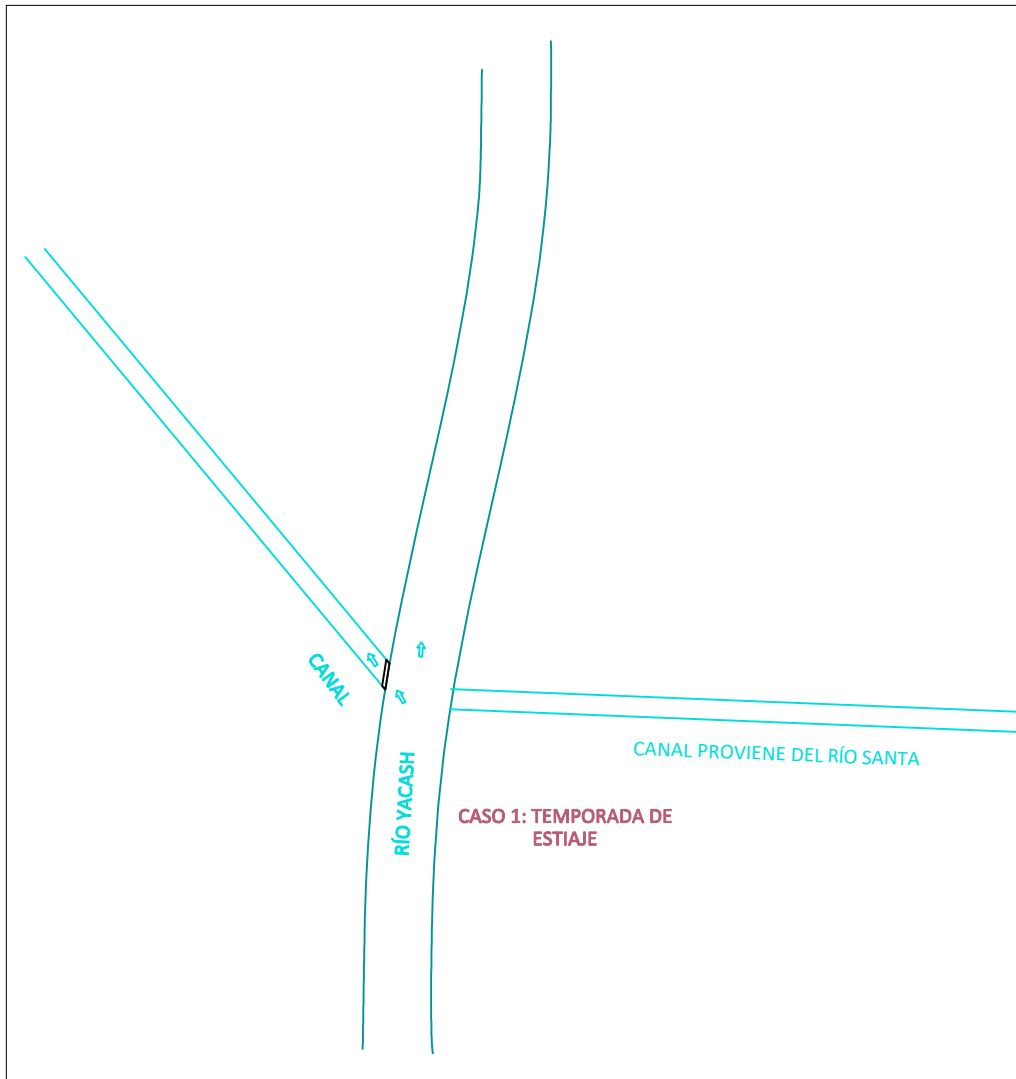


## UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

TESIS:  
**HUELLA HÍDRICA EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE MINERALES SANTA ROSA DE JANGAS-HUARAZ-ANCASH-2014**

UBICACION:	DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITO:	FECHA:
	ANCASH	HUARAZ	JANGAS	ENE. 2015
PLANO:	PUNTOS DE MONITOREO DE CAUDALES			ESCALA:
				Indicada
TESISTA:	LESLIE JOHANA PAUCAR JARA			LAMINA:
ASESOR:	GREGORIO SAENZ POHL			<b>PG-3</b>

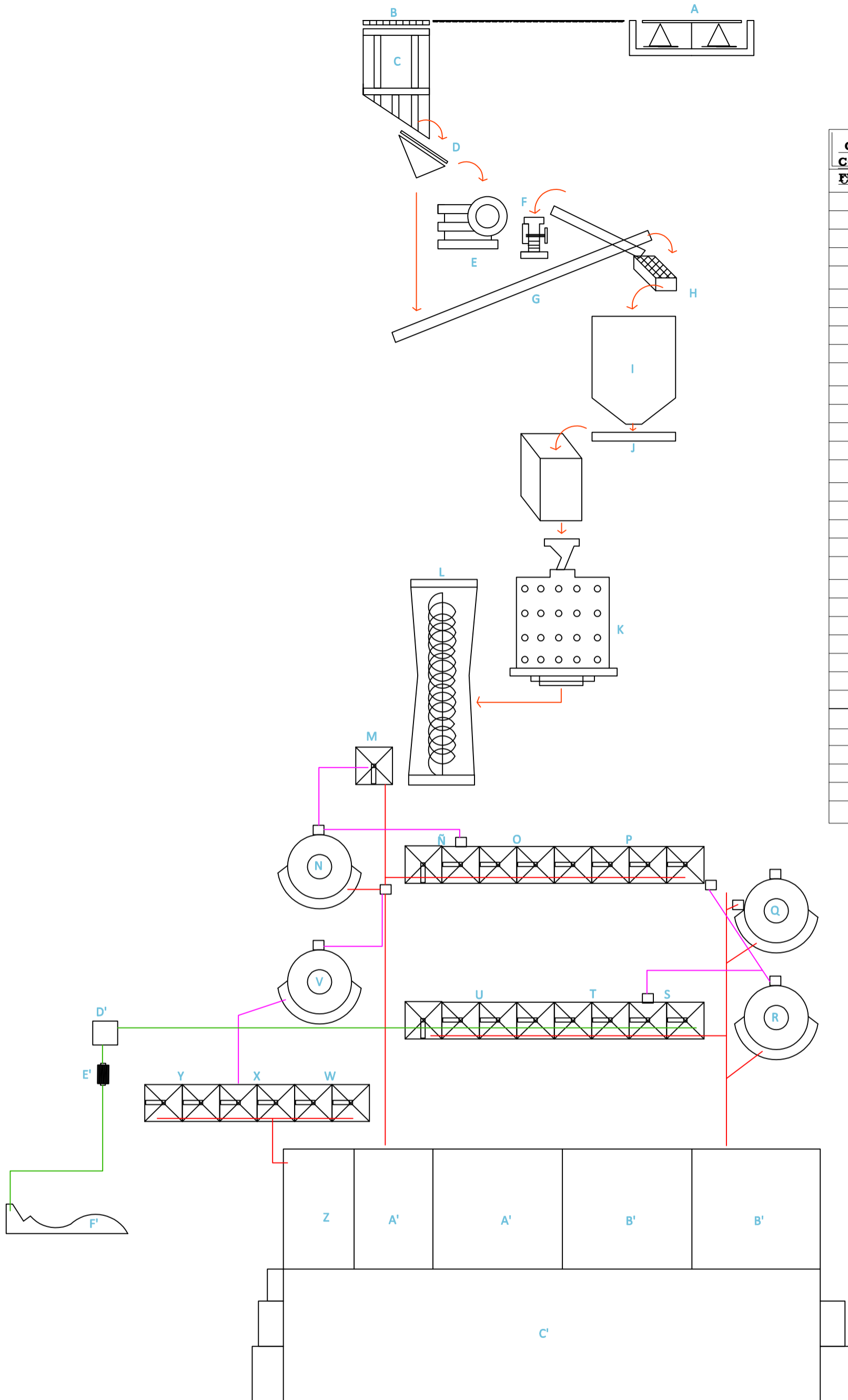




**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO  
ANTUNEZ DE MAYOLO**

TESIS:  
**HUELLA HÍDRICA EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE MINERALES  
SANTA ROSA DE JANGAS-HUARAZ-ANCASH-2014**

UBICACION:	DEPARTAMENTO: ANCASH	PROVINCIA: HUARAZ	DISTRITO: JANGAS	FECHA: ENE. 2015
PLANO:	FUENTES DE AGUA DE ABSTRACCIÓN			ESCALA: Indicada
TESISTA:	LESLIE JOHANA PAUCAR JARA			LAMINA: E-1
ASESOR:	GREGORIO SAENZ POHL			



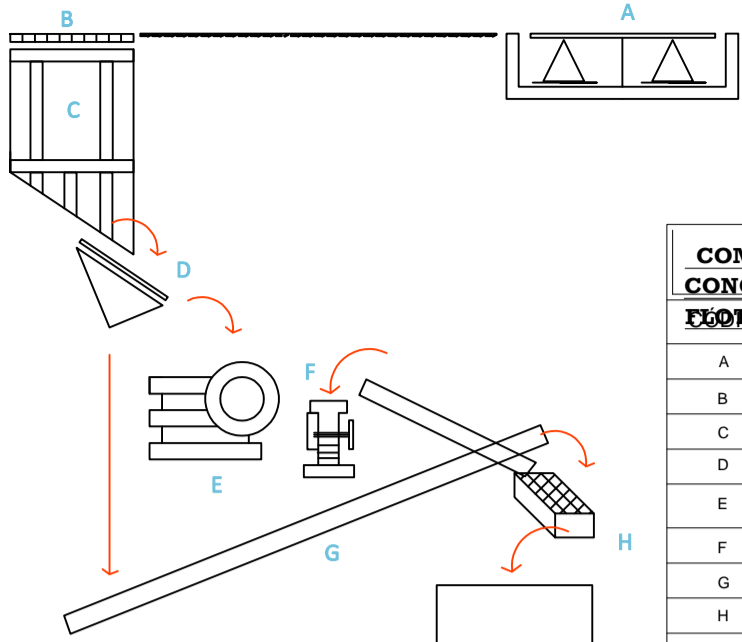
COMPONENTES DEL PROCESO	
FLUJOS	DESCRIPCION
A	BALANZA MECÁNICA
B	ZARANDA DE GRUESOS
C	TOLVA DE MINERAL GRUESO
D	GRIZZLY ESTACIONARIO
E	CHANCADORA DE QUIJADAS
F	CHANCADORA DE QUIJADAS
G	FAJA TRANSPORTADORA
H	ZARANDA VIBRATORIA
I	TOLVA DE MINERAL FINO
J	FAJA TRANSPORTADORA
K	MOLINO DE BOLAS
L	CLASIFICADOR HELICOIDAL
M	CELDA UNITARIA
N	CELDA CIRCULAR
Ñ	CELDA CLEANER
O	CELDA ROUGHER
P	CELDA SCAV. I TIPO DENVER
Q	CELDA CIRCULAR
R	CELDA CIRCULAR
S	CELDA CLEANER
T	CELDA ROUGHER
U	CELDA SCAV. I TIPO DENVER
V	CELDA CIRCULAR
W	CELDA CLEANER
X	CELDA ROUGHER
Y	CELDA SCAV. I TIPO DENVER
Z	COCHA DE CONCENTRADO DE COBRE
A'	COCHA DE CONCENTRADO DE PLOMO-PLATA
B'	COCHA DE CONCENTRADO DE ZINC
C'	DESPACHO DE CONCENTRADOS
D'	CAJA PARA RELAVES
E'	BOMBA DE PULPA
F'	DEPÓSITO DE RELAVES (PLATAFORMAS)



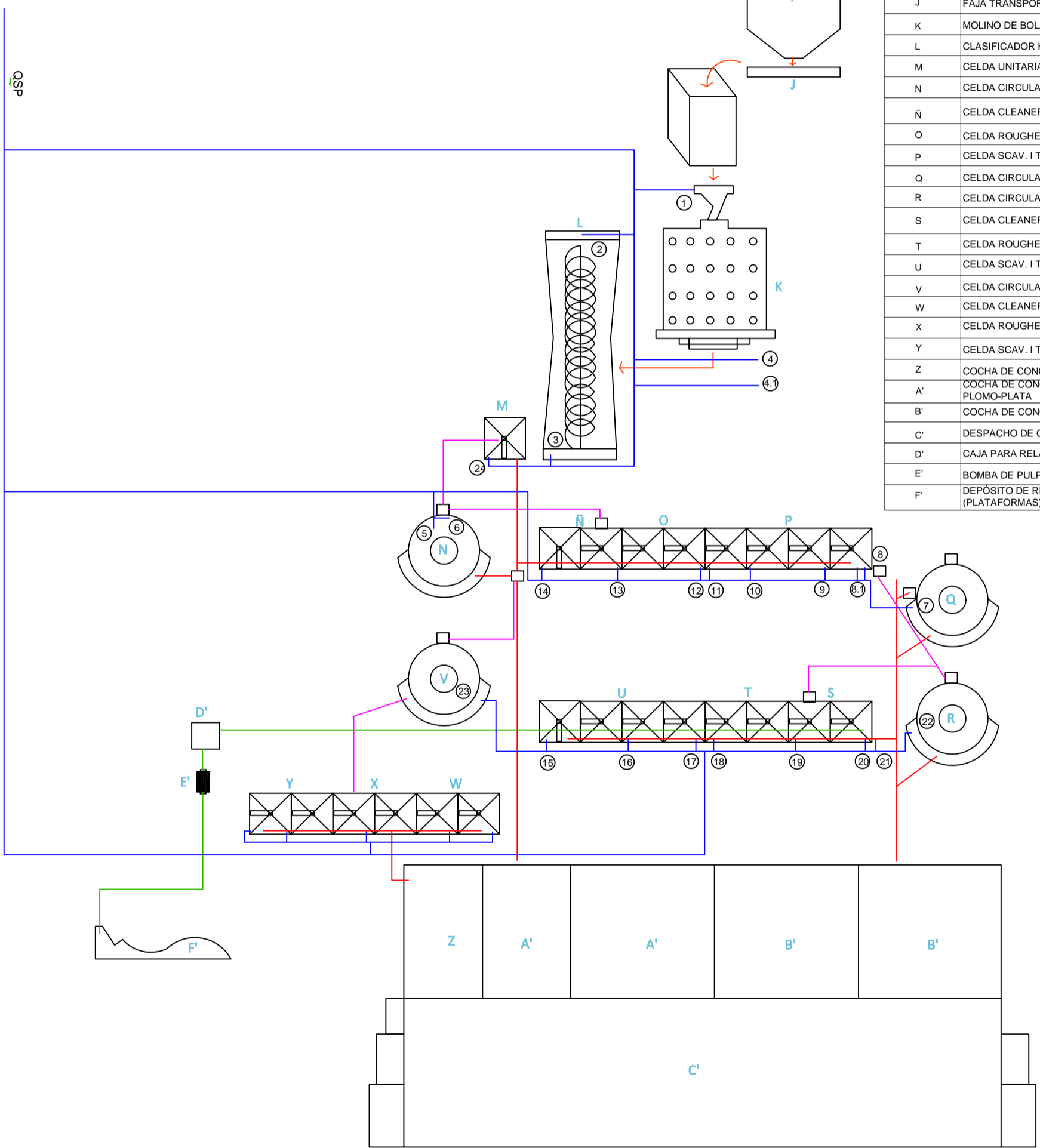
**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO  
ANTUNEZ DE MAYOLO**

TESIS:  
**HUELLA HÍDRICA EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE MINERALES  
SANTA ROSA DE JANGAS-HUARAZ-ANCASH-2014**

UBICACION:	DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITO:	FECHA:
	ANCASH	HUARAZ	JANGAS	ENE. 2015
PLANO:	FLOW SHEET DE PLANTA			ESCALA:
				Indicada
TESISTA:	LESLIE JOHANA PAUCAR JARA			LAMINA:
ASESOR:	GREGORIO CAENZ BOLIV			E-2



COMPONENTES DEL PROCESO	
CONCENTRACIÓN POR FLOTACIÓN	
UBICACIÓN	DESCRIPCION
A	BALANZA MECÁNICA
B	ZARANDA DE GRUESOS
C	TOLVA DE MINERAL GRUESO
D	GRIZZLY ESTACIONARIO
E	CHANCADORA DE QUIJADAS
F	CHANCADORA DE QUIJADAS
G	FAJA TRANSPORTADORA
H	ZARANDA VIBRATORIA
I	TOLVA DE MINERAL FINO
J	FAJA TRANSPORTADORA
K	MOLINO DE BOLAS
L	CLASIFICADOR HELICOIDAL
M	CELDA UNITARIA
N	CELDA CIRCULAR
Ñ	CELDA CLEANER
O	CELDA ROUGHER
P	CELDA SCAV. I TIPO DENVER
Q	CELDA CIRCULAR
R	CELDA CIRCULAR
S	CELDA CLEANER
T	CELDA ROUGHER
U	CELDA SCAV. I TIPO DENVER
V	CELDA CIRCULAR
W	CELDA CLEANER
X	CELDA ROUGHER
Y	CELDA SCAV. I TIPO DENVER
Z	COCHA DE CONCENTRADO DE COBRE
A'	COCHA DE CONCENTRADO DE PLOMO-PLATA
B'	COCHA DE CONCENTRADO DE ZINC
C'	DESPACHO DE CONCENTRADOS
D'	CAJA PARA RELAVES
E'	BOMBA DE PULPA
F'	DEPÓSITO DE RELAVES (PLATAFORMAS)



**UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO**  
 TESIS:  
**HUELLA HÍDRICA EN LA PLANTA CONCENTRADORA DE MINERALES SANTA ROSA DE JANGAS-HUARAZ-ANCASH-2014**

UBICACION:	DEPARTAMENTO:	PROVINCIA:	DISTRITO:	FECHA:
	ANCASH	HUARAZ	JANGAS	ENE. 2015
PLANO:	PUNTOS DE MONITOREO DE SUBPROCESOS			
TESISTA:	LESLIE JOHANA PAUCAR JARA			
ASESOR:	GREGORIO SAENZ BOLI			
				ESCALA: Indicada
				LAMINA: <b>E-3</b>