



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# **FACULTAD DE INGENIERÍA**

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

## “EFICIENCIA DEL FILTRO DE ARCILLA EN LA PURIFICACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de:  
**Ingeniera Civil**

**Autora:**

Soriano Ortiz, Fanny Haydeé

**Asesor:**

Mg. De la Torre Ramirez, María Salomé

CAJAMARCA – PERÚ  
2014

## APROBACIÓN DE LA TESIS

La asesora y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por la Bachiller Fanny Haydeé Soriano Ortiz, denominada:

“EFICIENCIA DEL FILTRO DE ARCILLA EN LA PURIFICACIÓN DE AGUA  
PARA CONSUMO HUMANO EN CAJAMARCA”

---

Ing. Nombres y Apellidos  
**ASESOR**

---

Ing. Nombres y Apellidos  
**JURADO**  
PRESIDENTE

---

Ing. Nombres y Apellidos  
**JURADO**

---

Ing. Nombres y Apellidos  
**JURADO**

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis dos grandiosos hijos que Dios me obsequió, Carlos y Lorena, por su tolerancia y comprensión en el tiempo que les quité para dedicárselo a mis estudios, pues ellos han constituido el pilar fundamental para realizar mis sueños; tengo la certeza que este esfuerzo que estoy por concluir les servirá de ejemplo en su vida profesional.

Una dedicatoria y agradecimiento especial al ser humano extraordinario que Dios puso en mi camino para que sea mi amigo y compañero de toda la vida, bien sabe que este logro es también suyo. Gracias a mi esposo Kike, sin su apoyo, amor y comprensión no hubiese sido posible el progreso de mi vida profesional, tan importante para mí.

Lo dedico también a mi preciosa hermana Nora, a quien amo y extraño, un ser de noble corazón; la persona que nos dio ejemplo de perseverancia, fortaleza en las pruebas más difíciles de la vida y mucha Fe en Dios.

## AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento infinito a Dios por protegerme en cada momento y durante todo mi camino, y dándome fortaleza para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Agradezco a mi madre, modelo de rectitud, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo y por su amor.

A mis hermanos Inés, Marcela, Esperanza, Nora y Carlos, así también a mis sobrinos, por acompañarme durante todo este arduo camino, quienes con su cariño y consejos me dieron fuerza para seguir adelante.

Al señor Lorenzo Cabrera, mi suegro, una persona entregada toda una vida al trabajo artesanal, por su apoyo y su capacidad para guiar mis ideas, ha sido un apoyo invaluable para el desarrollo de esta tesis.

A la Ingeniera María Salomé La Torre Ramírez, por su tiempo compartido y por su apoyo ofrecido en este trabajo.

Al Ingeniero Orlando Aguilar Aliaga, por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis.

Un agradecimiento especial a mis “compañeritos”, quienes con su amistad y ayuda han fortalecido mi empeño.

Agradezco además a la Universidad privada del Norte, por permitir mi formación profesional, a sus buenos docentes, que nos brindaron vastos conocimientos, y de quienes me llevo una gran admiración.

Para todos ellos, muchas gracias y que Dios los bendiga.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DE LA TESIS</b> .....	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	<b>ix</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xii</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Realidad problemática .....	1
1.2. Formulación del problema .....	3
1.3. Justificación .....	3
1.4. Limitaciones.....	4
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo General .....	4
1.5.2. Objetivos Específicos .....	4
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>5</b>
2.1. Antecedentes.....	5
2.2. Bases Teóricas.....	6
2.2.1. Agua Potable.....	6
2.2.1.1. Control de Calidad del Agua.....	6
2.2.1.2. Purificación del Agua.....	7
2.2.1.3. Normas sobre la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS. N° 031.2010-SA.....	8
2.2.1.4. Análisis del Agua.....	14
i. Parámetros del Análisis Físico.....	14
ii. Parámetros del Análisis Químico.....	15
iii. Parámetros del Análisis Bacteriológico.....	16
2.2.2. Arcillas.....	17
2.2.2.1. Propiedades de la Arcillas.....	18
2.2.2.2. Canteras de Arcilla.....	19
2.2.3. Filtros de Arcilla.....	20
2.2.3.1. Filtros de Arcilla con Plata Coloidal.....	20
2.2.3.2. Filtros de Arcilla a base de Caolín.....	22
2.2.3.3. Eficiencia del Filtro.....	23
2.2.3.4. Filtración del Agua.....	24
2.2.5. Diseño de Experimentos.....	25
2.3. Definición de términos básicos.....	26

<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>28</b>
3.1 Formulación de la hipótesis.....	28
3.2. Operacionalización de variables .....	29
<b>CAPÍTULO 4. PRODUCTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL.....</b>	<b>30</b>
<b>CAPÍTULO 5. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
5.1. Tipo de diseño de investigación.....	31
5.2. Material de estudio.....	31
5.2.1. Unidad de estudio.....	31
5.2.3. Muestra.....	31
5.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.....	32
5.3.1. Para recolectar datos.....	32
5.3.1.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	32
5.3.1.2. Procedimiento para recolección de datos.....	42
i. Denominación de los Filtros.....	42
ii. Procedimiento para la elaboración de los Filtros.....	42
5.3.2 Para analizar información.....	49
5.3.2.1. Técnicas e instrumentos para analizar información.....	49
5.3.2.2. Procedimiento para analizar información.....	50
<b>CAPÍTULO 6.DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>50</b>
6.1. Resultados de las características físicas de las arcillas.....	50
6.1.1. Cantera San Ramón.....	51
6.1.2. Cantera El Guitarrero.....	51
6.1.3. Cantera Shudal.....	52
6.1.4. Cantera El Cumbe.....	52
6.1.5. Cantera Namora.....	53
6.2. Resultados del control de flujo del agua en los filtros.....	53
6.3. Resultados de los Análisis organoléptico, Físico, Químico de Metales y bacteriológico.....	54
6.4. Resultados Estadísticos del Experimento.....	55
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>73</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>75</b>
Anexo 01 Resultado de los Análisis de Suelos.....	76
Anexo 02 Resultado de los Análisis Físico, Químico, Bacteriológico y de Metales.....	89
Anexo 03 Resultado del Análisis Estadístico del Experimento.....	90
Anexo 04 Ubicación Georeferenciadas de las Canteras de Arcilla en Google Earth.....	109
Anexo 05 Panel Fotográfico.....	113

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 01.</b>	Acceso al Agua Potable en América Latina .....	1
<b>Tabla 02.</b>	Población con acceso al Agua Potable en Cajamarca.....	2
<b>Tabla 03.</b>	Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos.....	10
<b>Tabla 04.</b>	Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica.....	11
<b>Tabla 05.</b>	Límites Máximos Permisibles de Parámetros Químicos Inorgánicos y Orgánicos.....	12
<b>Tabla 06.</b>	Clasificación de canteras.....	19
<b>Tabla 07.</b>	Operacionalización de variables.....	29
<b>Tabla 08.</b>	Localización de Canteras de Arcilla en Cajamarca.....	33
<b>Tabla 09.</b>	Recolección de muestras de agua del Río Grande.....	38
<b>Tabla 10.</b>	Control del flujo de agua en cada filtro.....	40
<b>Tabla 11.</b>	Características del Filtro.....	42
<b>Tabla 12.</b>	Dosificación de materiales, Filtro Tipo I.....	45
<b>Tabla 13.</b>	Dosificación de materiales, Filtro Tipo II.....	45
<b>Tabla 14.</b>	Características Físicas de la Arcilla San Ramón.....	51
<b>Tabla 15.</b>	Características Físicas de la Arcilla Guitarrero .....	51
<b>Tabla 16.</b>	Características Físicas de la Arcilla Shudal .....	52
<b>Tabla 17.</b>	Características Físicas de la Arcilla El Cumbe .....	52
<b>Tabla 18.</b>	Características Físicas de la Arcilla Namora .....	53
<b>Tabla 19.</b>	Control del Flujo del agua. Segunda.....	53
<b>Tabla 20.</b>	Control del Flujo del agua. Tercera Muestra.....	54
<b>Tabla 21.</b>	Control del Flujo del agua. Cuarta Muestra.....	54
<b>Tabla 22.</b>	Características del Análisis Físico, Químico y Metales en el Filtro Tipo I.....	56
<b>Tabla 23.</b>	Análisis de varianza para comparar promedios de los parámetros del agua procesados por el filtro Tipo I.....	59
<b>Tabla 24.</b>	Estadísticas Descriptivas para características del Análisis Físico Químico y de Metales a las Diversas fuentes de arcilla .....	61
<b>Tabla 25.</b>	Análisis de Varianza para comparar promedios de las diversas características del agua por el Filtro Tipo II.....	65
<b>Tabla 26.</b>	Análisis Comparativo de las diversas Variables de los Filtros Tipo I y II.....	67
<b>Tabla 27.</b>	Análisis Comparativo de los Análisis del Agua del Río Grande con el Filtro más eficiente del Experimento.....	69

<b>Tabla 28.</b>	Cantera San Ramón. Análisis granulométrico del material NORMA: ASTM D 422/C136.....	77
<b>Tabla 29.</b>	Cantera San Ramón. Clasificación del Suelo por AASHTO y SUCS NORMA: AASHTO M 145 ASTM D2487 – 94.....	78
<b>Tabla 30.</b>	Cantera San Ramón. Límite de Consistencia NORMA ASTM D 4318 – 93.....	78
<b>Tabla 31.</b>	Cantera San Ramón. Contenido Natural de Humedad NORMA ASTM D 2216.....	79
<b>Tabla 32</b>	Cantera San Ramón. Peso Específico.....	79
<b>Tabla 33.</b>	Cantera El Guitarrero. Análisis granulométrico del material que pasó Malla N°4.....	79
<b>Tabla 34.</b>	Cantera El Guitarrero. Clasificación del Suelo por AASHTO y SUCS NORMA: AASHTO M 145 ASTM D2487 – 94.....	80
<b>Tabla 35.</b>	Cantera El Guitarrero Límite de Consistencia.....	80
<b>Tabla 36.</b>	Cantera El Guitarrero. Contenido de Humedad.....	81
<b>Tabla 37.</b>	Cantera El Guitarrero. Peso Específico.....	81
<b>Tabla 38.</b>	Cantera Shudal. Análisis granulométrico del material.....	82
<b>Tabla 39.</b>	Cantera Shudal. Clasificación del Suelo por AASHTO y SUCS NORMA: ASTM D2487 – 94.....	82
<b>Tabla 40.</b>	Cantera Shudal. Límite de Consistencia NORMA ASTM D 4318 – 93.....	83
<b>Tabla 41.</b>	Cantera Shudal. Contenido Natural de Humedad NORMA ASTM D 2216.....	83
<b>Tabla 42.</b>	Cantera Shudal. Peso Específico.....	84
<b>Tabla 43.</b>	Cantera El Cumbe. Análisis granulométrico del material NORMA: ASTM D 422/C136.....	84
<b>Tabla 44.</b>	Cantera El Cumbe. Clasificación del Suelo por AASHTO y SUCS NORMA: AASHTO M 145 ASTM D2487 – 94.....	85
<b>Tabla 45.</b>	Cantera El Cumbe. Límite de Consistencia NORMA ASTM D 4318 – 93.....	85
<b>Tabla 46.</b>	Cantera El Cumbe. Contenido Natural de Humedad NORMA ASTM D 2216.....	85
<b>Tabla 47.</b>	Cantera El Cumbe. Peso Específico.....	86
<b>Tabla 48.</b>	Cantera Namora. Análisis granulométrico del material NORMA: ASTM D 422/C136.....	86



**Tabla 49. Cantera Namora. Clasificación del Suelo por SUCS**

NORMA: ASTM D2487 – 94.....	87
<b>Tabla 50. Cantera Namora. Límite de Consistencia</b>	
NORMA ASTM D 4318 – 93.....	87
<b>Tabla 51. Cantera Namora. Contenido Natural de Humedad</b>	
NORMA ASTM D 2216.....	88
<b>Tabla 52. Cantera Namora. Peso Específico.....</b>	88
<b>Tabla 53. Filtro Tipo I. PH.....</b>	91
<b>Tabla 54. Filtro Tipo I. Temperatura.....</b>	91
<b>Tabla 55. Filtro Tipo I. Conductividad a 20°C.....</b>	92
<b>Tabla 56. Filtro Tipo I. Sólidos Totales.....</b>	93
<b>Tabla 57. Filtro Tipo I. Sólidos Disueltos.....</b>	93
<b>Tabla 58. Filtro Tipo I. Sólidos en Suspensión.....</b>	94
<b>Tabla 59. Filtro Tipo I. Turbidez.....</b>	95
<b>Tabla 60. Filtro Tipo I. Alcalinidad Total CaCO<sub>2</sub>.....</b>	95
<b>Tabla 61. Filtro Tipo I. Dureza Total.....</b>	96
<b>Tabla 62. Filtro Tipo I. Sulfatos (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.....</b>	97
<b>Tabla 63. Filtro Tipo I. Arsénico (As).....</b>	97
<b>Tabla 64. Filtro Tipo I. Oxígeno Disuelto.....</b>	97
<b>Tabla 65. Filtro Tipo I. Hierro (Fe).....</b>	98
<b>Tabla 66. Filtro Tipo I. Plomo (Pb).....</b>	99
<b>Tabla 67. Filtro Tipo II. PH.....</b>	100
<b>Tabla 68. Filtro Tipo II. Temperatura.....</b>	100
<b>Tabla 69. Filtro Tipo II. Conductividad a 20°C.....</b>	101
<b>Tabla 70. Filtro Tipo II. Sólidos Totales. ....</b>	102
<b>Tabla 71. Filtro Tipo II. Sólidos Disueltos ....</b>	102
<b>Tabla 72. Filtro Tipo II. Sólidos en Suspensión.....</b>	103
<b>Tabla 73. Filtro Tipo II. Turbidez.....</b>	104
<b>Tabla 74. Filtro Tipo II. Alcalinidad Total CaCO<sub>2</sub>.....</b>	104
<b>Tabla 75. Filtro Tipo II. Dureza Total.....</b>	105
<b>Tabla 76. Filtro Tipo II. Oxígeno Disuelto ....</b>	106
<b>Tabla 77. Filtro Tipo II. Sulfatos (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.....</b>	106
<b>Tabla 78. Filtro Tipo II. Arsénico (As).....</b>	107
<b>Tabla 79. Filtro Tipo II. Hierro (Fe).....</b>	108

## INDICE DE GRAFICOS

### INDICE DE FOTOS

<b>Foto 01.</b> Extracción de Arcilla Cantera San Ramón.....	34
<b>Foto 02.</b> Extracción de Arcilla Cantera El Guitarrero.....	34
<b>Foto 03.</b> Extracción de Arcilla Cantera Shudal.....	34
<b>Foto 04</b> Extracción de Arcilla Cantera El Cumbe (Caolín).....	35
<b>Foto 05.</b> Extracción de Arcilla Cantera Namora.....	35
<b>Foto 06.</b> Pesaje de Arcilla Laboratorio de Suelos UPN.....	35
<b>Foto 07.</b> Análisis granulométrico UPN.....	36
<b>Foto 08.</b> Análisis de Plasticidad de las arcillas.....	36
<b>Foto 09.</b> Laboratorio de Agua con muestras del agua filtrada para Análisis... ..	37
<b>Foto 10.</b> Recolección muestras de agua filtrada en envases previamente esterilizados.....	41
<b>Foto 11.</b> Análisis físico, químico bacteriológico, del agua filtrada.....	41
<b>Foto 12.</b> Elaboración del patrón.....	42
<b>Foto 13.</b> Preparación del patrón.....	43
<b>Foto 14.</b> Colocación de yeso en patrón.....	43
<b>Foto 15.</b> Secado del molde a la intemperie.....	43
<b>Foto 16.</b> Trituración de la arcilla manualmente.....	44
<b>Foto 17.</b> Pulverizado de arcilla.....	44
<b>Foto 18.</b> Cernido de arcilla en tamiz N°20.....	44
<b>Foto 19.</b> Secado y cernido de aserrín y arena en tamiz N°20.....	45
<b>Foto 20.</b> Pesaje de los materiales.....	46
<b>Foto 21.</b> Preparación de la masa.....	46
<b>Foto 22.</b> Colocado de masa en molde.....	46
<b>Foto 23.</b> Desmoldado.....	47
<b>Foto 24.</b> Secado de filtro a la intemperie.....	47
<b>Foto 25.</b> Horneado de filtros.....	47
<b>Foto 26.</b> Prueba de filtración.....	48
<b>Foto 27.</b> Baño con Plata Coloidal.....	49
<b>Foto 28.</b> Colocado del Filtro dentro de un recipiente.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 01.</b> Porosidad en el Filtro.....	21
<b>Figura 02.</b> Propiedad de Adsorción.....	23
<b>Figura 03.</b> Representación de la Actividad Purificadora del Filtro de Arcilla.....	24
<b>Figura 04.</b> Ubicación del Punto de Muestreo.....	32
<b>Figura 05.</b> Carta de Plasticidad.....	50
<b>Figura 06.</b> Cantera San Ramón. Curva Granulométrica.....	77
<b>Figura 07.</b> Cantera San Ramón. Límite Líquido.....	78
<b>Figura 08.</b> Cantera Guitarrero. Curva Granulométrica.....	80
<b>Figura 09.</b> Cantera Guitarrero. Límite Líquido.....	81
<b>Figura 10.</b> Cantera Shudal. Curva Granulométrica.....	82
<b>Figura 11.</b> Cantera Shudal. Límite Líquido.....	83
<b>Figura 12.</b> Cantera El Cumbe. Curva Granulométrica.....	84
<b>Figura 13.</b> Cantera El Cumbe. Límite Líquido.....	85
<b>Figura 14.</b> Cantera Namora. Curva Granulométrica.....	86
<b>Figura 15.</b> Cantera Namora. Límite Líquido.....	87
<b>Figura 16.</b> Filtro Tipo I. PH.....	91
<b>Figura 17.</b> Filtro Tipo I. Temperatura.....	92
<b>Figura 18.</b> Filtro Tipo I. Conductividad a 20°C.....	92
<b>Figura 19.</b> Filtro Tipo I. Sólidos Totales.....	93
<b>Figura 20.</b> Filtro Tipo I. Sólidos Disueltos.....	94
<b>Figura 21.</b> Filtro Tipo I. Sólidos en Suspensión.....	94
<b>Figura 22.</b> Filtro Tipo I. Turbidez.....	95
<b>Figura 23.</b> Filtro Tipo I. Alcalinidad Total CaCO <sub>2</sub> .....	96
<b>Figura 24.</b> Filtro Tipo I. Dureza Total.....	96
<b>Figura 25.</b> Filtro Tipo I Oxígeno disuelto.....	97
<b>Figura 26.</b> Filtro Tipo I. Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .....	98
<b>Figura 27.</b> Filtro Tipo I. Arsénico (As).....	98
<b>Figura 28.</b> Filtro Tipo I. Hierro (Fe).....	99
<b>Figura 29.</b> Filtro Tipo I. Plomo (Pb).....	99
<b>Figura 30.</b> Filtro Tipo II. PH.....	100
<b>Figura 31.</b> Filtro Tipo II. Temperatura.....	101
<b>Figura 32.</b> Filtro Tipo II. Conductividad a 20°C.....	101
<b>Figura 33.</b> Filtro Tipo II. Sólidos Totales. ....	102

<b>Figura 34.</b> Filtro Tipo II. Sólidos Disueltos .....	103
<b>Figura 35.</b> Filtro Tipo II. Sólidos en Suspensión.....	103
<b>Figura 36.</b> Filtro Tipo II. Turbidez.....	104
<b>Figura 37.</b> Filtro Tipo II. Alcalinidad Total CaCO <sub>2</sub> .....	105
<b>Figura 38.</b> Filtro Tipo II. Dureza Total.....	105
<b>Figura 39.</b> Filtro Tipo II. Oxígeno Disuelto .....	106
<b>Figura 40.</b> Filtro Tipo II. Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	107
<b>Figura 41.</b> Filtro Tipo II. Arsénico (As).....	107
<b>Figura 42.</b> Filtro Tipo II. Hierro (Fe).....	108
<b>Figura 43.</b> Filtro Tipo II. Plomo (Pb).....	108

## RESUMEN

En Cajamarca, existen aún lugares con falta de acceso a servicios de agua potable, principalmente en zonas rurales; el agua entregada a la población para su consumo ya sea por deterioro del sistema, por falta de desinfección o por mala utilización del desinfectante, ponen en riesgo su salud; ello me motivó a desarrollar la presente tesis, la cual es un trabajo experimental, cuyo objetivo es determinar la eficiencia de los filtros arcilla; considerando para el estudio ocho filtros, elaborados de manera artesanal; a base de arcillas, extraídas de cinco canteras localizadas en la Provincia de Cajamarca, Cantera de San Ramón, Guitarrero, Shudal, El Cumbe y Namora; buscando en su elaboración una adecuada proporción de arcilla, aserrín y arena, para mejorar la retención de microorganismos, eliminación de metales y una velocidad de filtración adecuada a las necesidades. De los ocho filtros en estudio, tres denominados Filtros de Arcilla Tipo I, compuestos de arcilla, aserrín y plata coloidal al 3.2% y cinco filtros, denominados Filtros de arcilla Tipo II, dos compuestos con caolín, arena de río y aserrín y tres con arcilla, arena de río, aserrín. Se observa la eficiencia de cada filtro, a través del análisis físico, químico y bacteriológico, en seguida de ser tomada la muestra de agua del Río Grande, ubicado en la zona de Puruay, para luego ser comparado, a través de una técnica estadística y cuyo requisito será el cumplimiento de los estándares de calidad que nos brinda el Ministerio de salud que rige en nuestro país.

## ABSTRACT

In Cajamarca , places with lack of access to potable water, especially in rural areas still exist ; water delivered to the population for consumption either by deterioration of the system, lack of disinfection or misuse of disinfectant, endanger their health; this led me to develop this thesis , which is an experimental work aimed at determining the efficiency of clay filters ; considered for the study included eight filters , made by craftsmen ; using clay , extracted five quarries located in the province of Cajamarca , Cantera San Ramon, Guitarrero Shudal , El Cumbe and Namora ; looking in its preparation a suitable proportion of clay , sawdust and sand , to improve the retention of microorganisms , and metal removal rate suitable to the needs filtration. Of the eight filters in study, three filters Clay called Type I compounds of clay, sawdust, and 3.2% colloidal silver and five filters , called Type II Clay filters , two compounds with kaolin , river sand and sawdust and three clay, river sand, sawdust. The efficiency of each filter is observed through physical , chemical and bacteriological analysis , soon to be taken sample water from the Rio Grande, located near Puruay , before being compared , through a statistical technique and which requirement is compliance with the standards of quality that.



## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En América Latina, los niveles actuales de cobertura significan que casi 77 millones de personas (15%) no tienen acceso a los servicios de agua potable, de las cuales 26 millones (7%) corresponden a las zonas urbanas y 51 millones (39%) a las áreas rurales (OPS, 2001<sup>a</sup>). A esto se suma el hecho de que casi 54 millones de personas (11%) se abastecen a través de sistemas definidos como “fácil acceso”, los cuales representan, en la mayoría de los casos, un riesgo significativo para la salud.

De acuerdo al Anuario Estadístico 2012 de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), correspondiente al año 2010, nos indica que en el Perú un gran porcentaje de la población no cuenta con el acceso a un agua segura.

**Tabla 01: Acceso al Agua Potable en América Latina**

<b>América Latina ACCESO AL AGUA POTABLE Y AL SANEAMIENTO (2010)*</b>			
	País	Agua	Saneamiento
1	Uruguay	100	100
2	Chile	96	96
3	Costa Rica	97	95
4	Argentina	96	91
5	Ecuador	94	92
6	Cuba	94	91
7	México	96	85
8	Venezuela	92	89
9	Brasil	98	79
10	El Salvador	88	87
11	Guatemala	92	78
12	Colombia	92	77
13	Rep. Dom.	86	83
14	Honduras	87	77
15	Paraguay	86	71
16	Perú	85	71
17	Panamá	90	65
18	Nicaragua	85	52
19	Bolivia	88	27

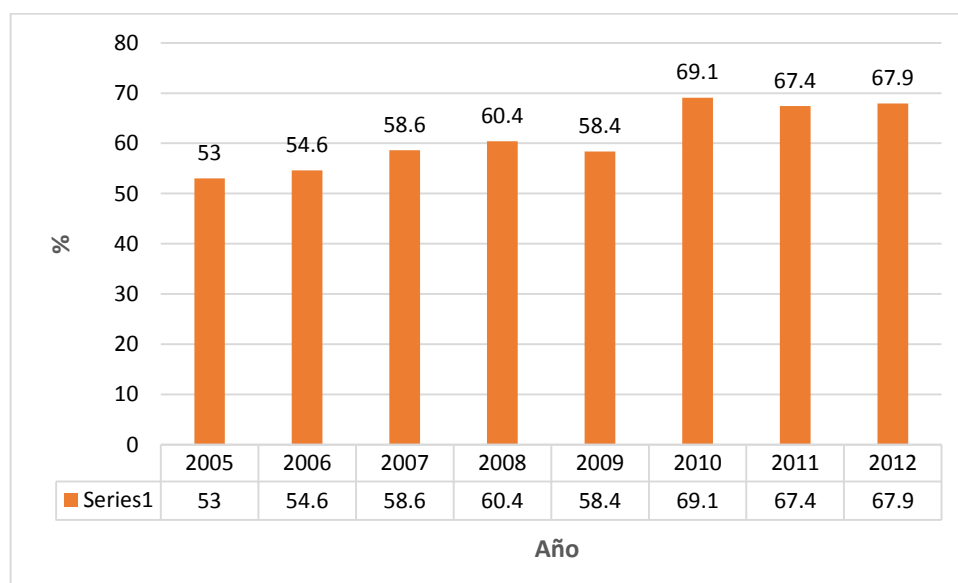
\*Porcentaje de población que accede a fuentes mejoradas de agua potable y emplea instalaciones mejorada de saneamiento  
**Fuente: CEPAL      Elaboración: Desarrollo Peruano**



En Cajamarca, existen lugares con falta de acceso a servicios de agua y saneamiento principalmente en zonas rurales; el agua de mala calidad entregada a la población para su consumo, ya sea por el deterioro de sistema, por falta de equipos de desinfección o por mala utilización del desinfectante, ejerce efectos adversos en la población, poniendo en riesgo su salud, considerando que la salud de la población refleja el nivel de desarrollo económico y social de un país.

Según los Indicadores Nacionales que nos presenta el SINIA (Sistema Nacional de Información Ambiental) del Ministerio del Ambiente MINAM, Cajamarca tiene aún una población de más de 32% que no cuenta con el principal servicio de agua potable.

**Tabla 02: Población con acceso al Agua Potable en Cajamarca**



**Fuente: SINIA (Sistema Nacional de Información Ambiental)**

La población que no tiene acceso a los servicios de agua potable se ve obligada a adoptar soluciones alternativas (tales como fuentes públicas, pozos individuales, conexiones ilegales a la red de agua potable, colección de agua de lluvia o captación de agua de ríos, lagos, manantiales u otros cuerpos de agua sin tratamiento previo). Muchas soluciones de esa índole no garantizan la calidad de agua obtenida, debido principalmente a la creciente contaminación hídrica que afecta muchos cuerpos de agua en los países de la región. (JOURAVLEV, 2004)

Dentro de estas tecnologías, cobra importancia e interés del uso de un Filtro, que permitirá solucionar el problema del consumo de agua contaminada en nuestra región, mejorando la calidad del agua para el consumo humano, eliminando microorganismos y metales, dañinos para las personas. Pero el control principal de los problemas de la población son los gobiernos, imprescindibles para corregir efectos perjudiciales en el sistema de agua, necesitamos además, un continuado esfuerzo de interpretación científica y de apropiada creatividad tecnológica; un nuevo enfoque ético y filosófico y un cambio sustancial de motivaciones y conductas para hacer posible el desarrollo sostenido de las poblaciones.

Las técnicas y métodos, que se logren determinar y validar con la implementación del presente trabajo de investigación permitirá establecer propuestas de uso y aplicación a nivel domiciliario y en comunidades, en donde los volúmenes de agua a tratar son mínimas, y no son aplicables a sistemas de abastecimiento más complejos en donde los volúmenes son mayores y los sistemas de tratamiento obviamente también son más complejos.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia del filtro de arcilla en la purificación del agua para consumo humano en Cajamarca?

## 1.3. Justificación

### Justificación teórica

Es necesario nuevas técnicas y estrategias que ayuden el proceso de purificación de agua para el consumo humano, una de estas técnicas es el uso del filtro de arcilla, hecho con tecnologías simples, eficientes, de bajo costo, por el uso de arcillas existentes en nuestra región y que será socialmente aceptable para la eliminación in situ de la contaminación microbiológica, permitirá menguar parte del problema sin pretender con esto solucionar el problema del agua, que llevan a cabo los gobiernos de la región, sino atenuar la situación para evitar el agravamiento de la degradación de la calidad de vida de la población principalmente rural.

Las personas que no cuentan con agua potable se ven en la necesidad de tomarla en fuentes naturales, convirtiéndose en un riesgo para su salud ya que por la descarga de desechos industriales las contamina transformándola en agua insana.

#### **1.4. Limitaciones**

La investigación presenta algunas limitaciones, pues existen escasos antecedentes respecto a trabajos similares realizados en nuestro medio, es por ello el interés de conocer si es que es factible fabricar filtros con nuestras materias primas; sin embargo no todos los materiales pueden ser adquiridos en nuestro medio, principalmente en la adquisición de plata coloidal, uno de los insumos químicos para la elaboración del filtro, que tiene que ser exportada de México, sin embargo con la facilidad de internet y los vuelos internacionales, este insumo puede llegar a nuestra ciudad. Otra limitación importante es que la calidad de los datos dependerá primero de la obtención de los diferentes tipos de arcilla, además de la predisposición de los artesanos para colaborar en la elaboración del Filtro en sí, que incluye llegar la arcilla a un punto óptimo de mezcla con el aserrín, y la quema en horno a temperaturas precisas. Además del tiempo e inversión en el análisis físico químico microbiológico de las muestras previas y posteriores en laboratorio, considerando que se tiene que elaborar un mínimo número de ocho filtros.

#### **1.5. Objetivos**

##### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar la eficiencia del Filtro de Arcilla en la purificación de agua para consumo humano en Cajamarca.

##### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Fabricar con tecnología simple el Filtro con Arcilla.
- Verificar mediante un Análisis Físico, Químico Bacteriológico, la calidad del agua, luego del proceso de filtrado.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

La relación existente entre la calidad del agua y la salud se conoce desde siempre. Los científicos han realizado estudios e investigación por la presencia de microorganismos en el agua y el modo de eliminación de los mismos para el suministro de agua apta para el consumo humano.

El uso de arcillas y otros materiales para la eliminación o abatimiento de contaminantes presentes en el agua ha sido muy estudiado y existe suficiente conocimiento teórico y experiencia práctica que permite entender el funcionamiento íntimo de estos sistemas.

Hasta el momento no existen en el mercado sistemas de filtrado de bajo costo que sean eficaces para el tratamiento del agua. Esto supone que las limitaciones se originan sólo en el escaso desarrollo de tecnologías de baja complejidad y no en la inexistencia de herramientas teóricas o prácticas.

En América Latina y con el único fin de disminuir la contaminación bacteriana del agua, principalmente en las zonas rurales, es que el Dr. Fernando Mazariego, de nacionalidad guatemalteca, como parte de su investigación para el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología (ICAITI) crea un filtro de agua, llamado “Ecofiltro”, el cual rápidamente toma interés en la investigación la organización, sin fines de lucro, Potters for Peace (Ceramistas por la Paz), el año 1998, quienes no patentan el producto con el fin de hacerlo público. Luego el Sociólogo y técnico en cerámica Ron Rivera, un norteamericano que desde Nicaragua busca mejorar y divulga la tecnología a nivel mundial, dándole un nuevo nombre, “Filtrón”; viajó por las zonas más pobres del mundo y estableció 30 pequeños talleres para fabricar estos aparatos, en Guatemala, Honduras, México, El Salvador, Camboya, Birmania, Bangladés, Darfur, Ghana y Nigeria. Su intención era montar 100 de estos negocios, pero en Nigeria contrajo Malaria falciparum y falleció el 03 de setiembre del 2008. (RIVERA, 2007)

Este trabajo es el pionero en su género, en la actualidad existen varios estudios en diferentes países a través de trabajos de investigación cuyos estudiosos han ido verificando la eficiencia de este filtro.

Existen también nuevos y económicos métodos manuales analizados por el argentino Jorge Fernandez Chiti, nacido en Buenos Aires, quien nos presenta el

Filtro Condorhuasi, que elimina además la presencia de metales, como el plomo, arsénico, hierro, entre otros, un filtro en la que se utiliza elementos como el caolín, arena y aserrín; este sistema ha sido puesto por su creador en el dominio público gratuito a fin de que cualquier persona pueda elaborarlo sin pagar patentes, sino con el fin de apoyar con nuevas tecnologías a la población de menores recursos. (FERNÁNDEZ CHITI, 2005)

## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. Agua Potable

Es el agua de consumo humano, aquella que no ocasiona ningún riesgo significativo para la salud cuando se consume durante toda una vida, teniendo en cuenta las diferentes vulnerabilidades que pueden presentar las personas en las distintas etapas de su vida. Las personas que presentan mayor riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua son los lactantes y los niños de corta edad, las personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas y los ancianos. El agua potable es adecuada para todos los usos domésticos habituales, incluida la higiene personal. (OMS, Guías para la Calidad del Agua Potable, 2006)

Se define como agua potable aquella que atiende a los siguientes requisitos:

- Libre de microorganismos que causan enfermedades.
- Libre de compuestos nocivos a la salud.
- Con bajo contenido de color, gusto y olor aceptable.
- Exenta de compuestos que causen corrosión o incrustaciones en las instalaciones sanitarias.

#### 2.2.1.1. Control de calidad del agua

La calidad del agua va adquiriendo un significado cada vez mayor y el hombre deberá determinar con precisión aquellos parámetros que en su mayor parte han sido puramente subjetivos durante el proceso de desarrollo de nuestra sociedad. (BORCHARDT & WALTON, 1991)

El agua en la naturaleza contiene impurezas, que pueden ser de naturaleza físico-química o bacteriológica y varían de acuerdo al tipo de fuente. Cuando las impurezas presentes sobrepasan los límites

recomendados, el agua deberá ser tratada antes de su consumo. Además de no contener elementos nocivos a la salud, el agua no debe presentar características que puedan rechazar el consumo. (OPS, 2008)

Se ha comprobado que el tratamiento del agua en los hogares es una forma eficaz de mejorar la salud pública. El monitoreo de las operaciones de tratamiento será función del tipo de tecnología utilizada. Cuando se introduce el tratamiento en los hogares, es fundamental proporcionar a los usuarios información (y, en caso pertinente, formación) para garantizar que comprenden los requisitos básicos del monitoreo operativo. (OMS, Guías de la oms para la calidad de agua potable, 2008).

La verificación de la calidad microbiológica comprende típicamente el análisis de bacterias indicadoras de contaminación fecal en el agua tratada y en el agua que se distribuye. Para verificar la inocuidad del agua desde el punto de vista químico, puede analizarse la presencia de sustancias peligrosas al finalizar el tratamiento, en la distribución o en el punto de consumo (dependiendo de si es o no probable que las concentraciones varíen durante la distribución).

Respecto a los parámetros y control de calidad del agua, (OMS, Guías de la oms para la calidad de agua potable, 2008) Las normas sobre el agua de consumo pueden diferir, en naturaleza y forma, de unos países o regiones a otros. No hay un método único que pueda aplicarse de forma universal. En la elaboración y la aplicación de normas, es fundamental tener en cuenta las leyes vigentes y en proyecto relativas al agua, a la salud y al gobierno local, así como evaluar la capacidad para desarrollar y aplicar reglamentos de cada país. Los métodos que pueden funcionar en un país o región no necesariamente podrán transferirse a otros países o regiones. Para desarrollar un marco reglamentario, es fundamental que cada país examine sus necesidades y capacidades.

#### **2.2.1.2. Purificación de Agua**

El término Purificar se refiere a hacer pura el agua, y se utiliza como sinónimo de potabilización. Consiste en eliminar del agua todas las

sustancias que la hagan inadecuada para beberla sin riesgos. Debe entenderse que la purificación es el proceso de potabilización, en tanto que la desinfección es una parte de dicho proceso, pues en ella se refiere a la inactivación de los microorganismos presentes en el agua, a través de un agente químico como cloro, ozono, yodo, plata iónica o coloidal; o físico, como calor o luz UV, a un nivel que no represente peligro para la salud humana. (MÓLGORA CALDERÓN, 1994)

### **2.2.1.3. Normas sobre la calidad del agua para consumo humano en el Perú.**

#### **Reglamento de la calidad del agua para consumo humano**

Los requisitos establecidos en este Reglamento, del Ministerio de Salud, **DS N°031-2010-SA**, en el Título IX, nos señala los requisitos de calidad del agua para consumo humano:

#### **Artículo 59°.- Agua apta para el consumo humano**

Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos en el presente Reglamento.

#### **Artículo 60°.- Parámetros microbiológicos y otros organismos**

Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en el Anexo I, debe estar exenta de:

1. Bacterias coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*,
2. Virus;
3. Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos;
4. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépedos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos; y
5. Para el caso de Bacterias Heterotróficas menos de 500 UFC/ml a 35°C.

#### **Artículo 61°.- Parámetros de calidad organoléptica**

El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada monitoreo establecido en el plan de control, correspondientes a los parámetros químicos que afectan la calidad

estética y organoléptica del agua para consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores.

### **Artículo 62°.- Parámetros inorgánicos y orgánicos**

Toda agua destinada para el consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos señalados en la Anexo III del presente Reglamento.

### **Artículo 63°.- Parámetros de control obligatorio (PCO)**

Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los Siguietes:

1. Coliformes totales;
2. Coliformes termotolerantes;
3. Color;
4. Turbiedad;
5. Residual de desinfectante; y
6. pH.

En caso de resultar positiva la prueba de coliformes termotolerantes, el proveedor debe realizar el análisis de bacterias *Escherichia coli*, como prueba confirmativa de la contaminación fecal.

### **Artículo 64°.- Parámetros adicionales de control obligatorio (PACO)**

De comprobarse en los resultados de la caracterización del agua la presencia de los parámetros señalados en los numerales del presente artículo, en los diferentes puntos críticos de control o muestreo del plan de control de calidad (PCC) que exceden los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el presente Reglamento, o a través de la acción de vigilancia y supervisión y de las actividades de la cuenca, se incorporarán éstos como parámetros adicionales de control (PACO) obligatorio a los indicados en el artículo precedente.

#### **1. Parámetros microbiológicos**

Bacterias heterotróficas; virus; huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos; y organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nemátodos en todos sus estadios evolutivos.



## 2. Parámetros organolépticos

Sólidos totales disueltos, amoníaco, cloruros, sulfatos, dureza total, hierro, manganeso, aluminio, cobre, sodio y zinc, conductividad;

## 3. Parámetros inorgánicos

Plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cromo total, antimonio, níquel, selenio, bario, fluor y cianuros, nitratos, boro, clorito clorato, molibdbeno y uranio.

## 4. Parámetros radiactivos

Esta condición permanecerá hasta que el proveedor demuestre que dichos parámetros cumplen con los límites establecidos en la presente norma, en un plazo que la Autoridad de Salud de la jurisdicción determine. (DIGESA, 2011)

**Tabla 03: Límites Máximos Permisibles de Parámetros Microbiológicos y Parasitológicos**

ANEXO I			
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS			
1	Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100ML A 35°C	0(*)
2	E. Coli	UFC/100ML A 44.5°C	0(*)
3	Bacterias Coliformes Termotolerante o FecalesTotales.	UFC/100ML A 44.5°C	0(*)
4	Bacterias Heterotróficas	UFC/100ML A 35°C	500
5	Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	N° org/L	0
6	Virus	UFC/ml	0
7	Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	N° org/L	0
UFC = Unidad tomadora de colonias			
(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples =< 1.8/100 ml			

Fuente: **D.S. N°031-2010-SA.**

**Tabla 04: Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptica**

ANEXO II			
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA			
1	Olor		Aceptable
2	Sabor		Aceptable
3	Color	UCV escala Pt/Co	15
4	Turbiedad	UNT	5
5	pH	Valor de pH	6.5 a 8.5
6	Conductividad (25°C)	μmho/cm	1500
7	Sólidos totales disueltos	mg L <sup>-1</sup>	1000
8	Cloruros	mg Cl L <sup>-1</sup>	250
9	Sulfatos	mg S O <sub>4</sub> L <sup>-1</sup>	250
10	Dureza total	mg CaCo O <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11	Amoniaco	mg N L <sup>-1</sup>	1.5
12	Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0.3
13	Manganeso	mg Mn L <sup>-1</sup>	0.4
14	Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0.2
15	Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2
16	Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3
17	Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200
UCV = Unidad de color verdadero			
UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad			

Fuente: **D.S. N°031-2010-SA.**

**Tabla 05: Límites Máximos Permisibles de Parámetros Químicos Inorgánicos y Orgánicos**

ANEXO III		
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ÓRGANICOS		
Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
2 Arsénico (nota 1)	mg As L <sup>-1</sup>	0.010
3 Bario	mg Ba	0.700
4 Boro	mg B	1.500
5 Cadmio	mg cd	0.003
6 Cianuro	mg CN	0.070
8 Cloro (nota 2)	mg	0.700
9 Clorito	mg	0.700
10 Clorato	mg	0.050
11 Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	1.000
12 Fluor	mg F L <sup>-1</sup>	0.001
13 Mercurio		0.020
14 Niquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	50.000
15 Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	3.00 Exposición corta 0.20 Exposición larga
16 Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0.010
17 Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0.010
18 Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0.07
19 Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	0.015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1		1.00
2 Hidrocarburo disuelto o emulsionado: aceite mineral	mg L <sup>-1</sup>	0.01
3 Aceites y grasas	mg L <sup>-1</sup>	0.5
4 Alacloro	mg L <sup>-1</sup>	0.020
5 Aldicarb	mg L <sup>-1</sup>	0.010
6 Aldrín y dieldrín	mg L <sup>-1</sup>	0.00003
7 Benceno	mg L <sup>-1</sup>	0.010
8 Clordano (total de isómeros)	mg L <sup>-1</sup>	0.0002
9 DDT (Total de isómeros)	mg L <sup>-1</sup>	0.0010
10 Endrín	mg L <sup>-1</sup>	0.0006
11 Gamma HCH (lindano)	mg L <sup>-1</sup>	0.0020
12 Hexaclorobenceno	mg L <sup>-1</sup>	0.0010
13 Heptacloro y Heptacloroepóxico	mg L <sup>-1</sup>	0.00003
14 Metoxicloro	mg L <sup>-1</sup>	0.020
15 Pentaclorofenol	mg L <sup>-1</sup>	0.009
16 2,4-D	mg L <sup>-1</sup>	0.030
17 Acrilamida	mg L <sup>-1</sup>	0.0005

18	Epiclorhidrina	mg L <sup>-1</sup>	0.0004
19	Cloruro de vinilo	mg L <sup>-1</sup>	0.0003
20	Benzopireno	mg L <sup>-1</sup>	0.0007
21	1,2-dicloroetano	mg L <sup>-1</sup>	0.03
22	Tetracloroetano	mg L <sup>-1</sup>	0.04
23	Monocloramina	mg L <sup>-1</sup>	3
24	Tricloroetano	mg L <sup>-1</sup>	0.07
25	Tetracloruro de carbono	mg L <sup>-1</sup>	0.004
26	Ftalato de di (2-etihexilo)	mg L <sup>-1</sup>	0.008
27	1,2-Diclorobenceno		1
28	1,4-Diclorobenceno	mg L <sup>-1</sup>	0.3
29	1,1-Dicloroetano	mg L <sup>-1</sup>	0.03
30	1,2-Dicloroetano	mg L <sup>-1</sup>	0.05
31	Diclorometano	mg L <sup>-1</sup>	0.02
32	Ácido edético (EDTA)	mg L <sup>-1</sup>	0.6
33	Etilbenceno	mg L <sup>-1</sup>	0.3
34	Hexaclorobutadieno		0.0006
35	Ácido Nitrilotriacético	mg L <sup>-1</sup>	0.2
36	Estireno	mg L <sup>-1</sup>	0.02
37	Tolueno	mg L <sup>-1</sup>	0.7
38	Xileno	mg L <sup>-1</sup>	0.5
39	Atrazina	mg L <sup>-1</sup>	0.002
40	Carbofurano	mg L <sup>-1</sup>	0.007
41	Clorotoluron	mg L <sup>-1</sup>	0.03
42	Cianazina	mg L <sup>-1</sup>	0.0006
43	2,4-DB	mg L <sup>-1</sup>	0.09
44	1,2-Dibromo-3- Cloropropano	mg L <sup>-1</sup>	0.001
45	1,2-Dibromoetano	mg L <sup>-1</sup>	0.0004
46	1,2-Dicloropropano (1,2- DCP)	mg L <sup>-1</sup>	0.04
47	1,3-Dicloropropeno	mg L <sup>-1</sup>	0.02
48	Dicloroprop	mg L <sup>-1</sup>	0.1
49	Dimetato	mg L <sup>-1</sup>	0.006
50	Fenoprop	mg L <sup>-1</sup>	0.009
51	Isoproturon	mg L <sup>-1</sup>	0.009
52	MPCA	mg L <sup>-1</sup>	0.002
53	Mecoprop	mg L <sup>-1</sup>	0.01
54	Metolaclo	mg L <sup>-1</sup>	0.01
55	Molinato	mg L <sup>-1</sup>	0.006
56	Pendimetalina	mg L <sup>-1</sup>	0.02
57	Simazina	mg L <sup>-1</sup>	0.002
58	2,4,5-T	mg L <sup>-1</sup>	0.009
59	Terbutilazina	mg L <sup>-1</sup>	0.007
60	Trifluralina	mg L <sup>-1</sup>	0.02
61	Cloropirifos	mg L <sup>-1</sup>	0.03
62	Piriproxifeno	mg L <sup>-1</sup>	0.3
63	Microcistin-LR	mg L <sup>-1</sup>	0.001
64	Bromato	mg L <sup>-1</sup>	0.01
65	Bromodiclorometano	mg L <sup>-1</sup>	0.06

66	Bromoformo	mg L <sup>-1</sup>	0.1
67	Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mg L <sup>-1</sup>	0.01
68	Cloroformo	mg L <sup>-1</sup>	0.2
69	Cloruro de cianógeno (como CN)	mg L <sup>-1</sup>	0.07
70	Dibromoacetoniitrilo	mg L <sup>-1</sup>	0.1
71	Dibromoclorometano	mg L <sup>-1</sup>	0.05
72	Dicloroacetato	mg L <sup>-1</sup>	0.02
73	Dicloroacetoniitrilo	mg L <sup>-1</sup>	0.9
74	Formaldehído	mg L <sup>-1</sup>	0.02
75	Monocloroacetato	mg L <sup>-1</sup>	0.2
76	Tricloroacetato	mg L <sup>-1</sup>	0.2
77	2,4,6-Triclorofenol	mg L <sup>-1</sup>	

**Nota 1:** En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL<sup>-1</sup>.

**Nota 2:** Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0.5 mgL<sup>-1</sup>

Fuente: **D.S. N°031-2010-SA.**

#### 2.2.1.4. Análisis Físico, Químico y Bacteriológico del agua.

Es la determinación de la calidad del agua, los que son comparados con parámetros donde se fijan los límites de los valores que el agua debe poseer. Los parámetros de valor aconsejable definen la meta a alcanzar, el óptimo aspirable. Los parámetros de valor aceptable aseguran la buena calidad del agua.

##### i. Parámetros de Análisis Físico

Se refiere a las características físicas del agua:

La temperatura de la muestra al extraerla. El agua de bebida tomarse fresca. Algunas fuentes de agua son calientes.

El color depende del material que el agua tenga en solución o coloidal. El agua debe ser incolora.

El olor; el agua debe ser inodora. La presencia de determinados olores produce efectos subjetivos y es rechazada para el consumo. Son producidos por algas, hongos, bacterias, sustancias orgánicas e inorgánicas.

La turbiedad como cualidad de transparencia. El agua debe ser transparente. Al igual que el color, está determinada por el material en suspensión.

El sabor; el agua debe ser insípida. Los sabores si bien no provocan efecto en la salud producen también efectos subjetivos. Es variable y siempre existe. En todos los casos, el sabor debe ser inobjetable.

Los parámetros físicos tienen un gran valor estético y psicológico, pero no son indicadores eficientes para determinar riesgo para la salud.

## ii. **Parámetros de Análisis Químico**

Algunas sustancias químicas, a determinadas concentraciones en agua potable, pueden constituir un peligro para la salud. Para algunas sustancias tóxicas se ha establecido límites provisionales. Entre los parámetros químicos se consideran el pH, los sólidos disueltos, la alcalinidad total, la dureza total, los cloruros, sulfatos, amoníaco, nitritos, nitratos, fluoruro, arsénico, plomo y vanadio.

El pH (acidez): Influye en la presencia de sabores en el agua, en la acción corrosiva e incrustante que tiene el agua en las cañerías y en la eficiencia de la cloración. El pH está relacionado con el pH se saturación con respecto al  $\text{CO}_3\text{Ca}$ . Debe tenderse a proveer agua con el pH entre un rango de valores de 6,5 y 8,5 a fin de disminuir la acción corrosiva y favorecer la formación de una película protectora de carbonato de calcio en los sistemas de distribución.

Sólidos disueltos: Valor aconsejable: 50-600 mg/l. Depositán residuos en calderas y recipientes. Provocan corrosión. Puede ser laxante.

Alcalinidad total ( $\text{CaCO}_3$ ). Valor aconsejable: 30-200 mg/lit. Puede afecta el sabor, el color y la turbiedad y provocar corrosión.

Dureza total: Está relacionada con la presencia de Ca y Mg. Provoca un elevado consumo de jabón, el endurecimiento de los vegetales en la cocción, incrustaciones en artefactos. Puede tener una acción agresiva o protectora de las instalaciones de acuerdo al pH.

Cloruro; Afecta el sabor y la corrosividad. La tolerancia varía con el clima y el esfuerzo físico realizado por los consumidores de agua con contenido de cloruro.

Sulfatos: Afectan el sabor y pueden actuar como laxantes.

Amoniaco: Su presencia en el agua debe relacionarse con la necesidad de realizar análisis bacteriológicos, si es que supera los límites normales.

Nitrito: Indica contaminación bacteriana asociada con nitratos y amoníaco. Sólo está permitido en los valores aceptables y tolerables de los parámetros en una dosis no mayor a 0.10 mg/lit. El valor aconsejable con respecto a esta sustancia es cero.

Nitratos: Pueden provocar metahemoglobinemia. Por formación de nitrosamina, pueden llegar a ser cancerígenos. El agua no los debe contener. En el caso de que el agua contenga más de 45 mg/l se deberá advertir a la población de la conveniencia de utilizar agua con menor contenido de nitratos para ser destinada a la bebida. Como los lactantes son un grupo sumamente sensible a sufrir la metahemoglobinemia infantil, se comunicará que se deberá usar agua con bajo contenido de nitratos aún para la cocción de los vegetales y otros alimentos destinados a su consumo.

Fluoruros: Tienen acción de prevención de las caries en concentraciones adecuadas. Cuando supera los 2 mg/l. se fija en fosfatos y calcio, en dientes y huesos, originando fluorosis.

Arsénico: Es un tóxico con efecto acumulativo y cancerígeno superficial. Se aconseja que el agua no lo tenga.

Plomo: Es un tóxico acumulativo. Aparece cuando las aguas con pH inadecuado agreden las cañerías de plomo. El agua no lo debe contener.

Vanadio: No debe estar presente en el agua. A pesar de que no se conocen sus efectos, es un riesgo potencial.

### **iii. Parámetro para el análisis bacteriológico.**

La contaminación del agua para beber con aguas cloacales es el más grave peligro potencial, ya que son fuente de la mayoría de las bacterias patógenas entéricas. Existen “microorganismos indicadores” que indican una contaminación fecal y que son de gran importancia para establecer la seguridad y calidad microbiológica del agua y que también se utilizan para los alimentos. Ellos son: los coliformes, los enterococos y las pseudomonas.

En el recuento bacteriológico se deben tener en cuenta:

Las bacterias aerobias no deben superar el número de 100/ml. Un aumento de las mismas, no acompañado por otro tipo de bacterias es un indicador de un deficiente desinfección del agua, o del estado deficitario de las cañerías de distribución.

Las bacterias coliformes tienen un límite máximo de 2 bacterias / ml. Este número se obtiene aplicando el método estadístico del número más probable, lo que en realidad quiere decir que no debe contener. En aquellos casos que supere ese número, se procede a identificar y/o diferenciar qué variedad del grupo coliforme está presente. Lo importante es si están presente las bacterias del género “Escherichia coli”, lo que estaría indicando contaminación fecal y por lo tanto alerta sobre el peligro potencial que ello representa para los consumidores. También es importante determinar si existen bacterias del grupo C.E.K, sigla conformada con las iniciales del género de las bacterias más comunes de este grupo (Citrobacter, Enterobacter y Klebsiella). Estas bacterias son potencialmente patógenas y su origen puede ser otro además del fecal (restos de materia orgánica en descomposición, heces de animales, etc.)

Las pseudomonas de distintas especies se ubican dentro del grupo C.E.K Estas son bacterias de alta peligrosidad por su gran facilidad de desarrollo en prácticamente cualquier material orgánico y la escasa sensibilidad a los antibióticos comunes. Por lo tanto, para que el agua sea potable no debe contenerlas. (ACOSTA, 2008)

### 2.2.2. Arcillas

Las arcillas son cualquier sedimento o depósito mineral que es plástico cuando se humedece y que consiste de un material granuloso muy fino, formado por partículas muy pequeñas cuyo tamaño es inferior a 4 micras, y que se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratados (1 micra es la diezmilésima parte de un centímetro o sea la dimensión aproximada de los microbios comunes).



La teoría geológica explica que la formación de las arcillas se da por la descomposición de las rocas ígneas primarias o rocas básicas, como los granitos, feldespatos o pegmatitos, los cuales son alterados por los agentes atmosféricos a través del tiempo, produciéndose las diferentes clases de arcilla según el grado de intemperización hasta alcanzar tamaños menores que dos micras (0.002 mm).

### 2.2.2.1. Propiedades de las arcillas:

- **Plasticidad:** Es la propiedad que permite a la arcilla, en combinación con el agua necesaria, adquirir cierta flexibilidad, puede deformarse bajo la acción de un esfuerzo y que permanece deformado después de retirada la causa que ha producido dicho cambio. La plasticidad depende del contenido del agua. Si la arcilla está totalmente seca no es plástica. Si se le añade agua, se observa un incremento de la plasticidad, que llegará a un máximo, para un contenido de agua determinado.
- **Límite plástico:** Es el contenido de agua mínimo, por debajo del cual la arcilla deja de comportarse como una masa plástica y se convierte en un material disgregable.
- **Límite líquido:** Es el contenido de agua determinado para el cual la arcilla comienza a fluir como un líquido espeso.
- **Índice de plasticidad:** Es la diferencia entre el límite plástico y el límite líquido
- **Contracción:** Tiene efecto durante el secado. La pérdida de agua se inicia en los poros superficiales, continuando estos en los poros interiores, hasta conseguir un equilibrio, entonces por arrastre se contraen los poros, disminuyendo el volumen.
- **Aglutinación:** Es la propiedad por la cual las arcillas se consolidan en una masa.
- **Porosidad y absorción de agua:** Dependiendo de los componentes estos pueden ser impermeables.
- **Vitrificación:** Es la propiedad de las arcillas de hacerse duras. A temperaturas muy elevadas la pasta se vitrifica, se vuelve más sonora y queda dura.

(AGUIRRE GASPAS, 2004)

### 2.2.2.2. Canteras de Arcilla

Las canteras, llamadas también barreros, es el lugar donde se extraen materiales, sea directamente o después de transformación, áridos para vías, o materiales para otras necesidades ingenieriles tales como enrocados, terraplenes y obras de contención. Excluyendo de esta clasificación la extracción de minerales propiamente dicho

Es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales y ornamentales; que abastecen las necesidades de la construcción; además donde se aplica la más variada tecnología que va desde el pico y la pala hasta la pólvora y maquinaria de diferente orden. Igualmente se refiere a las explotaciones a cielo abierto de materiales de construcción entre los cuales se incluyen las rocas industriales y ornamentales, gravas, gravillas, arenas y arcillas.

Para la extracción de los materiales arcillosos, se utilizan medios mecánicos simples al ser la arcilla una roca disgregada, aunque si está húmeda dificulta su extracción. En la explotación a cielo abierto es frecuente tener que desechar una capa de espesor más o menos grande, de material que no es apto para su utilización.

(ROJAS CARTOLÍN, 2013)

**Tabla 06: Clasificación de canteras**

<b>CLASIFICACIÓN DE CANTERAS</b>	
<b>Según el tipo de explotación</b>	Canteras a Cielo Abierto. En laderas, cuando la roca se arranca en la falda de un cerro. En corte, cuando la roca se extrae de cierta profundidad en el terreno (Pit). Canteras Subterráneas.
<b>Según el material a explotar</b>	De Materiales Consolidados o Roca. De Materiales no Consolidados como suelos, saprolito, agregados, terrazas aluviales y arcillas.
<b>Según su origen</b>	Canteras Aluviales. Canteras de roca o peña.

**Fuente:** Estudio de Canteras (Universidad Peruana Los Andes)

La arcilla es una materia prima que presenta múltiples aplicaciones tecnológicas. Se utiliza tanto para la elaboración de cerámica tradicional como para nuevos materiales útiles en la actualidad.

La arcilla en la elaboración de productos cerámicos, pasa por diversas etapas:

- Extracción.
- Preparación de la pasta cerámica.
- Amasado.
- Moldeo.
- Secado.
- Cocción.

### **2.2.3. Filtros de Arcilla**

Es un dispositivo de tratamiento de agua casera, de muy bajo costo, que potabiliza agua contaminada. Este elemento filtrante puede ser fabricado por ceramistas, con materiales comunes, sin tecnologías de alto nivel. Por su estructura permite eliminar la turbidez y por su micro poro evita el pase de bacterias.

#### **2.2.3.1. Filtro de Arcilla con plata coloidal.**

Filtro hecho a base de arcilla, aserrín y plata coloidal.

##### **Fundamento Teórico.**

El filtro de arcilla funciona de dos maneras:

- **Por filtración:** Los protozoarios, helmintos, bacterias y algunos virus se atrapan en los poros del filtro.
- **Por efecto microbicial:** Las bacterias se desactivan al contacto con la plata coloidal y son incapaces de reproducirse, previniendo el crecimiento del mismo elemento.

Es un filtro que permite la purificación debido al uso de la plata coloidal que es distribuida a través del filtro de arcilla, el agua fluye hacia abajo, por los lados, hasta gotear al fondo, atrapando los microbios que entran en contacto con la plata coloidal, sin poner en riesgo la salud, pues la plata se considera un material no tóxico. (RIVERA, 2007)

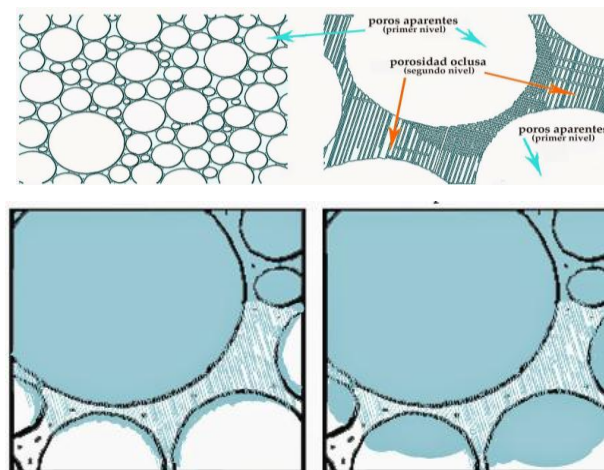
Henry Crooks, demostró que la plata coloidal es altamente germicida y a la vez es no tóxico para el ser humano, tiene un pH de 6.5 la concentración es de 3 a 5 mg/l. Según JEFFERSON WARREN (2005) nos señala que la plata coloidal es un poderoso destructor de gérmenes cada vez más popular en todo el mundo: es barata, efectiva y se prepara con facilidad. Este poderoso antibiótico de amplio espectro inactiva las enzimas de todas las células bacterianas, hongos y virus que éstas usan para su metabolismo del oxígeno.

Los coloides son partículas microscópicas suspendidas en líquido. La plata es convertida a plata coloidal a través de una electricidad positiva o puramente plata suspendida en agua. La medida de la partícula de pasta coloidal es generalmente entre 0.015 y 0.005 micrones. La plata viene a hacer una carga positiva iónica.

El aserrín de madera empleado, el que se mezclará con el resto de los componentes hasta formar la pasta plástica, se lo utilizará tamizado, de manera que al ser incinerado, quedan poros medianos, finos y superfinos.

El agua atraviesa gota por gota las capas de materiales naturales con Al filtrar cada poro se rellena con el agua proveniente del interior del filtro y éste pasa al poro vecino por la presión hidrostática natural, atravesando la pared de cada poro para pasar al contiguo y así salir al exterior donde se produce el goteo.

**Figura 01. Porosidad en el filtro**



Fuente: Filtro ecológico de agua

### 2.2.3.2. Filtro de Arcilla a base de Caolín

Filtro cerámico hecho a base de caolín, consiste en una unidad micro-porosa que retiene sustancias tóxicas en el agua. Dispositivo de uso doméstico que asegura la máxima eliminación de metales; es decir, no sólo purifica sino descontamina el agua. (FERNÁNDEZ CHITI, Filtro Cerámico Condorhuasi, 2005)

#### **Fundamento Teórico**

Es un objeto destinado a descontaminar aguas mediante sus poros microscópicos que dejan pasar el agua reteniendo todas las partículas en suspensión. Los iones de metales, metaloides y químicos tóxicos también son retenidos por adsorción.

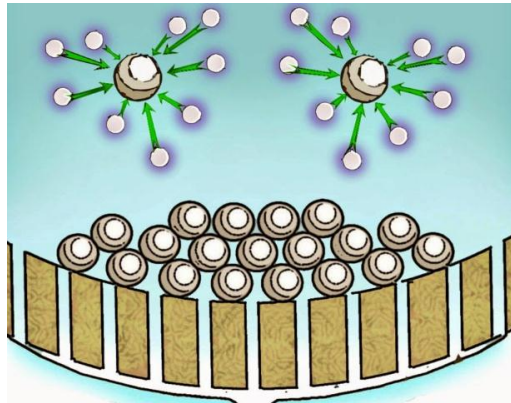
La adsorción es una propiedad de la sustancia arcillosa o caolínica, esta propiedad que poseen las partículas de caolín o arcilla blanca de adsorber impurezas metálicas y no metálicas de carga eléctrica contraria, las que quedan firmemente adheridas a la superficie.

La arcilla roja tiene una partícula muchísimo más gruesa que la de la caolinita, con lo que la superficie de adsorción resulta mucho menor. Una partícula de caolín mide desde medio hasta un micrón y una de arcilla roja oscila entre tres y cinco micrones.

El coloide del caolín puro, al adsorber las impurezas presentes en el agua, se agranda o crece y en unas horas sedimenta al fondo del depósito o filtro, cualidad que permite retirar del agua sus tóxicos y contaminantes, metales pesados tales como arsénico, plomo, bario, etc.

La arena de río, lavada, eleva la porosidad del filtro, para mejorar la trabajabilidad de la pasta y evitar grietas y rajaduras al dar forma a los filtros, la arena, además, mejora la resistencia del filtro en uso (después del horneado), aumenta la capacidad filtrante por unidad de tiempo; es barata y se halla fácilmente.

**Figura 02. Propiedad de Adsorción**



Fuente: Filtro ecológico de agua

### **2.2.3.3. Eficiencia del Filtro.**

#### **Definición de Eficiencia**

Significa "operar de modo que los recursos sean utilizados de forma más adecuada" (DE OLIVEIRA DA SILVA, 2002).

La eficiencia es la "propiedad según la cual la sociedad aprovecha de la mejor manera posible sus recursos escasos" (DE MARKIW, 2004).

“Es la expresión que se emplea para medir la capacidad o cualidad de actuación de un sistema o sujeto económico, para lograr el cumplimiento de objetivos determinados, minimizando el empleo de recursos" (DE ANDRADE, 2005).

Según el Diccionario de la Real Academia Española:

Eficiencia (Del lat. *efficientia*) es la capacidad de disponer de alguien o de algo para conseguir un efecto determinado.

La eficiencia del filtro de arcilla se demostrará luego de hacer las cosas correctas, se logrará los objetivos propuestos y obtendrá los resultados esperados.

En la presente investigación se tendrá en cuenta en la evaluación:

- Flujo de filtración.
- Eficiencia bacteriológica.
- Eficiencia en la descontaminación de metales.
- Sencillez de manufactura.

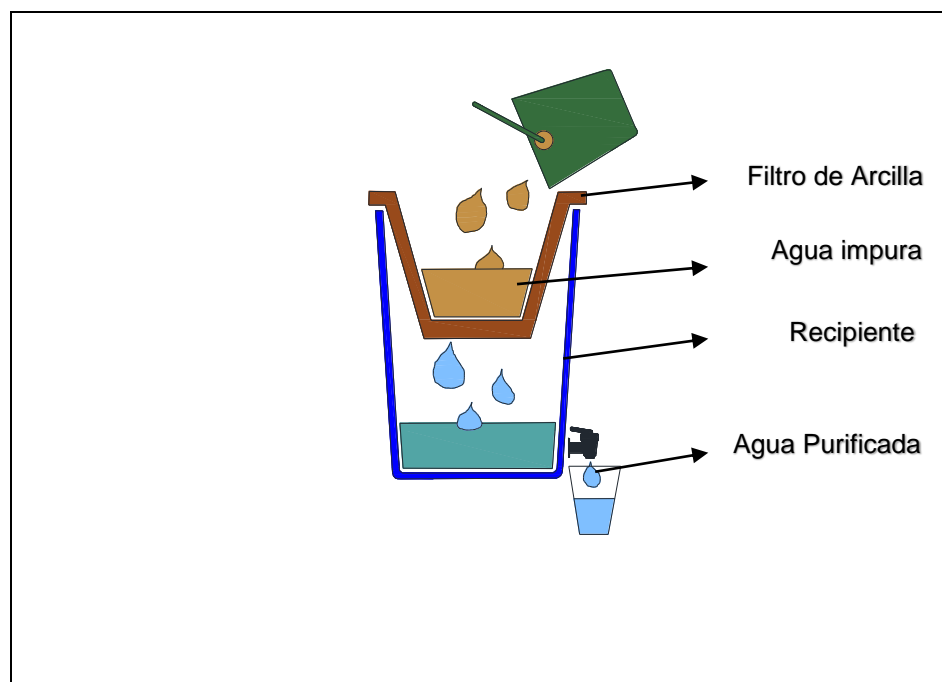
- Disponibilidad de materiales.
- Costo final.

#### 2.2.3.4. Filtración de Agua

Filtración es un proceso en el cual partículas sólidas que se encuentran en un fluido líquido o también gaseoso se separan mediante un medio filtrante, o filtro, que permite el paso del fluido, pero retiene las partículas sólidas. Unas veces interesa recoger el fluido; otras, las partículas sólidas y, en algunos casos, ambas cosas. (SOLIS MIRANDA, 2007)

La filtración del agua es el proceso de separar un sólido del líquido en el que está suspendido de hacerlos pasar a través de un medio poroso (filtro) que retiene al sólido y por el cual el líquido puede pasar muy fácilmente. Se puede aplicar mediante el paso del agua por un lecho filtrante conformado por diferentes granulometrías de arena y material pétreo, cuyo objetivo es retener sólidos en suspensión que van quedando atascados entre los diferentes espacios libres del medio. (DEGRÉMONT, 1979)

**Figura 03: Representación de la Actividad Purificadora del Filtro**



#### **2.2.4. Diseño Estadístico de Experimentos**

##### **Definición de Diseño de Experimentos**

Es la forma más eficaz de hacer pruebas. El diseño de experimentos consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras. Algunos problemas típicos que pueden resolverse con el diseño y el análisis de experimentos son los siguientes:

1. Compara a dos o más materiales con el fin de elegir al que mejor cumple los requerimientos.
2. Comparar varios instrumentos de medición para verificar si trabajan con la misma precisión y exactitud.
3. Determinar los factores de un proceso que tienen impacto sobre una o más características del producto final.
4. Encontrar las condiciones de operación (temperatura, velocidad, humedad, por ejemplo) donde se reduzcan los defectos o se logre un mejor desempeño del proceso.
5. Reducir el tiempo de ciclo del proceso.
6. Hacer el proceso insensible o robusto a oscilaciones de variables ambientales.
7. Apoyar el diseño o rediseño de nuevos productos o procesos.
8. Ayudar a conocer y caracterizar nuevos materiales.

El diseño de experimentos (DDE) es un conjunto de técnicas activas, en el sentido de que no esperan que el proceso mande las señales útiles, sino que éste se “manipula” para que proporcione la información que se requiere para su mejoría. El saber diseño de experimentos y otras técnicas estadísticas, en combinación con conocimientos del proceso, sitúan al responsable del mismo como un observador perceptivo y proactivo que es capaz de proponer mejoras y de observar algo interesante en el proceso y en los datos donde otra persona no ve nada.

(GUTIERREZ PULIDO & DE LA VARA SALAZAR, 2008)



## 2.2. Definición de términos básicos

- **Agua Potable:** Toda agua utilizada para consumo humano, que debe estar exenta de organismos capaces de provocar enfermedades y de elementos o sustancias que pueden producir efectos fisiológicos perjudiciales y debe cumplir con los requisitos de las normas de calidad física, química, bacteriológica y radiológica del agua. (NICOLAY, 2010)
- **Análisis físico de agua:** Es el estudio que determina los parámetros físicos como: Características organolépticas, color, olor, sabor; elementos flotantes, temperatura, sólidos conductividad, radioactividad. (CATALÁN LAFUENTE, 1981)
- **Análisis microbiológico:** Es el estudio que determina los parámetros microbiológico como: Coliformes totales, coliformes termotolerantes, estreptococos fecales, escherichia coli, salmonella, giardia lamblia, Vibrio colerae. (CATALÁN LAFUENTE, 1981)
- **Análisis químico:** Es el estudio que determina los parámetros químicos como: PH, materia orgánica, (COT), nitrógeno y compuestos derivados, fósforo y compuestos derivados, aceites y grasas, hidrocarburos, detergentes, cloro y cloruros, fluoruros, sulfatos, cianuros, pesticidas, metales. (CATALÁN LAFUENTE, 1981)
- **Arcilla:** Las arcillas son cualquier sedimento o depósito mineral que es plástico cuando se humedece y que consiste de un material granuloso muy fino, formado por partículas muy pequeñas cuyo tamaño es inferior a 4 micras, y que se componen principalmente de silicatos de aluminio hidratados (1 micra es la diezmilésima parte de un centímetro) o sea la dimensión aproximada de los microbios comunes. (BESOSAIN, 1985)
- **Arena de río:** La arena, una de las formaciones minerales más básicas en el planeta, se puede encontrar de alguna manera en cada país, zona templada, región geográfica y continentes en todo el mundo. La arena se define como un material natural granular compuesto de roca finamente dividida y partículas minerales, resulta de la disgregación de las rocas graníticas, arrastradas por las aguas y depositadas por orden de densidad en capas. (ARQUITECTURA, 1985)

- **Aserrín:** Es el desperdicio del proceso de serrado de la madera, como el que se produce en un aserradero. (VARIACIÓN Y TIPOS DE DIFERENCIACIÓN EN POBLACIONES DE ROBLE, 1975)
- **Cantera:** Son excavaciones hechas en la superficie de la tierra para extraer el material útil. (ROJAS CARTOLÍN, 2013)
- **Caolín:** El caolín es un silicato de aluminio hidratado, producto de la descomposición de rocas feldespáticas principalmente. El caolín también es conocido como caolinita y se define como una arcilla blanca. La caolinita es uno de los minerales mayoritarios en los diez primeros metros de la corteza continental. Comparte la clasificación en abundancia con minerales como cuarzo, micas, feldespato y calcita. (BESOSAIN, 1985)
- **Eficiencia:** Es la óptima utilización de recursos disponibles, para la obtención de resultados deseados. (DE OLIVEIRA DA SILVA, 2002)
- **Filtro:** Material poroso o dispositivo a través del cual se hace pasar un fluido para limpiarlo de impurezas o separar ciertas sustancias. (FERNÁNDEZ CHITI, Filtro Cerámico Condorhuasi: Descontaminante de Aguas, 2005)
- **Purificación del Agua:** Se refiere a la destrucción de los organismos causantes de enfermedades o patógenos presentes en ellas. (BORCHARDT & WALTON, 1991)
- **Plata coloidal:** Es el resultado de un proceso electrolítico que se lleva a cabo en agua que atrae partículas submicroscópicas de plata de un trozo más grande de plata pura; estas partículas permanecen en suspensión debido a la pequeña carga eléctrica de cada partícula y se encuentran en estado coloidal. (WARREN, 2005)

## **CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS**

### **3.1. Formulación de la hipótesis.**

El Filtro de arcilla es eficiente en la purificación de agua para consumo humano en Cajamarca.

### **3.2. Variables**

**Eficiencia del Filtro de Arcilla.** (Variable Independiente).

**Purificación del agua para consumo humano.** (Variable Dependiente).

### 3.3. Operacionalización de variables.

Tabla 07: Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	FUENTE	TECNICA
<b>Variable Dependiente</b> Purificación del Agua	El filtro es un instrumento que produce agua limpia para satisfacer las necesidades de las familias en lugares donde no hay un sistema de potabilización. Está hecho con tecnologías simples, eficientes, de bajo costo y que fueran socialmente aceptables para la eliminación in situ de la contaminación microbiológica y química.	Físicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flujo de filtración.</li> <li>• Eficiencia bacteriológica.</li> <li>• Eficiencia en la descontaminación de metales.</li> <li>• Disponibilidad de materiales.</li> <li>• Costo final.</li> </ul>	Resultado de Análisis físico, químico y bacteriológico de las muestras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Observación</li> <li>. Análisis físico, químico y bacteriológico en laboratorio de química.</li> </ul>
<b>Variable Independiente</b> Eficiencia del Filtro de Arcilla	Está hecho con tecnologías simples, eficientes, de bajo costo y que fueran socialmente aceptables para la eliminación in situ de la contaminación microbiológica y química.	Parámetros Organolépticos Parámetros Físicos Parámetros Químicos  Parámetros Bacteriológicos	Color, turbidez, olor, sabor  Temperatura PH  Metales  Coliformes (totales) Estreptococos fecales Enterococos fecales	Agua proveniente del Río Grande	Filtrado

## **CAPÍTULO 4. PRODUCTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL**

La fabricación del Filtro de Arcilla, trae consigo una tecnología alterna para la población principalmente de escasos recursos de nuestro país que deseen garantizar el consumo y cuidado del agua, además ofrece ayuda a todas aquellas comunidades que utilizan el vital líquido en los quehaceres del hogar.

## **CAPÍTULO 5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Tipo de diseño de investigación.**

Es un tipo de investigación experimental puro, que “Involucra la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles efectos; es decir que, se manipulan deliberadamente una o más variables independientes (supuestas causas) para analizar consecuencias de esa manipulación sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos), dentro de una situación de control para el investigador” (HERNÁNDEZ, BAPTISTA, & FERNÁNDEZ, 1997).

### **5.2. Material de estudio.**

#### **5.2.1. Unidad de estudio.**

El estudio a realizarse serán los Filtros de Arcilla.

#### **5.2.2. Muestra.**

Para elegir el punto exacto para nuestra muestra de agua, se ha tenido en cuenta el monitoreo por parte de DIRESA a los ríos: Grande, Porcón y Ronquillo, el cual de fecha 10 de setiembre del 2014, me proporcionaron los resultados del Ensayo N° 532, tomadas el 21 de agosto del 2014 por la DIRESA – Cajamarca. Dicha muestra fue analizada en el laboratorio de la DIGESA - Lima.

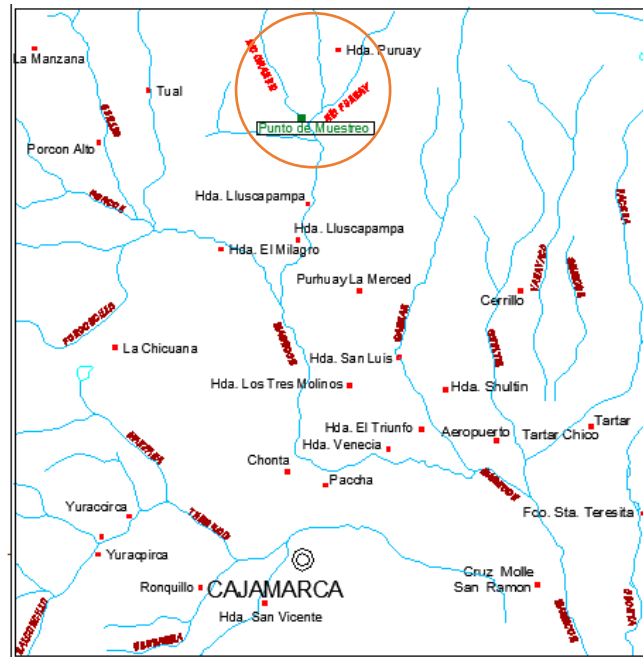
Se escoge el punto de muestreo a 100 metros antes de la confluencia del Río Grande con el Río Puruay – Puruay – Cajamarca, considerando que los resultados están elevados en plomo, hierro, arsénico, entre otros.

El Río Grande (Mashcón) está ubicado en el norte del Perú en la región Cajamarca, provincia de Cajamarca y forma parte de la vertiente del Atlántico. Limita por el norte con la cuenca del río Llaucano, por el sur con la cuenca del río Chusgón, por el sureste con la subcuenca del río San Miguelino, y por el suroeste con la subcuenca del río Chonta.

Este recurso hídrico tiene su origen en el cerro Quilish, entre sus principales tributarios tenemos a los ríos Quilish, Porcón, Ronquillo por la margen derecha, y la quebrada Encajón por la margen izquierda. La longitud del río Grande (Mashcón) es de 30 Km aproximadamente. El caudal promedio anual

estimado del Río Grande en Mashcón es aproximadamente 2 900 L/s. Asimismo, este curso superficial recorre los distritos Encañada, Baños del Inca y Cajamarca de la provincia de Cajamarca. (DIGESA M. D., 2007)

**Figura 04: Ubicación del Punto de Muestreo**



Fuente: Mapa Hidrológico

Las muestras de agua se recolectaron en el área detallada. Se tomaron cuatro muestras de 48 litros cada una, con el fin de abastecer a los ocho filtros.

### **5.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.**

#### **5.3.1. Para recolectar datos.**

##### **5.3.1.1. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.**

Dada la forma del proyecto, el desarrollo de éste, comprendió varias etapas que facilitaron el desenvolvimiento de las actividades.

- i. Se inicia con la exploración de Canteras de Arcilla en Cajamarca; esta etapa consistió en la búsqueda de información necesaria para ubicar canteras de arcillas que cumpliesen con los requisitos necesarios para la fabricación de materiales cerámicos; dicha información nos brindan algunos artesanos, concedores de las canteras y las propiedades del material de cada una de ellas y el Ministerio de Energía

y Minas (Minem), quien registra las principales unidades de producción minera no metálica de nuestro país.

ii. Se determina las características de las arcillas y se procede a la extracción de las arcillas, seleccionando cinco canteras, utilizando medios mecánicos convencionales como picos, palanas.

iii. Se realizó el análisis granulométrico y plasticidad de cada una de las muestras de arcilla, en el laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte.

iv. Luego de definirse la dosificación, se procede a elaborar los filtros, de manera artesanal, tomando en cuenta estudios anteriores.

v. Se recogió la muestra de agua del Río Grande, para luego ser realizados los análisis físicos, químicos bacteriológicos, en el laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca.

vi. Se coloca en cada filtro 5 litros de agua de la muestra, haciéndose en ellos 3 pruebas con 3 muestras de agua, con el fin de observar el comportamiento de los filtros, mejorarlos u observar posible puntos críticos.

vii. Se mide el flujo de agua en cada filtro.

viii. Se identifica el filtro o filtros más eficientes, que cumpla con la normatividad peruana.

**Tabla 08. Localización de Canteras.**

Nombre de la Cantera	Material	Distrito	Latitud	Longitud
<b>Shudal</b>	Arcilla	Cajamarca	7°11'54.71"S	78°30'6.65"O
<b>Guitarrero</b>	Arcilla	Cajamarca	7°12'29.13"S	78°30'18.62"O
<b>San Ramón</b>	Arcilla	Cajamarca	7°9'11.39"S	78°31'56.98"O
<b>Cumbe Mayo</b>	Caolín	Cajamarca	7°10'13.51"S	78°32'55.19"O
<b>Namora</b>	Caolín	Namora	7°11'37.9"S	78°21'6.79"O



**Foto 01. Extracción de Arcilla Cantera San Ramón.**



**Foto 02. Extracción de Arcilla Cantera El Guitarrero.**



**Foto 03. Extracción de Arcilla Cantera Shudal.**



**Foto 04. Extracción de Arcilla Cantera El Cumbe (Caolín).**



**Foto 05. Extracción de Arcilla Cantera Namora.**



**Foto 06. Pesaje de Arcilla Laboratorio de Suelos UPN**



**Foto 07. Análisis granulométrico UPN**



**Foto 08. Análisis de Plasticidad**








**Foto 09. Análisis Físico, Químico Bacteriológico del agua del Río Grande**








**Tabla 09: Recolección de muestras de agua del Río Grande**

NÚMERO DE MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	FOTOS
1	31/10/2014	 
2	31/10/2014	

3	07/11/2014	
4	14/11/2014	 

**Tabla 10: Control del flujo de agua en cada filtro.**

NÚMERO DE MUESTRA	FECHA DE FILTRADO	FOTOS
2	31/10/2014	
3	07/11/2014	
4	14/11/2014	

**Foto 10. Recolección muestras de 1 litro de agua filtrada en envases  
previamente esterilizados.**



**Foto 11: Laboratorio de Agua con muestras del agua filtrada para  
Análisis**





**5.3.1.2. Procedimientos para recolección de datos.**

**i. Denominación de los Filtros**

Los Filtros han sido enumerados teniendo en cuenta la procedencia de la arcilla, la dosificación y agrupados en dos tipos.

**Tabla 11. Características del Filtro**

N°	CANTERA	TIPO DE FILTRO	MATERIALES
1	San Ramón	TIPO I	Arcilla Aserrín Plata coloidal
2	Guitarrero		
3	Shudal		
4	El Cumbe	TIPO II	Caolín Aserrín Arena de río
5	Namora		
6	San Ramón		
7	Guitarrero		
8	Shudal		

**ii. Procedimiento para elaboración Filtro Tipo I y II**

**Paso 01.** Se inicia con la preparación del molde; para lo cual necesitamos un patrón, es decir la pieza o forma que queremos reproducir. Por lo general el molde es sólido y de un tamaño algo mayor al que queremos reproducir; utilizaremos yeso en su elaboración; tenemos que prever que la pasta cerámica al secarse tiene una reducción de tamaño, por lo que el modelo que usemos para confeccionar el molde, deberá ser el tanto por ciento más grande igual a la reducción de la pasta que vayamos a emplear. Luego de elaborado el molde se lo deja secar al aire libre por ocho días.

**Foto 12. Elaboración del patrón**



**Foto 13. Preparación del patrón**



**Foto 14. Colocación de yeso en patrón**



**Foto 15. Secado del molde a la intemperie**



**Paso 02.** Se colocó los pedazos de la arcilla en un molino, especialmente adaptado para triturar, pasándolo luego por el tamiz N°20, el cual permitirá eliminar cualquier partícula gruesas y otras impurezas ajena a la arcilla.

**Foto 16. Trituración de la arcilla manualmente**



**Foto 17. Pulverizado de arcilla**



**Foto 18. Cernido de arcilla en tamiz N°20**



**Paso 03.** Secar el aserrín al aire libre y de igual manera lo pasamos por el tamiz N° 20.

**Foto 19. Secado y cernido de aserrín y arena**



**Paso 04.** Pesaje de los materiales

**Para Filtro Tipo I:** La dosificación en trabajos anteriores es la siguiente: 17% de aserrín, 33% de agua y 50% de arcilla; añadiendo el agua poco a poco hasta obtener una consistencia correcta, con ayuda de una batidora para arcilla.

**Tabla 12: Dosificación de materiales, Filtro Tipo I**

FILTRO TIPO I			
Arcilla (Kg.)	Aserrín (Kg)	Plata coloidal	Agua (l)
7	1.2	2ml en 250 ml de agua	3 aprox.

**Para Filtro Tipo II:** Cuya dosificación en trabajos anteriores es la siguiente: 70% en peso de arcilla roja o caolín, 30% en peso de arena de río, 80% de aserrín en volumen y aproximadamente 40% de agua en volumen, hasta conseguir que la masa esté consistente.

**Tabla 13: Dosificación de materiales, Filtro Tipo II**

FILTRO TIPO II			
Arcilla (Kg.)	Arena de río (Kg)	Aserrín (Volumen)	Agua (l)
5.6	2.4	80%( arcilla+arena)	4



**Foto 20. Pesaje de los materiales**



**Foto 21. Preparación de la masa.**

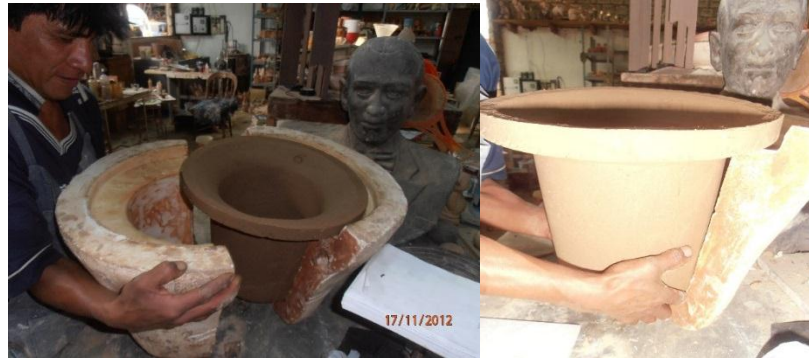


**Paso 05.** Con la ayuda de un rodillo de mano y en una mesa, se extiende la masa a una altura de 2 cm. Colocándolo luego al molde, en forma de plancha, tratando de que se ocupe uniformemente, dejándolo en él 24 horas. Luego desmoldar, arreglar cualquier imperfección y dejarlo secar por unos ocho días.

**Foto 22. Colocado de masa en molde**



**Foto 23. Desmoldado**



**Foto 24. Secado de filtro a la intemperie**



**Paso 06.** Se llevaron los filtros de arcilla al horno por un período de 8 horas, hasta alcanzar una temperatura de 940°C para luego dejarlos enfriar. Se los coloca en agua con el fin de abrir los poros formados por la combustión del aserrín.

**Foto 25. Horneado y enfriado de filtros**





**Paso 07.** Se comprobó el flujo del agua, que debe ser aproximadamente de 1 a 2 litros por hora. Se prueba la filtración, con la finalidad de eliminar cualquier partícula sólida retenida.

**Foto 26. Prueba de filtración**



**Paso 08.** Se preparó la mezcla de plata coloidal con agua, cuya dosificación en trabajos anteriores es la siguiente: 250 ml. de agua filtrada y se agrega 2 ml de plata coloidal al 3.2%. Aplicamos esta solución por el interior y exterior del filtro con ayuda de una brocha.

**Foto 27. Baño con Plata Coloidal**



**Paso 31.** El filtro es colocado dentro de un balde de plástico con su respectiva llave, con el fin de proveer de agua con mayor comodidad.

**Foto 28. Colocado del Filtro dentro de un recipiente**



### 5.3.2. Para analizar información.

#### Técnica e Instrumentos para analizar información

Los datos obtenidos a través de los diferentes análisis organoléptico, físico, químico y bacteriológico y metales, son llevados a un computador, en donde se registró, ordenó y analizó, teniendo en cuenta los Límites Permisible en la Norma Peruana y haciendo uso de hojas de cálculo en Excel y gráficos comparativos para analizar los resultados obtenidos.



### Procedimiento para analizar la información

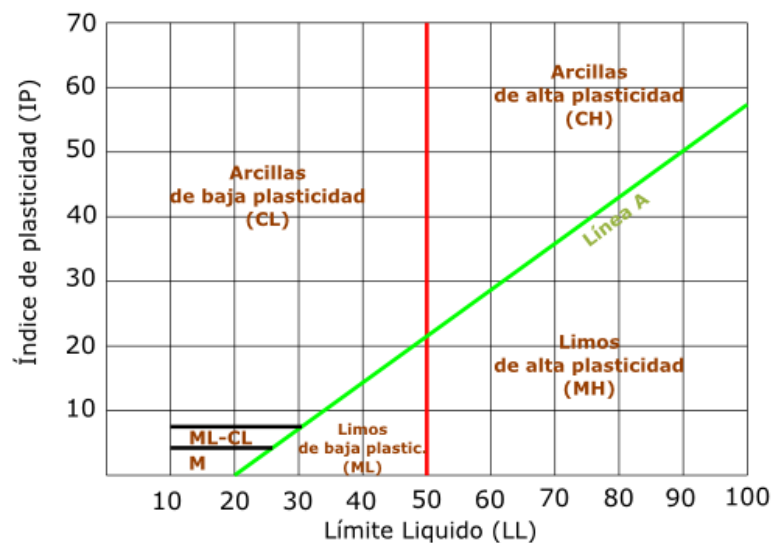
- Se determinó las características de los cinco tipos de arcilla, de manera que nos permita lograr nuestros objetivos.
- Se analiza los resultados del análisis del agua de la muestra, con el fin de determinar si el agua está contaminada.
- Se analiza los resultados del análisis del agua filtrada, con el propósito de verificar si los filtros cumplen con el cometido y son aceptable y satisfactorios.
- Se realiza la comparación de los filtros, cada uno con sus parámetros resultantes y tomando un criterio objetivo, procedemos a la elección de los filtros más eficientes de nuestro proyecto.

## CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1. Resultados de las características físicas de las arcillas.

Se realizó análisis de suelos, utilizando el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), basado en el análisis granulométrico y en los límites de Atterberg (límites líquido y plástico). Los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte, a los cinco tipos de arcilla, nos reportan los siguientes:

**Figura 05. Carta de Plasticidad (S.U.C.S.)**



## 6.1.1. CANTERA SAN RAMÓN

### 6.1.1.1. Análisis Granulométrico

Los resultados muestran que pasa por la malla N° 200, el 93.4%, lo que significa que es un suelo de partículas finas.

### 6.1.1.2. Clasificación del Suelo

De acuerdo a los resultados de la Tabla 14, nos indica el LL menor de 50, el IP es 16, en la Carta de Plasticidad de SUCS, el material extraído de la Cantera San Ramón es de tipo CL, considerado arcillas inorgánicas de baja plasticidad.

**Tabla 14: Características Físicas de la Arcilla San Ramón**

% PASA MALLA 200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Pe	Contenido de Humedad (%)	CLASIFIC SUCS
93.24	39.00	23.00	16.00	2.68	3.69	CL

## 6.1.2. CANTERA EL GUITARRERO

### 6.1.2.1. Análisis Granulométrico

Los resultados muestran que pasa por la malla N° 200, el 62.28%, lo que significa que es un suelo de partículas finas.

### 6.1.2.1. Clasificación del Suelo

De acuerdo a los resultados de la Tabla 15, nos indica el LL menor de 50, el IP es 16, en la Carta de Plasticidad de SUCS, el material extraído de la Cantera Guitarrero es de tipo CL, considerado arcillas inorgánicas de baja plasticidad.

**Tabla 15: Características Físicas de la Arcilla Guitarrero**

% PASA MALLA 200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Pe	Contenido de Humedad (%)	CLASIFIC SUCS
62.28	28.00	19.00	16.00	2.66	2.29	CL

### 6.1.3. CANTERA SHUDAL

#### 6.1.3.1. Análisis Granulométrico

Los resultados muestran que pasa por la malla N° 200, el 99.34%, lo que significa que es un suelo de partículas finas.

#### 6.1.3.2. Clasificación del Suelo

De acuerdo a los resultados de la Tabla 16, nos indica el LL mayor de 50, el IP es 32, en la Carta de Plasticidad de SUCS, el material extraído de la Cantera San Ramón es de tipo CH, considerado arcillas inorgánicas de alta plasticidad.

**Tabla 16 Características Físicas de la Arcilla Shudal**

% PASA MALLA 200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Pe	Contenido de Humedad (%)	CLASIFIC SUCS
99.34	70.00	38.00	32.00	2.31	35.54	CH

### 6.1.4. CANTERA EL CUMBE

#### 6.1.4.1. Análisis Granulométrico

Los resultados muestran que pasa por la malla N° 200, el 53.21%, lo que significa que es un suelo de partículas finas.

#### 6.1.4.1. Clasificación del Suelo

De acuerdo a los resultados de la Tabla 17, nos indica el LL menor de 50, el IP es 22, en la Carta de Plasticidad de SUCS, el material extraído de la Cantera El Cumbe es de tipo CL, considerado arcillas inorgánicas de baja plasticidad.

**Tabla 17: Características Físicas de la Arcilla El Cumbe**

% PASA MALLA 200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Pe	Contenido de Humedad (%)	CLASIFIC SUCS
53.21	39.00	17.00	22.00	2.68	3.69	CL

## 6.1.5. CANTERA NAMORA

### 6.1.5.1. Análisis Granulométrico

Los resultados muestran que pasa por la malla N° 200, el 85.15%, lo que significa que es un suelo de partículas finas.

### 6.1.5.1. Clasificación del Suelo

De acuerdo a los resultados de las Tablas 18, nos indica el LL mayor de 50, el IP es 44, en la Carta de Plasticidad de SUCS, el material extraído de la Cantera Namora es de tipo CH, considerado arcillas inorgánicas de alta plasticidad.

**Tabla 18: Características Físicas de la Arcilla Namora**

% PASA MALLA 200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Pe	Contenido de Humedad (%)	CLASIFIC SUCS
85.15	70.00	26.00	44.00	1.78	3.82	CH

## 6.2. Resultados del Control Flujo del agua en los Filtros.

La prueba de flujo del agua, nos permitió conocer el filtro cuya porosidad está mejor expuesta y cuyos resultados apuntan a los Filtros de Tipo II, debido a su dosificación y principalmente a la presencia de arena de río, dando un máximo de flujo de 910 ml/h, quedando atrás los Filtros de Tipo I, cuyos resultados no superan los 440 ml/h.

**Tabla 19: Control del Flujo del agua N° 01**

N° FILTRO	CANTERA	TIPO DE FILTRO	FECHA	HORA INICIO	HORA DE TERMINO	FLUJO (ml/h)
1	San Ramón	I	31/10/2014	05:40 p.m.	06:40 p.m.	350
2	Guitarrero			05:48 p.m.	06:48 p.m.	280
3	Shudal			06:02 p.m.	07:02 p.m.	410
4	El Cumbe	II		06:05 p.m.	07:05 p.m.	830
5	Namora			06:08 p.m.	07:08 p.m.	840
6	San Ramón			06:12 p.m.	07:12 p.m.	760
7	Guitarrero			06:15 p.m.	07:15 p.m.	610
8	Shudal			06:19 p.m.	07:19 p.m.	720

**Tabla 20: Control del Flujo del agua N° 02**

N° FILTRO	CANTERA	TIPO DE FILTRO	FECHA	HORA INICIO	HORA DE TERMINO	FLUJO (ml/h)
1	San Ramón	I	07/11/2014	03:17 p.m.	04:17 p.m.	360
2	Guitarrero			03:29 p.m.	04:29 p.m.	310
3	Shudal			03:33 p.m.	04:33 p.m.	440
4	El Cumbe	II		03:40 p.m.	04:45 p.m.	860
5	Namora			03:45 p.m.	04:54 p.m.	850
6	San Ramón			04:50 p.m.	05:05 p.m.	650
7	Guitarrero			04:53 p.m.	05:20 p.m.	640
8	Shudal			05:02 p.m.	05:30 p.m.	750

**Tabla 21: Control del Flujo del agua N° 03**

N° FILTRO	CANTERA	TIPO DE FILTRO	FECHA	HORA INICIO	HORA DE TERMINO	FLUJO (ml/h)
1	San Ramón	I	14/11/2014	09:15 a.m.	10:15 a.m.	340
2	Guitarrero			09:28 a.m.	10:28 a.m.	340
3	Shudal			09:35 a.m.	10:35 a.m.	440
4	El Cumbe	II		09:45 a.m.	10:45 a.m.	910
5	Namora			09:55 a.m.	10:55 a.m.	780
6	San Ramón			10:05 a.m.	11:05 a.m.	650
7	Guitarrero			10:15 a.m.	11:15 a.m.	650
8	Shudal			10:25 p.m.	11:25 p.m.	750

### 6.3. Resultados del Análisis Organoléptico, Físico, Químico, de Metales y Bacteriológico del agua.

Los resultados obtenidos del Análisis Físico, Químico, Bacteriológico y de Metales señalan que se ha pasado de una agua bacteriológicamente inapta (contaminada), de categoría “B”, a una agua bacteriológicamente apta, a una categoría “A”.

Los resultados del laboratorio se adjuntan en el Anexo 02.

#### 6.4. Resultados Estadísticos

Para obtener los resultados de este proyecto se ha considerado el uso del ANOVA Analysis of Variance, que es una herramienta estadística, a través de la cual, se realizará la comparación de los diversos valores medios para determinar si alguno de ellos difiere significativamente del resto. Para ello se consideraron los resultados proporcionados por los diversos resultados del análisis del laboratorio, los valores medios respectivos no diferirán mucho los unos de los otros y su dispersión, debida a los errores aleatorios, será comparable a la dispersión presente individualmente en cada resultado del laboratorio.

El procedimiento es el siguiente: Se probará la eficiencia del Filtro, teniendo en cuenta que el más eficiente es el que tiene menor concentración de contaminantes promedio para las cinco fuentes de material; considerando que se llevó a cabo tres muestreos por fuente. A continuación se hace la comparación entre fuentes, por parámetro escogido, en nuestro caso, catorce parámetros, aplicando Análisis de Varianza; estos indicadores estadísticos nos van a sugerir cuál seleccionar como el recomendable a través de la prueba de Hipótesis; la cual se plantea en dos formas:  $H_0$ , hipótesis nula, que plantea la igualdad de concentraciones promedio para cada una de las fuentes o canteras; y, una hipótesis alterna  $H_1$  que plantea la diferencia de las concentraciones promedio para cada una de las fuentes. La Hipótesis nula se acepta si la significación es mayor que 0.05 caso contrario se rechaza y se acepta a la hipótesis alterna, es decir que al menos una es diferente; y para verificar cuál es diferente se realiza las pruebas post hoc.

En los resultados obtenidos del análisis de agua, observamos que existen mínimas variaciones en los catorce diferentes parámetros evaluados, por lo que la evaluación de la eficiencia del filtro se lo considerará al que purifica los metales más dañinos, así como la capacidad de flujo y de acuerdo a estas medidas, el filtro elaborado con arcilla de la cantera de Namora es la que tiene en sus resultados, menores concentraciones de elementos perjudiciales, como es el Arsénico, plomo, hierro y sulfatos.

Cabe mencionar que no han sido procesados algunos parámetros, debido a que los resultados del análisis del agua han sido iguales como es el caso del Análisis Organoléptico y Bacteriológico; los alcances se dan en la Tabla N° 27 donde se ha comparado los resultados del Análisis del Agua del Río Grande y del Filtro considerado el más eficiente.

Tabla 22. Características de Análisis Físico, Químico y de Metales del Filtro Tipo I de la arcilla de las diversas canteras

Parámetros	Cantera	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
PH	SAN RAMON	3	7.6000	0.1000	0.0577	7.3516	7.8484	7.5000	7.7000
	GUIARRERO	3	8.4000	0.2000	0.1155	7.9032	8.8968	8.2000	8.6000
	SHUDAL	3	7.7000	0.2000	0.1155	7.2032	8.1968	7.5000	7.9000
	<b>Total</b>	9	7.9000	0.4062	0.1354	7.5878	8.2122	7.5000	8.6000
TEMPERATURA	SAN RAMON	3	19.3333	0.5774	0.3333	17.8991	20.7676	19.0000	20.0000
	GUIARRERO	3	19.6667	0.5774	0.3333	18.2324	21.1009	19.0000	20.0000
	SHUDAL	3	20.0000	0.0000	0.0000	20.0000	20.0000	20.0000	20.0000
	<b>Total</b>	9	19.6667	0.5000	0.1667	19.2823	20.0510	19.0000	20.0000
CONDUCTIVIDAD A 20°C	SAN RAMON	3	91.0000	1.3229	0.7638	87.7138	94.2862	90.0000	92.5000
	GUIARRERO	3	97.7000	1.0440	0.6028	95.1065	100.2935	97.0000	98.9000
	SHUDAL	3	97.7333	0.8737	0.5044	95.5630	99.9037	97.0000	98.7000
	<b>Total</b>	9	95.4778	3.4899	1.1633	92.7952	98.1604	90.0000	98.9000
SÓLIDOS TOTALES	SAN RAMON	3	96.0000	1.3229	0.7638	92.7138	99.2862	95.0000	97.5000
	GUIARRERO	3	95.9667	2.4007	1.3860	90.0030	101.9303	94.2000	98.7000
	SHUDAL	3	87.7000	2.3065	1.3317	81.9703	93.4297	85.3000	89.9000
	<b>Total</b>	9	93.2222	4.5124	1.5041	89.7537	96.6908	85.3000	98.7000
SÓLIDOS DISUELTOS	SAN RAMON	3	49.8333	0.7638	0.4410	47.9360	51.7306	49.0000	50.5000
	GUIARRERO	3	62.4667	1.7388	1.0039	58.1473	66.7860	60.5000	63.8000
	SHUDAL	3	50.1333	0.1528	0.0882	49.7539	50.5128	50.0000	50.3000
	<b>Total</b>	9	54.1444	6.3153	2.1051	49.2901	58.9988	49.0000	63.8000
SÓLIDOS EN	SAN RAMON	3	46.1667	0.7638	0.4410	44.2694	48.0640	45.5000	47.0000

<b>SUSPENSIÓN</b>	GUIARRERO	3	40.2333	12.9063	7.4515	8.1722	72.2944	31.9000	55.1000
	SHUDAL	3	37.5667	2.1595	1.2468	32.2022	42.9311	35.3000	39.6000
	<b>Total</b>	9	41.3222	7.5822	2.5274	35.4940	47.1504	31.9000	55.1000
<b>TURBIDEZ</b>	SAN RAMON	3	1.4000	0	0	1.4000	1.4000	1.4000	1.4000
	GUIARRERO	3	1.3667	0.0577	0.0333	1.2232	1.5101	1.3000	1.4000
	SHUDAL	3	1.3667	0.0577	0.0333	1.2232	1.5101	1.3000	1.4000
	<b>Total</b>	9	1.3778	0.0441	0.0147	1.3439	1.4117	1.3000	1.4000
<b>ALCALINIDAD TOTAL CaCO2</b>	SAN RAMON	3	19.2000	0.2000	0.1155	18.7032	19.6968	19.0000	19.4000
	GUIARRERO	3	25.8333	0.9292	0.5365	23.5252	28.1415	24.8000	26.6000
	SHUDAL	3	26.8333	0.9074	0.5239	24.5793	29.0874	26.0000	27.8000
	<b>Total</b>	9	23.9556	3.6524	1.2175	21.1480	26.7631	19.0000	27.8000
<b>DUREZA TOTAL</b>	SAN RAMON	3	98.2333	0.3215	0.1856	97.4348	99.0319	98.0000	98.6000
	GUIARRERO	3	98.6667	3.2146	1.8559	90.6813	106.6521	95.0000	101.0000
	SHUDAL	3	96.3000	1.8358	1.0599	91.7397	100.8603	95.0000	98.4000
	<b>Total</b>	9	97.7333	2.1547	0.7182	96.0771	99.3895	95.0000	101.0000
<b>OXIGENO DISUELTO (O2)</b>	SAN RAMON	3	1.3000	0.0000	0.0000	1.3000	1.3000	1.3000	1.3000
	GUIARRERO	3	1.3000	0.0000	0.0000	1.3000	1.3000	1.3000	1.3000
	SHUDAL	3	1.4000	0.0000	0.0000	1.4000	1.4000	1.4000	1.4000
	<b>Total</b>	9	1.3333	0.0500	0.0167	1.2949	1.3718	1.3000	1.4000
<b>SULFATOS (SO4)2</b>	SAN RAMON	3	42.4667	7.65005	4.41676	23.4629	61.4705	38.00	51.30
	GUIARRERO	3	44.3333	7.16194	4.13495	26.5421	62.1246	40.00	52.60
	SHUDAL	3	47.3000	3.39559	1.96044	38.8649	55.7351	45.00	51.20
	<b>Total</b>	9	44.7000	5.89852	1.96617	40.1660	49.2340	38.00	52.60
<b>ARSENICO (As)</b>	SAN RAMON	3	.001267	.0004619	.0002667	.000119	.002414	.0010	.0018
	GUIARRERO	3	.001300	.0004359	.0002517	.000217	.002383	.0010	.0018
	SHUDAL	3	.001600	.0005000	.0002887	.000358	.002842	.0011	.0021



	<b>Total</b>	9	.001389	.0004343	.0001448	.001055	.001723	.0010	.0021
<b>HIERRO (Fe)</b>	SAN RAMON	3	.025667	.0245832	.0141931	-.035401	.086735	.0100	.0540
	GUIARRERO	3	.025333	.0265581	.0153333	-.040641	.091307	.0100	.0560
	SHUDAL	3	.040000	.0140000	.0080829	.005222	.074778	.0300	.0560
	<b>Total</b>	9	.030333	.0207123	.0069041	.014412	.046254	.0100	.0560
<b>PLOMO (Pb)</b>	SAN RAMON	3	0.0090	0	0	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090
	GUIARRERO	3	0.0090	0	0	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090
	SHUDAL	3	0.0090	0	0	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090
	<b>Total</b>	9	0.0090	0	0	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090

**Tabla 23. Análisis de Varianza para Comparar Promedios las diversas características del agua procesados por el Filtro Tipo I, con arcilla de las diversas canteras**

Parámetros	Grupos	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
PH	Inter-grupos	1.1400	2	0.5700	19.0000	0.0030	
	Intra-grupos	0.1800	6	0.0300			
	Total	1.3200	8				
TEMPERATURA	Inter-grupos	0.6670	2	0.3330	1.5000	0.2960	
	Intra-grupos	1.3330	6	0.2220			
	Total	2.0000	8				
CONDUCTIVIDAD A 20°C	Inter-grupos	90.2290	2	45.1140	37.5610	0	
	Intra-grupos	7.2070	6	1.2010			
	Total	97.4360	8				
SÓLIDOS TOTALES	Inter-grupos	137.2290	2	68.6140	16.0400	0.0040	
	Intra-grupos	25.6670	6	4.2780			
	Total	162.8960	8				
SÓLIDOS DISUELTOS	Inter-grupos	311.8020	2	155.9010	128.8440	0	
	Intra-grupos	7.2600	6	1.2100			
	Total	319.0620	8				
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	Inter-grupos	116.2760	2	58.1380	1.0150	0.4170	
	Intra-grupos	343.6400	6	57.2730			
	Total	459.9160	8				
TURBIDEZ	Inter-grupos	0.0020	2	0.0010	0.5000	0.6300	
	Intra-grupos	0.0130	6	0.0020			
	Total	0.0160	8				
ALCALINIDAD TOTAL CaCO <sub>2</sub>	Inter-grupos	103.2690	2	51.6340	89.7120	0	
	Intra-grupos	3.4530	6	0.5760			
	Total	106.7220	8				
DUREZA TOTAL	Inter-grupos	9.5270	2	4.7630	1.0350	0.4110	
	Intra-grupos	27.6130	6	4.6020			
	Total	37.1400	8				
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	Inter-grupos	0.0200	2	0.0100			
	Intra-grupos	0	6	0			
	Total	0.0200	8				
SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) <sup>2</sup>	Inter-grupos	35.647	2	17.823	20.4200	.663	
	Intra-grupos	242.693	6	40.449			
	Total	278.340	8				
ARSENICO (As)	Inter-grupos	.000	2	.000	3.2780	.649	

	Intra-grupos	.000	6	.000		
	Total	.000	8			
<b>HIERRO (Fe)</b>	Inter-grupos	.000	2	.000	58.4340	.676
	Intra-grupos	.003	6	.001		
	Total	.003	8			
<b>PLOMO (Pb)</b>	Inter-grupos	0	2	0		
	Intra-grupos	0	6	0		
	Total	0.0000	8			

### Interpretación:

**En la Tabla 22**, se presentan las estadísticas descriptivas para las variables analizadas, tales como:

**Valor promedio:** Su valor tiene un significado según sea mayor o menor, de acuerdo a la variable.

**La desviación estándar:** Mientras menor es el valor, significa que las mediciones son más homogéneas

**Error típico de la media:** Mientras menor es el valor, significa que la media es más representativa

**Intervalo de confianza del 95% para la media:** significa el rango de variación del promedio (95% confianza)

**Valores mínimo y máximo:** Son valores mínimo y máximo observados en los ensayos.

**En la Tabla 23.** Se muestran los procesos de contrastación o comparación de promedios de las variables para las 3 canteras, y para el Filtro Tipo I.

La hipótesis ensayada es para cada variable y las tres canteras (San Ramón=1, Guitarrero =2, Shudal =3), es:

$H_0. \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ ; donde  $\mu_i$  Promedio para la cantera  $i.=1,3$ .

$H_1$ . Al menos uno de los promedios es diferente.

La prueba se realiza al nivel  $\alpha=0.05$  (5%)

Se acepta  $H_0$ , si  $P=$  significación  $> \alpha = 0.05$ ), caso contrario se rechaza, y se acepta como válida  $H_1$

**TABLA 24. Estadísticas Descriptivas para Características de Análisis Físico, Químico y de Metales las diversas fuentes de arcilla. Filtro II**

Parámetros	Cantera	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
PH	CUMBE	3	7.6667	0.1528	0.0882	7.2872	8.0461	7.5000	7.8000
	NAMORA	3	7.6000	0.1732	0.1000	7.1697	8.0303	7.4000	7.7000
	SAN RAMÓN	3	8.3333	0.1528	0.0882	7.9539	8.7128	8.2000	8.5000
	GITARRERO	3	7.7333	0.0577	0.0333	7.5899	7.8768	7.7000	7.8000
	SHUDAL	3	7.6667	0.1528	0.0882	7.2872	8.0461	7.5000	7.8000
	<b>Total</b>		15	7.8000	0.3047	0.0787	7.6312	7.9688	7.4000
TEMPERATURA	CUMBE	3	19.6667	0.5774	0.3333	18.2324	21.1009	19.0000	20.0000
	NAMORA	3	20.0000	0.0000	0.0000	20.0000	20.0000	20.0000	20.0000
	SAN RAMÓN	3	19.6667	0.5774	0.3333	18.2324	21.1009	19.0000	20.0000
	GITARRERO	3	19.6667	0.5774	0.3333	18.2324	21.1009	19.0000	20.0000
	SHUDAL	3	20.0000	0.0000	0.0000	20.0000	20.0000	20.0000	20.0000
	<b>Total</b>		15	19.8000	0.4140	0.1069	19.5707	20.0293	19.0000
CONDUCTIVIDAD A 20°C	CUMBE	3	98.3000	1.4107	0.8145	94.7957	101.8043	97.0000	99.8000
	NAMORA	3	96.1000	1.7578	1.0149	91.7333	100.4667	94.8000	98.1000
	SAN RAMÓN	3	102.0000	2.0000	1.1547	97.0317	106.9683	100.0000	104.0000
	GITARRERO	3	101.6667	2.0817	1.2019	96.4955	106.8378	100.0000	104.0000
	SHUDAL	3	101.0000	3.6056	2.0817	92.0433	109.9567	98.0000	105.0000
	<b>Total</b>		15	99.8133	3.0465	0.7866	98.1262	101.5004	94.8000
SÓLIDOS TOTALES	CUMBE	3	86.7667	1.6258	0.9387	82.7279	90.8055	85.0000	88.2000
	NAMORA	3	87.2333	0.3215	0.1856	86.4348	88.0319	87.0000	87.6000

	SAN RAMÓN	3	101.6333	1.7616	1.0171	97.2572	106.0095	100.2000	103.6000
	GITARRERO	3	101.2667	1.5567	0.8988	97.3996	105.1337	99.8000	102.9000
	SHUDAL	3	101.0000	2.3812	1.3748	95.0848	106.9152	99.2000	103.7000
	<b>Total</b>	15	95.5800	7.3920	1.9086	91.4864	99.6736	85.0000	103.7000
<b>SÓLIDOS DISUELTOS</b>	CUMBE	3	53.5333	0.8963	0.5175	51.3068	55.7598	52.5000	54.1000
	NAMORA	3	50.7000	3.0447	1.7578	43.1366	58.2634	48.0000	54.0000
	SAN RAMÓN	3	59.9000	0.3606	0.2082	59.0043	60.7957	59.5000	60.2000
	GITARRERO	3	60.6000	0.8718	0.5033	58.4344	62.7656	60.0000	61.6000
	SHUDAL	3	69.7667	0.8505	0.4910	67.6539	71.8794	68.8000	70.4000
	<b>Total</b>	15	58.9000	6.9561	1.7961	55.0478	62.7522	48.0000	70.4000
<b>SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN</b>	CUMBE	3	33.2333	0.8083	0.4667	31.2254	35.2412	32.5000	34.1000
	NAMORA	3	36.5333	3.0665	1.7704	28.9158	44.1509	33.1000	39.0000
	SAN RAMÓN	3	41.7333	1.4572	0.8413	38.1135	45.3531	40.7000	43.4000
	GITARRERO	3	40.6667	0.7768	0.4485	38.7371	42.5962	39.8000	41.3000
	SHUDAL	3	31.2333	1.8009	1.0398	26.7596	35.7071	30.0000	33.3000
	<b>Total</b>	15	36.6800	4.4805	1.1569	34.1988	39.1612	30.0000	43.4000
<b>TURBIDEZ</b>	CUMBE	3	1.3000	0.0000	0.0000	1.3000	1.3000	1.3000	1.3000
	NAMORA	3	1.2333	0.0577	0.0333	1.0899	1.3768	1.2000	1.3000
	SAN RAMÓN	3	1.5000	0.1000	0.0577	1.2516	1.7484	1.4000	1.6000
	GITARRERO	3	1.4333	0.0577	0.0333	1.2899	1.5768	1.4000	1.5000
	SHUDAL	3	1.4000	0.0000	0.0000	1.4000	1.4000	1.4000	1.4000
	<b>Total</b>	15	1.3733	0.1100	0.0284	1.3124	1.4342	1.2000	1.6000
<b>ALCALINIDAD TOTAL CaCO<sub>2</sub></b>	CUMBE	3	27.0667	2.4007	1.3860	21.1030	33.0303	25.0000	29.7000
	NAMORA	3	21.6667	4.1933	2.4210	11.2501	32.0833	19.0000	26.5000
	SAN RAMÓN	3	19.4333	0.3055	0.1764	18.6744	20.1922	19.1000	19.7000

	GUIARRERO	3	18.3667	0.4726	0.2729	17.1927	19.5406	18.0000	18.9000
	SHUDAL	3	19.3000	0.4359	0.2517	18.2172	20.3828	19.0000	19.8000
	<b>Total</b>	15	21.1667	3.7405	0.9658	19.0953	23.2381	18.0000	29.7000
<b>DUREZA TOTAL</b>	CUMBE	3	86.4333	0.4509	0.2603	85.3132	87.5535	86.0000	86.9000
	NAMORA	3	88.0333	1.0017	0.5783	85.5451	90.5216	86.9000	88.8000
	SAN RAMÓN	3	97.2000	0.3464	0.2000	96.3395	98.0605	97.0000	97.6000
	GUIARRERO	3	95.7000	0.9644	0.5568	93.3044	98.0956	95.0000	96.8000
	SHUDAL	3	96.7333	1.3204	0.7623	93.4534	100.0133	95.3000	97.9000
	<b>Total</b>	15	92.8200	4.8365	1.2488	90.1416	95.4984	86.0000	97.9000
<b>OXIGENO DISUELTO (O2)</b>	CUMBE	3	1.3667	0.0577	0.0333	1.2232	1.5101	1.3000	1.4000
	NAMORA	3	1.2667	0.1155	0.0667	0.9798	1.5535	1.2000	1.4000
	SAN RAMÓN	3	1.4333	0.0577	0.0333	1.2899	1.5768	1.4000	1.5000
	GUIARRERO	3	1.3667	0.0577	0.0333	1.2232	1.5101	1.3000	1.4000
	SHUDAL	3	1.4000	0.1000	0.0577	1.1516	1.6484	1.3000	1.5000
	<b>Total</b>	15	1.3667	0.0900	0.0232	1.3168	1.4165	1.2000	1.5000
<b>SULFATOS (SO4)2</b>	CUMBE	3	49.3000	0.4359	0.2517	48.2172	50.3828	49.0000	49.8000
	NAMORA	3	42.0000	6.1652	3.5595	26.6847	57.3153	38.0000	49.1000
	SAN RAMÓN	3	56.4333	2.3116	1.3346	50.6911	62.1756	55.0000	59.1000
	GUIARRERO	3	48.0000	0.2000	0.1155	47.5032	48.4968	47.8000	48.2000
	SHUDAL	3	45.7333	1.6289	0.9405	41.6869	49.7798	44.6000	47.6000
	<b>Total</b>	15	48.2933	5.5615	1.4360	45.2135	51.3732	38.0000	59.1000
<b>ARSENICO (As)</b>	CUMBE	3	0.0017	0.0005	0.0003	0.0006	0.0029	0.0012	0.0020
	NAMORA	3	0.0013	0.0006	0.0003	-0.0001	0.0028	0.0010	0.0020
	SAN RAMÓN	3	0.0017	0.0002	0.0001	0.0012	0.0022	0.0015	0.0019
	GUIARRERO	3	0.0013	0.0006	0.0003	-0.0001	0.0028	0.0010	0.0020

	SHUDAL	3	0.0015	0.0004	0.0002	0.0007	0.0024	0.0012	0.0019
	<b>Total</b>	15	0.0015	0.0004	0.0001	0.0013	0.0018	0.0010	0.0020
<b>HIERRO (Fe)</b>	CUMBE	3	0.0523	0.0021	0.0012	0.0472	0.0575	0.0500	0.0540
	NAMORA	3	0.0357	0.0151	0.0087	-0.0020	0.0733	0.0250	0.0530
	SAN RAMÓN	3	0.0547	0.0025	0.0015	0.0484	0.0609	0.0520	0.0570
	GITARRERO	3	0.0537	0.0047	0.0027	0.0419	0.0654	0.0500	0.0590
	SHUDAL	3	0.0543	0.0059	0.0034	0.0398	0.0689	0.0500	0.0610
	<b>Total</b>	15	0.0501	0.0100	0.0026	0.0446	0.0556	0.0250	0.0610
<b>PLOMO (Pb)</b>	CUMBE	3	0.0080	0	0	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080
	NAMORA	3	0.0080	0	0	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080
	SAN RAMÓN	3	0.0090	0	0	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090
	GITARRERO	3	0.0090	0	0	0.0090	0.0090	0.0090	0.0090
	SHUDAL	3	0.0080	0	0	0.0080	0.0080	0.0080	0.0080
	<b>Total</b>	15	0.0084	0.0005	0.0001309	0.0081	0.0087	0.0080	0.0090

**Tabla 25. Análisis de Varianza para Comparar Promedios de las diversas características del agua procesados por el Filtro Tipo II, con arcilla de las diversas canteras.**

Parámetros	Grupos	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
PH	Inter-grupos	1.0930	4	0.2730	13.2260	0.0010
	Intra-grupos	0.2070	10	0.0210		
	Total	1.3000	14			
TEMPERATURA	Inter-grupos	0.4000	4	0.1000	0.5000	0.7370
	Intra-grupos	2.0000	10	0.2000		
	Total	2.4000	14			
CONDUCTIVIDAD A 20°C	Inter-grupos	77.1110	4	19.2780	3.6490	0.0440
	Intra-grupos	52.8270	10	5.2830		
	Total	129.9370	14			
SÓLIDOS TOTSLES	Inter-grupos	737.0970	4	184.2740	66.0800	0
	Intra-grupos	27.8870	10	2.7890		
	Total	764.9840	14			
SÓLIDOS DISUELTOS	Inter-grupos	654.0470	4	163.5120	69.9570	0
	Intra-grupos	23.3730	10	2.3370		
	Total	677.4200	14			
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	Inter-grupos	248.9910	4	62.2480	19.4200	0
	Intra-grupos	32.0530	10	3.2050		
	Total	281.0440	14			
TURBIDEZ	Inter-grupos	0.1360	4	0.0340	10.2000	0.0010
	Intra-grupos	0.0330	10	0.0030		
	Total	0.1690	14			
ALCALINIDAD TOTAL CaCO <sub>2</sub>	Inter-grupos	148.1670	4	37.0420	7.7640	0.0040
	Intra-grupos	47.7070	10	4.7710		
	Total	195.8730	14			
DUREZA TOTAL	Inter-grupos	319.4840	4	79.8710	99.8390	0.0000
	Intra-grupos	8.0000	10	0.8000		
	Total	327.4840	14			
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	Inter-grupos	0.0470	4	0.0120	1.7500	0.2150
	Intra-grupos	0.0670	10	0.0070		
	Total	0.1130	14			
SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Inter-grupos	340.5560	4	85.1390	9.2070	0.0020
	Intra-grupos	92.4730	10	9.2470		
	Total	433.0290	14			
ARSENICO (As)	Inter-grupos	0	4	0	0.5300	0.7170
	Intra-grupos	0	10	0		
	Total	0	14			



<b>HIERRO (Fe)</b>	Inter-grupos	0.0010	4	0	3.3470	0.0550
	Intra-grupos	0.0010	10	0		
	Total	0.0010	14			
<b>PLOMO (Pb)</b>	Inter-grupos	0	4	0		
	Intra-grupos	0	10	0		
	Total	0	14			

### Interpretación:

En la **Tabla 24**, se presentan las estadísticas descriptivas para las diversas variables analizadas, y son las siguientes:

**Valor promedio:** Su valor tiene un significado según sea mayor o menor, de acuerdo a la variable.

**La desviación estándar:** Mientras menor es el valor, significa que las mediciones son más homogéneas

**Error típico de la media:** Mientras menor es el valor, significa que la media es más representativa

**Intervalo de confianza del 95% para la media:** significa el rango de variación del promedio (95% confianza)

**Valores mínimo y máximo:** Son valores mínimo y máximo observados en los ensayos.

En la **Tabla 25**. Se muestran los procesos de contrastación o comparación de promedios de las variables para las 3 canteras, y para el Filtro Tipo II.

La hipótesis ensayada es para cada variable y las canteras (Cumbe=1, Namora=2, San Ramón=3, Guitarrero=4, Shudal =5), es:

$H_0$ .  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$  ; donde  $\mu_i$  Promedio para la cantera  $i.=1,5$

$H_1$ . Al menos uno de los promedios es diferente.

La prueba se realiza al nivel  $\alpha=0.05$  (5%)

Se acepta  $H_0$ , si  $P=$  significación  $< \alpha = 0.05$ ), caso contrario se rechaza, y se acepta como válida  $H_1$

Las **Pruebas post hoc**, facilitan la ubicación del promedio o promedios diferentes y además del mayor y menor, para la toma de decisiones respecto a la cantera que provee el material más óptimo.

Tabla 26: Análisis Comparativo de las Diversas Variables para los Filtros Tipo I y II

PARÁMETROS	CANTERA	N	FILTRO I		FILTRO II	
			Media	Desviación típica	Media	Desviación típica
PH	CUMBE	3			7.6667	0.15275
	NAMORA	3			7.6000	0.17321
	SAN RAMÓN	3	7.6000	0.1000	8.3333	0.15275
	GUITARRERO	3	8.4000	0.2000	7.7333	0.05774
	SHUDAL	3	7.7000	0.2000	7.6667	0.15275
	<b>Total</b>	15			7.8000	0.30472
TEMPERATURA	CUMBE	3			19.6667	0.57735
	NAMORA	3			20.0000	0
	SAN RAMÓN	3	19.3333	0.5774	19.6667	0.57735
	GUITARRERO	3	19.6667	0.5774	19.6667	0.57735
	SHUDAL	3	20.0000	0.0000	20.0000	0
	<b>Total</b>	15			19.8000	0.41404
CONDUCTIVIDAD A 20°C	CUMBE	3			98.3000	1.41067
	NAMORA	3			96.1000	1.75784
	SAN RAMÓN	3	91.0000	1.3229	102.0000	2
	GUITARRERO	3	97.7000	1.0440	101.6667	2.08167
	SHUDAL	3	97.7333	0.8737	101.0000	3.60555
	<b>Total</b>	15			99.8133	3.04651
SÓLIDOS TOTALES	CUMBE	3			86.7667	1.62583
	NAMORA	3			87.2333	0.32146
	SAN RAMÓN	3	96.0000	1.3229	101.6333	1.76163
	GUITARRERO	3	95.9667	2.4007	101.2667	1.55671
	SHUDAL	3	87.7000	2.3065	101.0000	2.38118
	<b>Total</b>	15			95.5800	7.392
SÓLIDOS DISUELTOS	CUMBE	3			53.5333	0.89629
	NAMORA	3			50.7000	3.04467
	SAN RAMÓN	3	49.8333	0.7638	59.9000	0.36056
	GUITARRERO	3	62.4667	1.7388	60.6000	0.87178
	SHUDAL	3	50.1333	0.1528	69.7667	0.85049
	<b>Total</b>	15			58.9000	6.95609
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	CUMBE	3			33.2333	0.80829
	NAMORA	3			36.5333	3.06649
	SAN RAMÓN	3	46.1667	0.7638	41.7333	1.45717
	GUITARRERO	3	40.2333	12.9063	40.6667	0.77675
	SHUDAL	3	37.5667	2.1595	31.2333	1.80093
	<b>Total</b>	15			36.6800	4.48047
TURBIDEZ	CUMBE	3			1.3000	0
	NAMORA	3			1.2333	0.05774

	SAN RAMÓN	3	1.4000	0.0	1.5000	0.1
	GUITARRERO	3	1.3667	0.0577	1.4333	0.05774
	SHUDAL	3	1.3667	0.0577	1.4000	0
	<b>Total</b>	15			1.3733	0.10998
<b>ALCALINIDAD TOTAL CaCO<sub>2</sub></b>	CUMBE	3			27.0667	2.40069
	NAMORA	3			21.6667	4.19325
	SAN RAMÓN	3	19.2000	0.2000	19.4333	0.30551
	GUITARRERO	3	25.8333	0.9292	18.3667	0.47258
	SHUDAL	3	26.8333	0.9074	19.3000	0.43589
	<b>Total</b>	15			21.1667	3.74045
<b>DUREZA TOTAL</b>	CUMBE	3			86.4333	0.45092
	NAMORA	3			88.0333	1.00167
	SAN RAMÓN	3	98.2333	0.3215	97.2000	0.34641
	GUITARRERO	3	98.6667	3.2146	95.7000	0.96437
	SHUDAL	3	96.3000	1.8358	96.7333	1.32035
	<b>Total</b>	15			92.8200	4.8365
<b>OXIGENO DISUELTO (O<sub>2</sub>)</b>	CUMBE	3			1.3667	0.05774
	NAMORA	3			1.2667	0.11547
	SAN RAMÓN	3	1.3000	0.0000	1.4333	0.05774
	GUITARRERO	3	1.3000	0.0000	1.3667	0.05774
	SHUDAL	3	1.4000	0.0000	1.4000	0.1
	<b>Total</b>	15			1.3667	0.08997
<b>SULFATOS (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub></b>	CUMBE	3			49.3000	0.43589
	NAMORA	3			42.0000	6.16523
	SAN RAMÓN	3	42.4667	1.0116	56.4333	2.31157
	GUITARRERO	3	44.3333	0.6110	48.0000	0.2
	SHUDAL	3	47.3000	2.5929	45.7333	1.62891
	<b>Total</b>	15	44.7000		48.2933	5.56153
<b>ARSENICO (As)</b>	CUMBE	3			0.0017	0.0004619
	NAMORA	3			0.0010	0.0005774
	SAN RAMÓN	3	.001267	0.0001	0.0017	0.0002
	GUITARRERO	3	.001300	0.0001	0.0013	0.0005774
	SHUDAL	3	.001600	0.0005	0.0015	0.0003512
	<b>Total</b>	15	.001389		0.0015	0.000425
<b>HIERRO (Fe)</b>	CUMBE	3			0.0523	0.0020817
	NAMORA	3			0.0357	0.0151438
	SAN RAMÓN	3	.025667	0.0025	0.0547	0.0025166
	GUITARRERO	3	.025333	0.0017	0.0537	0.0047258
	SHUDAL	3	.040000	0.0040	0.0543	0.0058595
	<b>Total</b>	15	.030333		0.0501	0.0099561
<b>PLOMO (Pb)</b>	CUMBE	3			0.0080	0.00E+00

	NAMORA	3			0.0080	0.00E+00
	SAN RAMÓN	3	0.0090	0.00E+00	0.0090	0.00E+00
	GUITARRERO	3	0.0090	0.00E+00	0.0090	0.00E+00
	SHUDAL	3	0.0090	0.00E+00	0.0080	0.00E+00
	<b>Total</b>	15			0.0084	0.0005071

**Tabla 27: Análisis comparativo de los Análisis de agua del Río Grande con el Filtro más Eficiente del Experimento**

Parámetros	Resultado Inicial Río Grande	Resultado Filtro Namora	Unidades de Reducción
PH	6	7.6	Aumentó
TEMPERATURA	20	20	
CONDUCTIVIDAD A 20°C	220.5	96.1	Disminuyó
SÓLIDOS TOTALES	360.8	87.23	Disminuyó
SÓLIDOS DISUELTOS	252.6	50.7	Disminuyó
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	108.2	36.53	Disminuyó
TURBIDEZ	4.8	1.23	Disminuyó
ALCALINIDAD TOTAL CaCO <sub>2</sub>	35.8	21.67	Disminuyó
DUREZA TOTAL	280.9	88.03	Disminuyó
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	2.2	1.27	Disminuyó
SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) <sup>2</sup>	110.8	42	Disminuyó
ARSENICO (As)	0.022	0.001	Disminuyó
HIERRO (Fe)	0.058	0.0357	Disminuyó
PLOMO (Pb)	0.010	0.008	Disminuyó

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados, se ha llevado a cabo ensayos experimentales en la elaboración de los filtros de arcilla con el objetivo de analizar cuál es el filtro más eficiente, y para la evaluación se ha tenido en cuenta que exista en ellos un buen flujo de agua, elimine microorganismos y elimine ciertos metales presentes en el agua. Para ello se han empleado varios métodos que permitan una comprensión más profunda del experimento, llegando a las siguientes conclusiones:

- Durante la fase de exploración de canteras de arcilla, se ha encontrado con diversas canteras cercanas a la ciudad de Cajamarca, que son explotadas por los artesanos para elaboración de cerámica, así como de ladrillos de arcilla, de manera que es factible el conseguir este material y en buena cantidad.
- El filtro de arcilla, es un elemento que puede ser fabricado por artesanos cajamarquinos, con materiales locales, muy buenos para la industrialización y con tecnología simple.
- Debido a la complejidad en la búsqueda del filtro o filtros más eficientes es que consideramos que es verdadera la hipótesis ya que todos los filtros han permitido la eliminación de microorganismos, reducido significativamente la turbidez y por la propiedad de adsorción que tienen los caolines y algunas arcillas, sí han retenido en gran escala metales, principalmente el Arsénico As, un elemento altamente tóxico y que los humanos lo pueden encontrar en el agua. Sin embargo se ha considerado el más eficiente del grupo al Filtro elaborado con caolín de Namora, ha cumplido en mayor número de parámetros por lo tanto es la mejor propuesta para obtener agua que cumpla con los parámetros que exige la Normativa Peruana para agua potable.

Análisis de Agua del Río Grande

Análisis con el Filtro de Arcilla de Namora

**INGECONSULT & LAB**

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
Concreto y Pavimentos, Análisis Químico de Sólidos y Agua,  
Estado de Sólidos de Suelos y Arenas, Geotecnia y Pavimentos,  
Ingeniería Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil,  
PROYECTOS - ASesoría Y CONSULTORÍA  
RPM: 94826 CEELELAR YUMORRE TELÉFONO: 344703

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE UNA MUESTRA DE AGUA**

MUESTRA : Recipiente "A"  
 PROCEDENCIA : Río Grande  
 FECHA DE MUESTREO : 31/10/2014  
 FECHA DE ANÁLISIS : 03/11/2014

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO**  
MÉTODO FILTRO DE MEMBRANA

**REGISTRO**

VOLUMEN FILTRADO	Nº COLIFORMES ENCONTRADOS MNP/100 ML	Nº COLIFORMES FECALES TOTALES MNP/100ML
100ml.	5.00	2.0

OBSERVACIONES: CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

CATEGORÍA	RECUENTO DE COLIFORMES FECALES MNP/ 100 ML
A	0 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE APTA
B	1-10 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE INAPTA (CONTAMINADA)
C	11-50 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE INAPTA (CONTAMINADA)
D	Mayor a 50 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE INAPTA (CONTAMINADA)

Observaciones: Los resultados obtenidos **NO** se encuadran dentro de los parámetros dados por la OMS/MINSA para aguas de consumo humano.  
 Nota: La muestra fue alcanzada al Laboratorio por el interesado para su análisis respectivo.

*Miguel Estrella*  
1980, Yauyoyoc, Eneymar  
 Apto. Las Olingas  
 U.C. CIP 2108

**INGECONSULT & LAB**

Ensayos Físicos, Químicos y de Mecánica de Suelos,  
Concreto y Pavimentos, Análisis Químico de Sólidos y Agua,  
Estado de Sólidos de Suelos y Arenas, Geotecnia y Pavimentos,  
Ingeniería Ambiental, Construcción de Edificios, Obras de Ingeniería Civil,  
PROYECTOS - ASesoría Y CONSULTORÍA  
RPM: 94826 CEELELAR YUMORRE TELÉFONO: 344703

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE UNA MUESTRA DE AGUA**

FILTRO TIPO II  
FILTRO DE ARCILLA Nº 05

CANTERA DE ARCILLA : "NAMORA"  
 ELEMENTOS : Arcilla, aserrín, arena de río, agua  
 COCCIÓN : 1000°C

MUESTRA DE AGUA : Nº04  
 PROCEDENCIA : Río Grande  
 FECHA DE MUESTREO : 14/11/2014  
 FECHA DE ANÁLISIS : 17/11/2014

**ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO**  
MÉTODO FILTRO DE MEMBRANA

**REGISTRO**

VOLUMEN FILTRADO	Nº COLIFORMES ENCONTRADOS MNP/100 ML	Nº COLIFORMES FECALES TOTALES MNP/100ML
100ml.	0.00	0.0

OBSERVACIONES: CLASIFICACIÓN DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO

CATEGORÍA	RECUENTO DE COLIFORMES FECALES MNP/ 100 ML
A	0 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE APTA
B	1-10 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE INAPTA (CONTAMINADA)
C	11-50 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE INAPTA (CONTAMINADA)
D	Mayor a 50 AGUA BACTERIOLÓGICAMENTE INAPTA (CONTAMINADA)

Observaciones: Los resultados obtenidos encuadran dentro de los parámetros dados por la OMS/MINSA para aguas de consumo humano.  
 Nota: La muestra fue alcanzada al Laboratorio por el interesado para su análisis respectivo.

*Miguel Estrella*  
1980, Yauyoyoc, Eneymar  
 Apto. Las Olingas  
 U.C. CIP 2108

Cuadro Comparativo de parámetros

Parámetros	Resultado Inicial Río Grande	Resultado Filtro Namora	Unidades de Reducción
PH	6	7.6	Aumentó
TEMPERATURA	20	20	
CONDUCTIVIDAD A 20°C	220.5	96.1	Disminuyó
SÓLIDOS TOTALES	360.8	87.23	Disminuyó
SÓLIDOS DISUELTOS	252.6	50.7	Disminuyó
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	108.2	36.53	Disminuyó
TURBIDEZ	4.8	1.23	Disminuyó
ALCALINIDAD TOTAL CaCO <sub>2</sub>	35.8	21.67	Disminuyó
DUREZA TOTAL	280.9	88.03	Disminuyó
OXIGENO DISUELTO (O <sub>2</sub> )	2.2	1.27	Disminuyó
SULFATOS (SO <sub>4</sub> ) <sup>2</sup>	110.8	42	Disminuyó
ARSENICO (As)	0.022	0.001	Disminuyó
HIERRO (Fe)	0.058	0.0357	Disminuyó
PLOMO (Pb)	0.010	0.008	Disminuyó

## RECOMENDACIONES

La elaboración de filtros de arcilla, desarrollado en este proyecto, tiene oportunidad de mejoras respecto a:

- Incluir otras dosificaciones de material, a fin de mejorar el flujo; es necesario agregar en mayor cantidad el aserrín que siendo cernido en la malla N° 20, se lo vuelva a cernir con la malla N° 40 para eliminar las partículas más finas.
- Respecto al quemado de las piezas, en el caso de los caolines, por ser más refractarios, es que necesitan mayor temperatura, se los debe quemar en forma separada de los filtros de arcilla roja, que su temperatura de quemado es de 900°C aproximadamente mientras que los caolines pasan los 1200°C.
- Recomendamos purificar las arcillas, la arena y el mismo aserrín de tal manera que no sean contaminados con limos o sustancias orgánicas, que siempre están presentes en los suelos.
- Por otro lado se recomienda el uso de la plata coloidal para asegurar la eliminación de microorganismos, por ser considerado un potente germicida.
- Finalmente, se exhorta a continuar y promover investigaciones que lleven a utilizar los recursos naturales locales, de una forma más eficiente, para resolver problemas existentes en nuestro medio con recursos al alcance de comunidades de bajo nivel económico. El Filtro de Cerámica es una muestra de las numerosas tecnologías que deben ser desarrolladas y ponerla a disposición, que además de mejorar la calidad de vida, se puede convertir en una fuente de trabajo.



## REFERENCIAS

- ACOSTA, R. S. (2008). *Saneamiento Ambiental e Higiene de los Alimentos*. Córdoba: Brujas.
- AGUIRRE GASPAR, D. R. (2004). *Evaluación de las características estructurales de la albañilería producida con unidades fabricadas en la región central Junín. Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Civil*. Lima PUCP.
- BORCHARDT, J., & WALTON, G. (1991). *Calidad del Agua*. New York.
- CHIAVENATO, I. (2004). *Introducción a la Teoría General de la Administración*.
- de Andrade, S. (2005). *Diccionario de Economía*.
- de Markiw, G. (2004). *Economía*. España: McGraw-Hill.
- DE OLIVEIRA DA SILVA, R. (2002). *Teorías de la Administración*.
- DE SAMUELSON, P. (2002). *Economía*.
- DEGRÉMONT. (1979). *Manual Técnico del Agua*. Urmo S.A.
- DIGESA. (2011). *Reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano*. Lima, Perú.
- DIGESA, M. D. (2007).  
[http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/rios/2007/Rio\\_Grande\\_2007.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/rios/2007/Rio_Grande_2007.pdf).
- El Perú en el Ranking Latinoamericano: Acceso a los Servicios de Agua Potable y Saneamiento 2010. (07 de Julio de 2013). *DESARROLLO PERUANO*. Obtenido de <http://desarrolloperuano.blogspot.com/2013/07/el-peru-en-el-ranking-latinoamericano.html>.
- FERNÁNDEZ CHITI, J. (2005). *Filtro Cerámico Condorhuasi*. Buenos Aires: Ediciones Condorhuasi.
- FERNÁNDEZ CHITI, J. (2005). *Filtro Cerámico Condorhuasi: Descontaminante de Aguas*. BUENOS AIRES: CONDORHUASI.
- GUTIERREZ PULIDO, H., & DE LA VARA SALAZAR, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*.
- HERNÁNDEZ, R., BAPTISTA, P., & FERNÁNDEZ, C. (1997). *Metodología de la Investigación*. Bogotá: MCGRAW- HILL.
- JOURAVLEV, A. (2004). *Los Servicios de Agua Potable y saneamiento en el Umbral del Siglo XXI*.
- KOONTZ, H., & WEIHRICH, H. (2004). *Administración una Perspectiva Global*.
- MÓLGORA CALDERÓN, C. G. (1994). *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*.

- Muñoz Chávez, J. A., Muñoz Menese, R., Mancill, P., & Rodriguez Páez, E. (2007).  
Estudio del procesamiento cerámico de las arcillas para potenciar su uso en la  
elabración de piezas cerámicas. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de  
Antioquía*, 70-71.
- OMS. (2006). *Guías para la Calidad del Agua Potable*. Génova, Suiza: Biblioteca de la  
OMS.
- OMS. (2008). *Guías de la oms para la calidad de agua potable*.
- OPS. (2008). *ORIENTACIONES SOBRE AGUA Y SANEAMIENTO* .
- Paul, d. S. (2002). *Economía*.
- RIVERA, R. (2007). EL FILTRÓN. *IDEASS Innovación para el Desarrollo y la  
Cooperación Sur Sur*, 1.
- ROBBINS, S. (2005). *Administración*.
- ROJAS CARTOLÍN, Z. (2013). Estudio de Canteras.
- SOLIS MIRANDA, J. A. (2007). *La Dieta del Agua*. España.

## ANEXOS

**ANEXO N° 01:**  
**RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE SUELOS**

a. CANTERA SAN RAMÓN

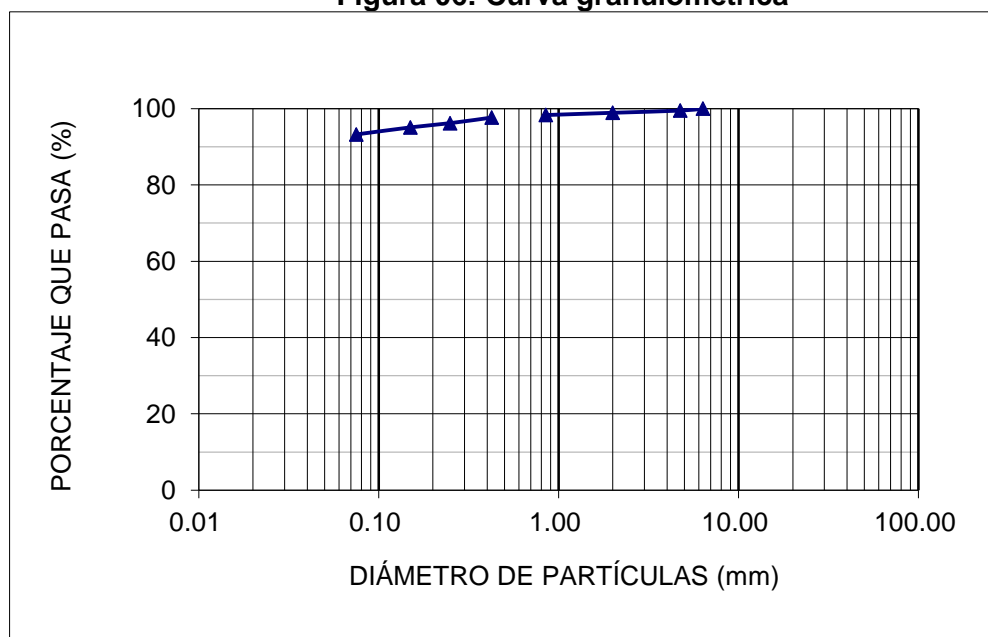
Análisis Granulométrico

Tabla 28: Análisis granulométrico del material  
Norma: ASTM D 422/C136

MUESTRA: 601.42 gr.

TAMIZ		PRP (gr)	%RP	%RA	% QUE PASA
N°	ABER.(mm)				
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	3.10	0.52	0.52	99.48
N 10	2.00	3.44	0.57	1.09	98.91
N 20	0.85	3.56	0.59	1.68	98.32
N 30		1.96	0.33	2.01	97.99
N 40	0.43	1.94	0.32	2.33	97.67
N 60	0.25	8.84	1.47	3.80	96.20
N 100	0.15	6.70	1.11	4.91	95.09
N 200	0.075	11.14	1.85	6.76	93.24
CAZOLETA	-.-	560.74	93.24	100.00	0.00
TOTAL		601.42			

Figura 06: Curva granulométrica



### Clasificación del Suelo

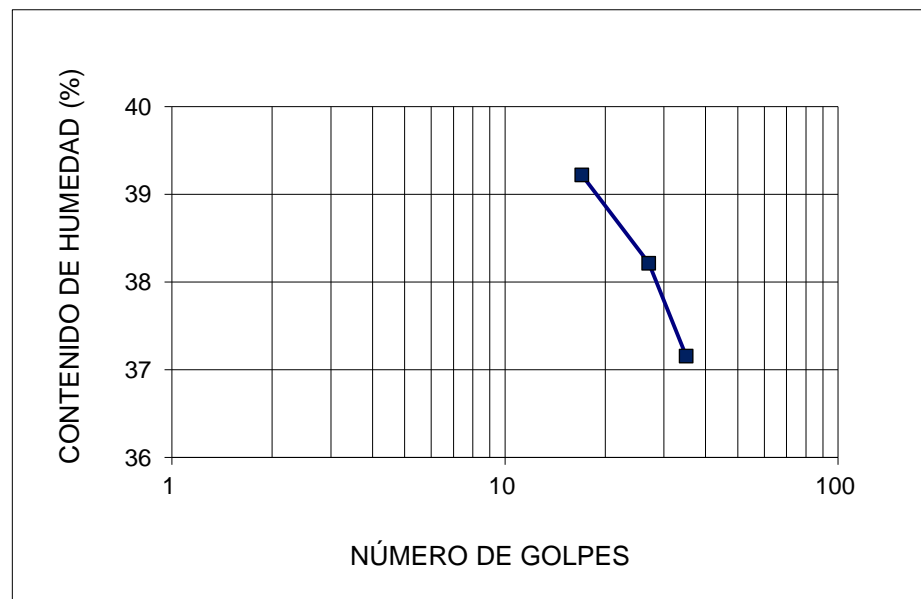
**Tabla 29: Clasificación del Suelo por AASHTO y SUCS  
NORMA: AASHTO M 145 ASTM D2487 - 94**

% PASA MALLA 200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CLASIFIC SUCS
93.24	39.00	23.00	16.00	CL

**Tabla 30: Límite de Consistencia  
NORMA ASTM D 4318 - 93**

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Wt (gr)	14.09	14.03	14.12	14.21	14.14
Wmh + t (gr)	26.94	26.58	26.08	25.56	25.06
Wms + t (gr)	23.32	23.11	22.84	23.42	23.00
Wms (gr)	9.23	9.08	8.72	9.21	8.86
W w (gr)	3.62	3.47	3.24	2.14	2.06
W (%)	39.22	38.22	37.16	23.24	23.25
N.GOLPES	17	27	35		
L.L - LP	38.50			23.24	

**Figura 07: Límite Líquido**



**Tabla 31. Contenido Natural de Humedad**

NORMA: ASTM D 2216

W t (gr)	146.74
Wmh + t (gr)	1614.83
Wms + t (gr)	1562.64
Wms (gr)	1415.90
Ww (gr)	52.19
W(%)	3.69

**Tabla 32. Peso Específico**

Ws (gr)	100.00
Wfw (gr)	641.42
Wfws (gr)	704.12
Pe	2.68

**b. CANTERA EL GUITARRERO**

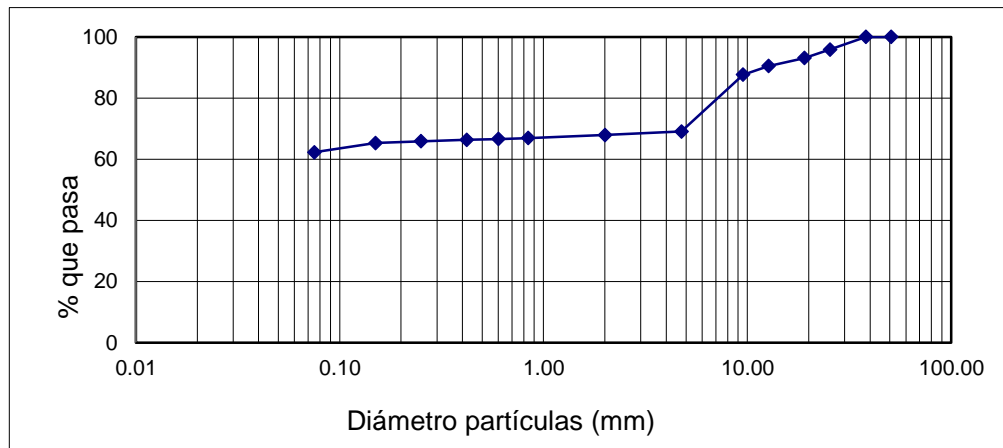
**Análisis Granulométrico**

**Tabla 33: Análisis granulométrico del material que pasó malla N°4**

Malla N°	Malla(mm)	P.R.P referido a 500 gr. (datos del ensayo)	% R.P.referido a 500 gr.	P.R.P
				referido a 1466,5gr (datos procesados) ***
N° 10	2.000	8.28	1.66	24.3
N° 20	0.840	7.38	1.48	21.6
N° 30	0.600	2.42	0.48	7.1
N° 40	0.420	1.86	0.37	5.5
N° 60	0.250	3.20	0.64	9.4
N° 100	0.150	4.24	0.85	12.4
N° 200	0.074	21.82	4.36	64.0
Cazoleta		450.80	90.16	1322.2



**Figura 08: Curva granulométrica**



**Clasificación del Suelo**

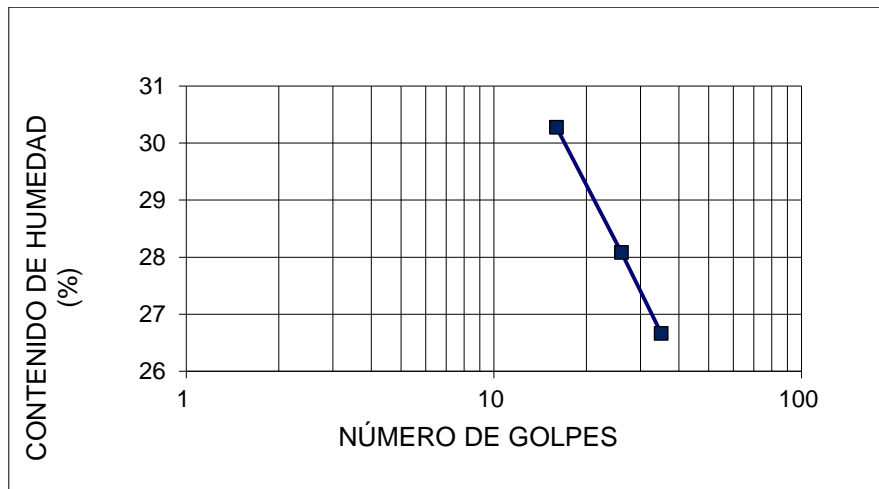
**Tabla 34: Clasificación del Suelo por AASHTO y SUCS  
NORMA: AASHTO M 145 ASTM D2487 - 94**

% PASA MALLA 200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CLASIFIC SUCS
62.28	28.00	19.00	9.00	CL

**Tabla 35: Límite de Consistencia  
NORMA ASTM D 4318 – 93**

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Wt (gr)	14.06	14.06	14.02	14.14	14.03
Wmh + t (gr)	27.96	26.65	27.18	27.21	28.37
Wms + t (gr)	24.73	23.89	24.41	25.15	26.11
Wms (gr)	10.67	9.83	10.39	11.01	12.08
W w (gr)	3.23	2.76	2.77	2.06	2.26
W(%)	30.27	28.08	26.66	18.71	18.71
N.GOLPES	16	26	35		
L.L - LP	28.10			18.71	

**Figura 09: Límite Líquido**



**Tabla 36. Contenido Natural de Humedad**

NORMA: ASTM D 2216

W t (gr)	146.74
Wmh + t (gr)	2330.40
Wms + t (gr)	2281.41
Wms (gr)	2134.67
Ww (gr)	48.99
W(%)	2.29

**Tabla 37. Peso Específico**

Ws (gr)	100
Wfw (gr)	641.41
Wfws (gr)	703.83
Pe	2.66

c. CANTERA SHUDAL

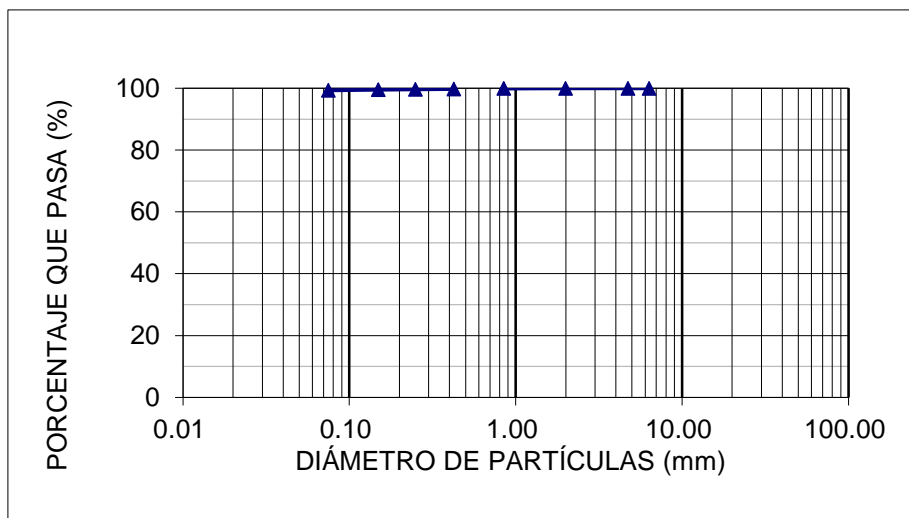
**Análisis Granulométrico**

Tabla 38: Análisis granulométrico del material

MUESTRA 751.90 gr.

N°	TAMIZ	PRP (gr)	%RP	%RA	% QUE PASA
	ABER.(mm)				
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
N 10	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00
N 20	0.85	0.60	0.08	0.08	99.92
N 30		0.55	0.07	0.15	99.85
N 40	0.43	0.50	0.07	0.22	99.78
N 60	0.25	0.85	0.11	0.33	99.67
N 100	0.15	0.90	0.12	0.45	99.55
N 200	0.075	1.55	0.21	0.66	99.34
CAZOLETA	--	746.95	99.34	100.00	0.00
TOTAL		751.90			

Figura 10: Curva granulométrica



**Clasificación del Suelo**

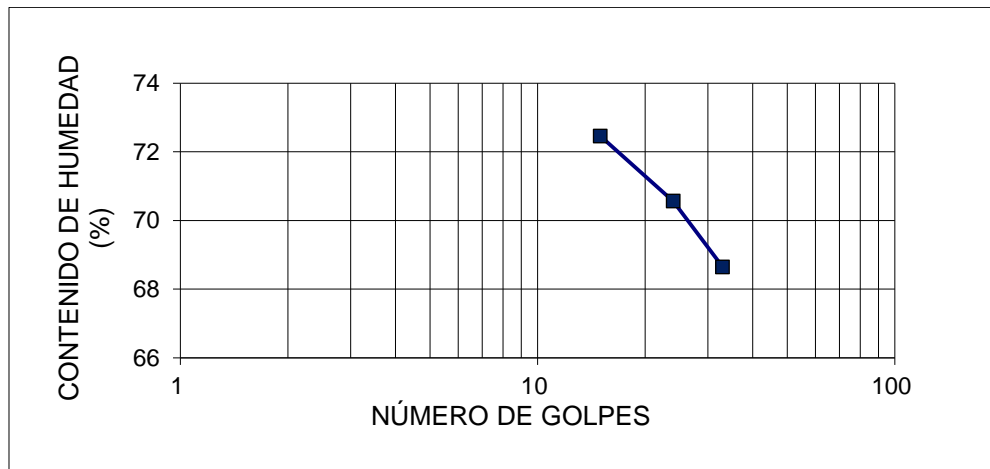
Tabla 39: Clasificación del Suelo por AASHTO y SUCS  
NORMA: ASTM D2487 - 94

% PASA MALLA 200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CLASIFIC SUCS
99.34	70.00	38.00	32.00	CH

**Tabla 40: Límite de Consistencia  
NORMA ASTM D 4318 - 93**

	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Wt (gr)	26.40	27.19	26.78	27.29	27.32
Wmh + t (gr)	35.73	37.27	37.32	34.82	34.42
Wms + t (gr)	31.81	33.10	33.03	32.73	32.45
Wms (gr)	5.41	5.91	6.25	5.44	5.13
W w (gr)	3.92	4.17	4.29	2.09	1.97
W(%)	72.46	70.56	68.64	38.42	38.40
N.GOLPES	15	24	33		
L.L - LP	70.00			38.41	

**Figura 11: Límite Líquido**



**Tabla 41: Contenido Natural de Humedad**

NORMA: ASTM D 2216

W t (gr)	146.74
Wmh + t (gr)	1368.80
Wms + t (gr)	1048.35
Wms (gr)	901.61
Ww (gr)	320.45
W(%)	35.54

**Tabla 42. Peso Específico**

Ws (gr)	100.00
Wfw (gr)	634.85
Wfws (gr)	691.63
Pe	2.31

**d. CANTERA EL CUMBE**

**Análisis Granulométrico**

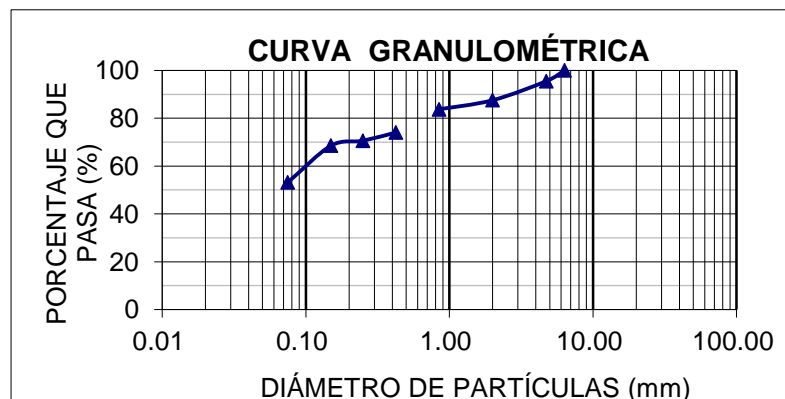
**Tabla 43: Análisis Granulométrico**

**NORMA: ASTM D 422/ C136**

**MUESTRA : 601.42 gr.**

TAMIZ		PRP (gr)	%RP	%RA	% QUE PASA
N°	ABER.(mm)				
3/8"		5.52			
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	26.76	4.45	4.45	95.55
N 10	2.00	48.21	8.02	12.47	87.53
N 20	0.85	22.65	3.77	16.23	83.77
N 30		22.71	3.78	20.01	79.99
N 40	0.43	35.61	5.92	25.93	74.07
N 60	0.25	98.91	16.45	42.37	70.60
N 100	0.15	104.49	17.37	59.75	68.54
N 200	0.075	71.49	11.89	71.64	53.21
CAZOLETA	-.-	3.31	0.55	72.19	0.00
TOTAL		434.14			

**Figura 12: Curva granulométrica**



**Clasificación del Suelo**

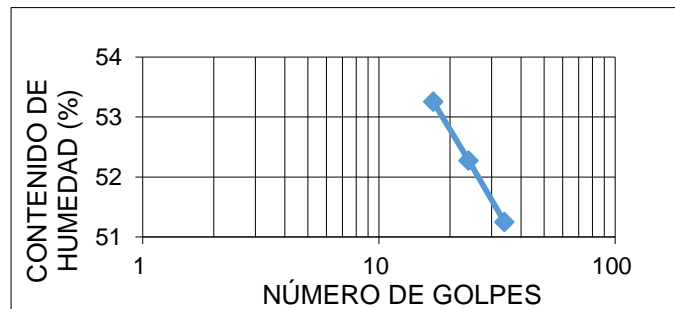
**Tabla 44. Clasificación del Suelo por AASHTO y SUCS  
NORMA: AASHTO M 145 ASTM D2487 - 94**

% PASA MALLA 200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CLASIFIC SUCS
53.21	39.00	17.00	22.00	CL

**Tabla 45. Límite de Consistencia  
NORMA ASTM D 4318 – 93**

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Wt (gr)	14.04	14.13	14.14	14.13	14.01
Wmh + t (gr)	27.22	27.53	29.28	24.90	24.87
Wms + t (gr)	22.64	22.93	24.15	22.67	24.12
Wms (gr)	8.60	8.80	10.01	8.54	10.11
W w (gr)	4.58	4.60	5.13	2.23	0.75
W(%)	53.26	52.27	51.25	26.11	7.42
N.GOLPES	17	24	34		
L.L - LP	38.50			16.77	

**Figura 13: Límite Líquido**



**Tabla 46. Contenido Natural de Humedad**

W t (gr)	146.74
Wmh + t (gr)	1614.83
Wms + t (gr)	1562.64
Wms (gr)	1415.90
Ww (gr)	52.19
W(%)	3.69

**Tabla 47: Peso Específico**

Ws (gr)	100.00
Wfw (gr)	641.42
Wfws (gr)	704.12
Pe	2.68

**e. CANTERA NAMORA**

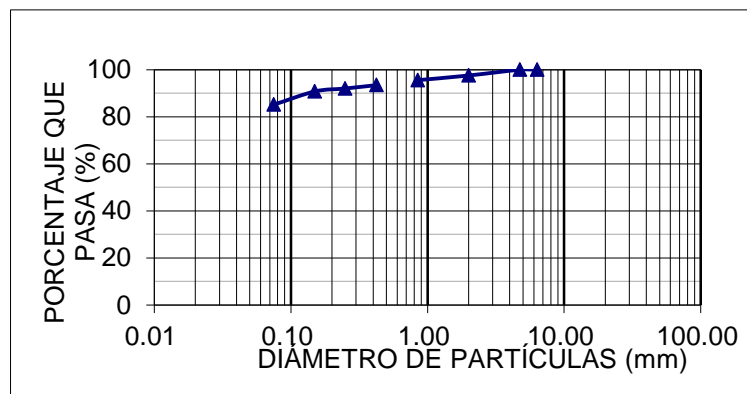
**Análisis Granulométrico**

**Tabla 48. Análisis granulométrico del material  
Norma: ASTM D 422/C136**

**MUESTRA: 412.70 gr.**

TAMIZ		PRP (gr)	%RP	%RA	% QUE PASA
N°	ABER.(mm)				
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
N 10	2.00	10.15	2.46	2.46	97.54
N 20	0.85	8.20	1.99	4.45	95.55
N 30		6.54	1.58	6.03	93.97
N 40	0.43	2.15	0.52	6.55	93.45
N 60	0.25	5.93	1.44	7.99	92.01
N 100	0.15	5.13	1.24	9.23	90.77
N 200	0.075	23.19	5.62	14.85	85.15
CAZOLETA	--	351.41	85.15	100.00	0.00
TOTAL		412.70			

**Figura 14: Curva granulométrica**





**Clasificación del Suelo**

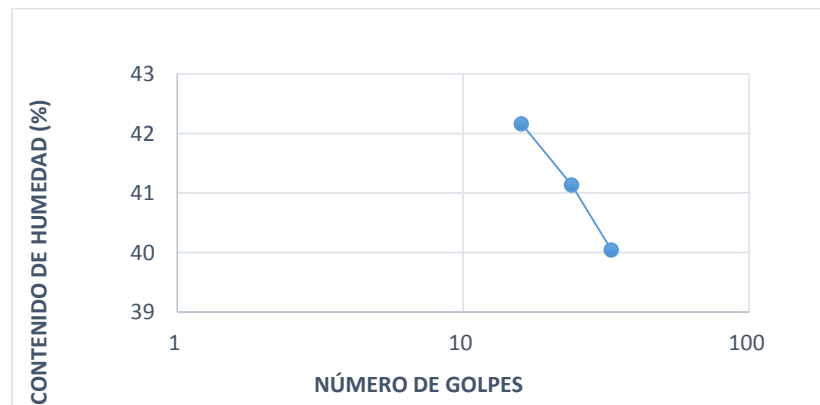
**Tabla 49: Clasificación del Suelo por SUCS  
NORMA: ASTM D2487 - 94**

% PASA MALLA 200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	CLASIFIC SUCS
85.15	70.00	26.00	44.00	CH

**Tabla 50: Límite de Consistencia  
NORMA ASTM D 4318 – 93**

	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Wt (gr)	27.00	27.31	27.34	27.13	25.84
Wmh + t (gr)	40.42	42.03	41.54	37.75	35.93
Wms + t (gr)	36.44	37.74	37.48	35.53	33.84
Wms (gr)	9.44	10.43	10.14	8.40	8.00
W w (gr)	3.98	4.29	4.06	2.22	2.09
W (%)	42.16	41.13	40.04	26.43	26.12
N.GOLPES	16	24	33		
L.L - LP	70.00			26.28	

**Figura 15: Límite Líquido**



**Tabla 51: Contenido Natural de Humedad**

NORMA: ASTM D 2216

W t (gr)	146.74
Wmh + t (gr)	2036.80
Wms + t (gr)	1967.34
Wms (gr)	1820.60
Ww (gr)	69.46
W(%)	3.82

**Tabla 52: Peso Específico**

Ws (gr)	100.00
Wfw (gr)	641.42
Wfws (gr)	704.12
Pe	2.68

**ANEXO N° 02**

**RESULTADO DE LOS ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y  
BACTERIOLÓGICO**

**ANEXO N° 03**

**RESULTADO DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO  
DEL EXPERIMENTO**

## Pruebas post hoc Filtro Tipo II

### Subconjuntos homogéneos

Las **Pruebas post hoc**, facilitan la ubicación del promedio o promedios diferentes y además del mayor y menor, para la toma de decisiones respecto a la cantera que provee el material más óptimo.

**Tabla 53. Filtro Tipo I. PH**

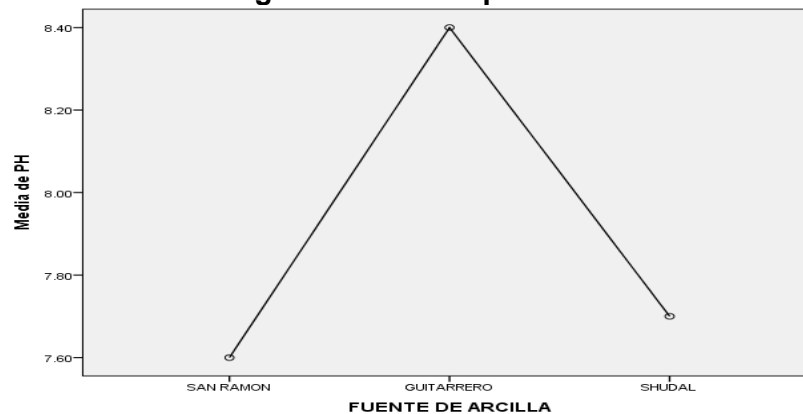
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
SAN RAMON	3	7.6000	
SHUDAL	3	7.7000	
GUIARRERO	3		8.4000
Sig.		.506	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 16. Filtro Tipo I. PH**



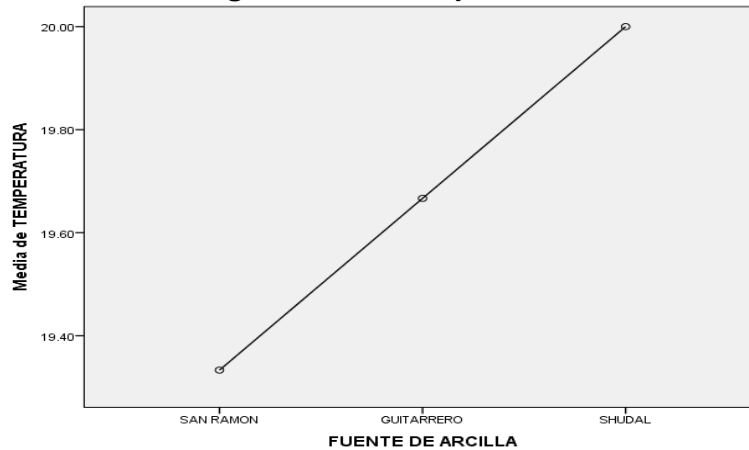
**Tabla 54. Filtro Tipo I. TEMPERATURA**

Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
SAN RAMON	3	19.3333
GUIARRERO	3	19.6667
SHUDAL	3	20.0000
Sig.		.145

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
 Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 17. Filtro Tipo I. PH**



Fuente: Elaboración propia, 2014

**Tabla 55. Filtro Tipo I. CONDUCTIVIDAD A 20°C**

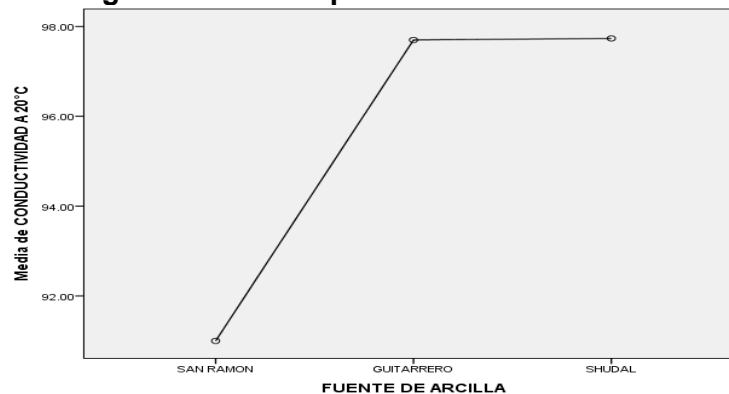
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
SAN RAMON	3	91.0000	
GUITARRERO	3		97.7000
SHUDAL	3		97.7333
Sig.		1.000	.971

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 18. Filtro Tipo I. CONDUCTIVIDAD**



**Tabla 56. Filtro Tipo I. SÓLIDOS TOTALES**

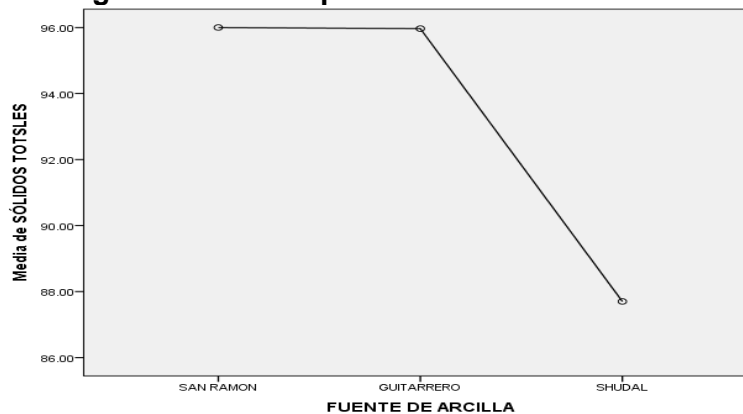
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
SHUDAL	3	87.7000	
GUITARRERO	3		95.9667
SAN RAMON	3		96.0000
Sig.		1.000	.985

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 19. Filtro Tipo I. SÓLIDOS TOTALES**



**Tabla 57. Filtro Tipo I. SÓLIDOS DISUELTOS**

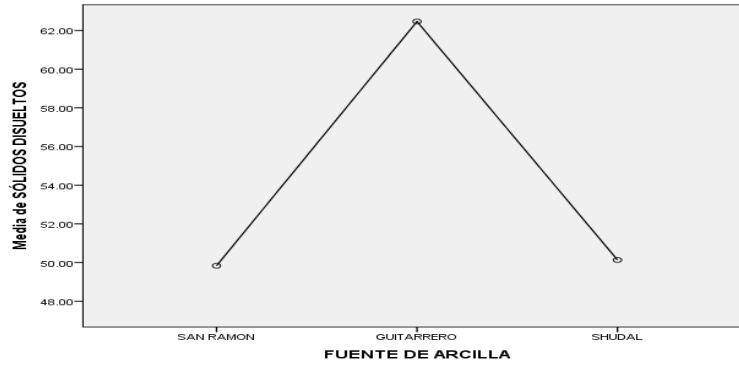
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
SAN RAMON	3	49.8333	
SHUDAL	3	50.1333	
GUITARRERO	3		62.4667
Sig.		.750	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 20. Filtro Tipo I. SÓLIDOS DISUELTOS**



**Tabla 58. Filtro Tipo I. SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN**

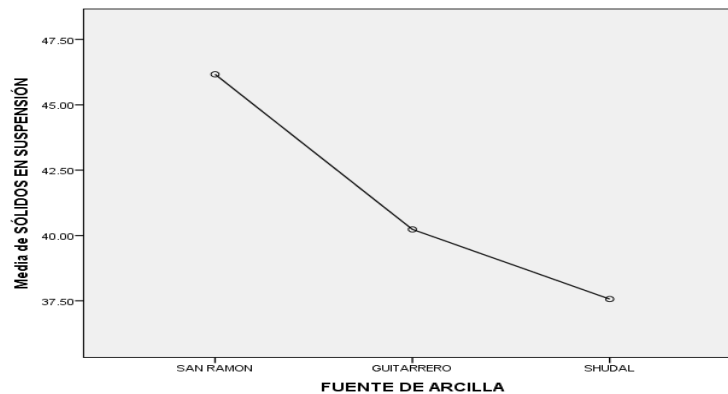
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa =
		0.05
		1
SHUDAL	3	37.5667
GUITARRERO	3	40.2333
SAN RAMON	3	46.1667
Sig.		.227

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 21. Filtro Tipo I. SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN**





**Tabla 59. Filtro Tipo I. TURBIDEZ**

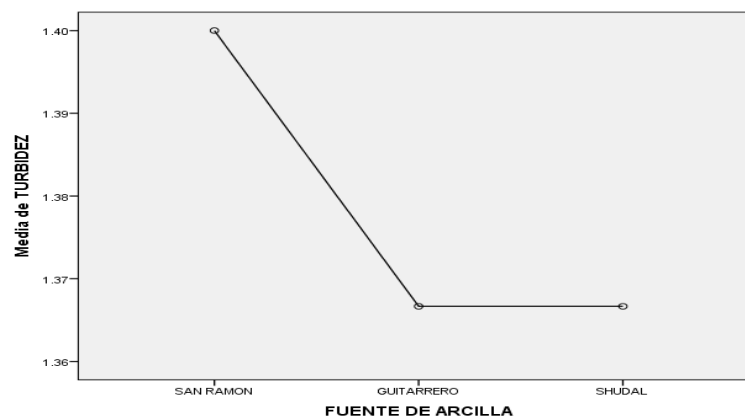
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	
GUITARRERO	3	1.3667	
SHUDAL	3	1.3667	
SAN RAMON	3	1.4000	
Sig.			.434

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 22. Filtro Tipo I. TURBIDEZ**



**Tabla 60. Filtro Tipo I. ALCALINIDAD TOTAL CaCO<sub>2</sub>**

Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
SAN RAMON	3	19.2000	
GUITARRERO	3		25.8333
SHUDAL	3		26.8333
Sig.		1.000	.158

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 23. Filtro Tipo I. ALCALINIDAD TOTAL CaCO2**



**Tabla 61. Filtro Tipo I. DUREZA TOTAL**

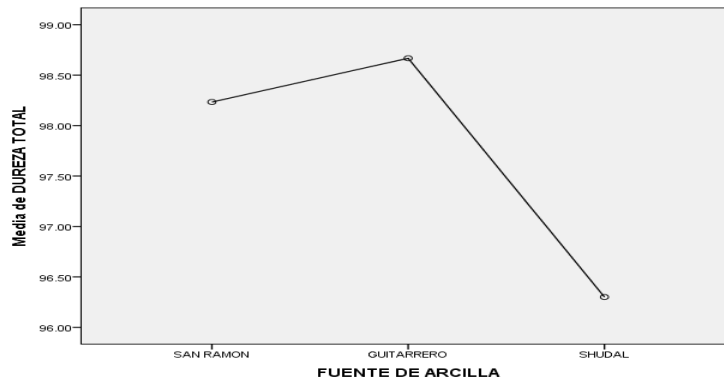
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
SHUDAL	3	96.3000
SAN RAMON	3	98.2333
GUITARRERO	3	98.6667
Sig.		.239

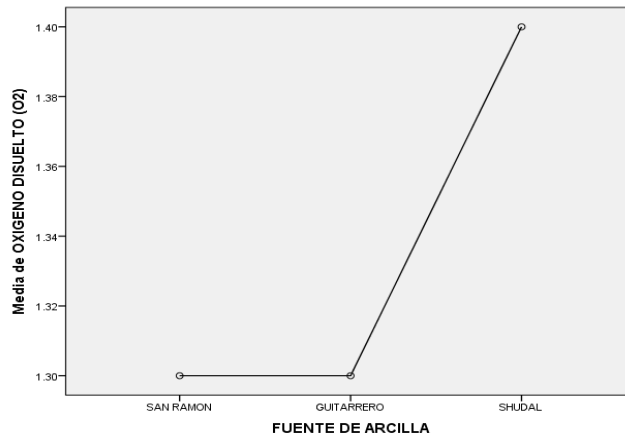
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 24. Filtro Tipo I. DUREZA TOTAL**



**Figura 25. Filtro Tipo I. OXÍGENO DISUELTO**



**Tabla 62. Filtro Tipo I. SULFATOS (SO4)2**

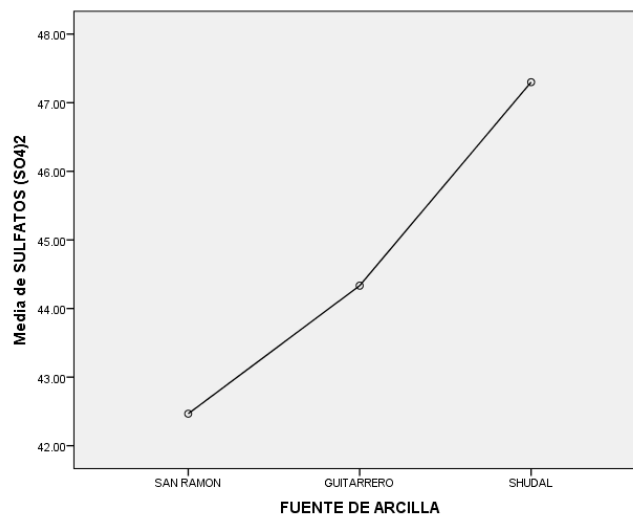
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
SAN RAMON	3	42.4667
GUITARRERO	3	44.3333
SHUDAL	3	47.3000
Sig.		.402

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 26. Filtro Tipo I. SULFATOS (SO4)2**



**Tabla 63. Filtro Tipo I. ARSENICO (As)**

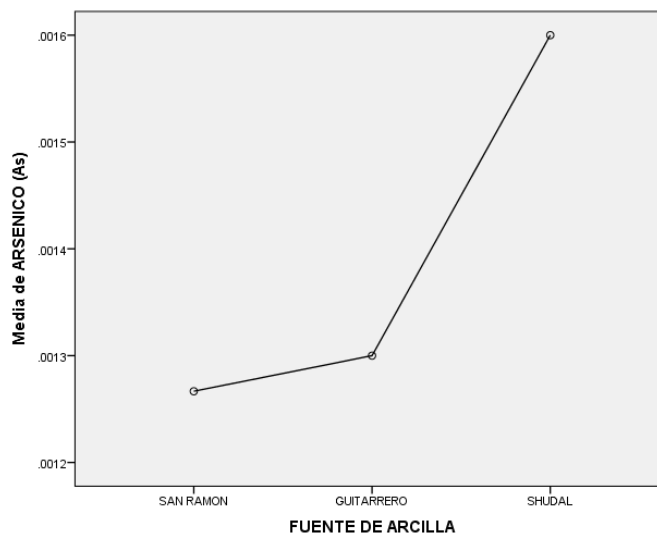
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
SAN RAMON	3	.001267
GUITARRERO	3	.001300
SHUDAL	3	.001600
Sig.		.429

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 27. Filtro Tipo I. ARSENICO (As)**



**Tabla 65. Filtro Tipo I. HIERRO (Fe)**

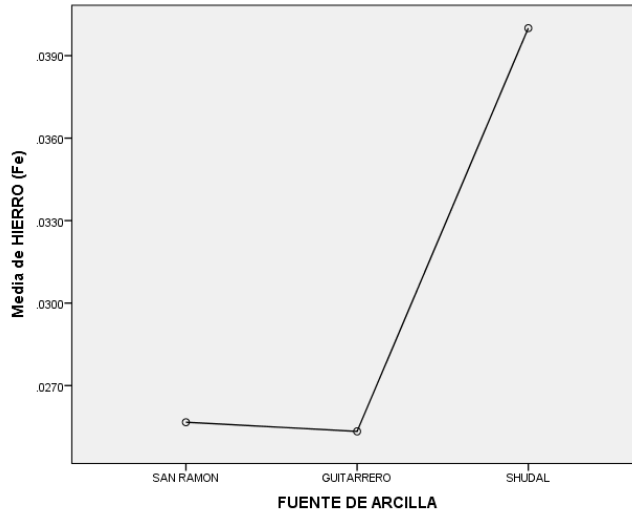
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
GUITARRERO	3	.025333
SAN RAMON	3	.025667
SHUDAL	3	.040000
Sig.		.467

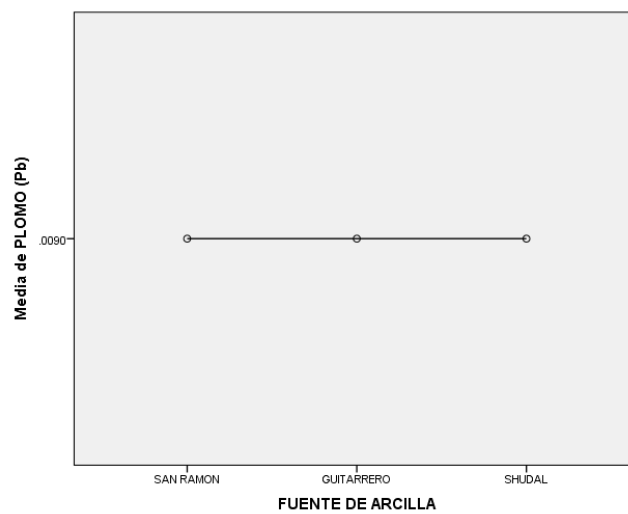
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 28. Filtro Tipo I. Hierro (Fe)**



**Figura 29. Filtro Tipo I. Plomo (Pb)**



## Pruebas post hoc Filtro Tipo II

### Subconjuntos homogéneos

Tabla 67. Filtro Tipo II. PH

Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
NAMORA	3	7.6000	
CUMBE	3	7.6667	
SHUDAL	3	7.6667	
GUITARRERO	3	7.7333	
<b>SAN RAMÓN</b>	<b>3</b>		<b>8.3333</b>
Sig.		.314	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

Figura 30. Filtro Tipo II. PH

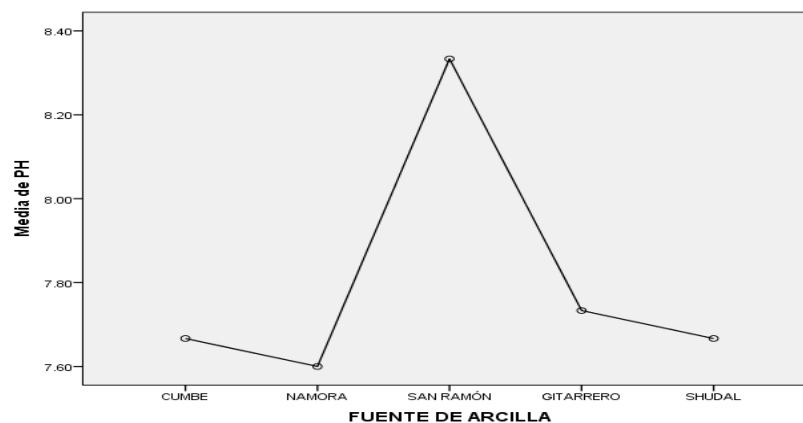


Tabla 68. Filtro Tipo II. TEMPERATURA

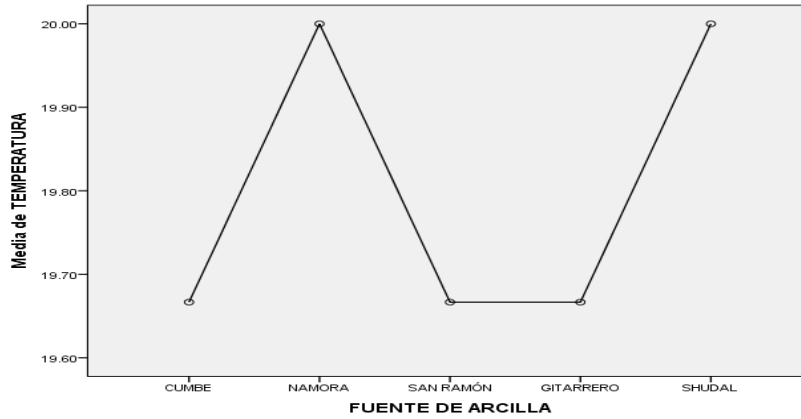
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
CUMBE	3	19.6667
SAN RAMÓN	3	19.6667
GUITARRERO	3	19.6667
NAMORA	3	20.0000
SHUDAL	3	20.0000
Sig.		.418

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 31. Filtro Tipo II.**



**Tabla 69. Filtro Tipo II. CONDUCTIVIDAD A 20°C**

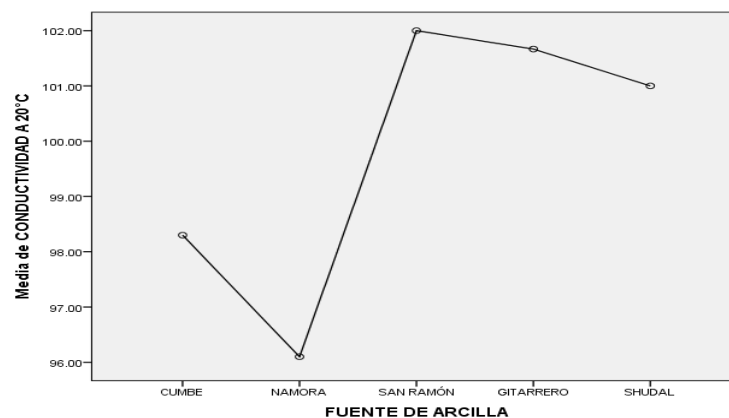
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
NAMORA	3	96.1000	
CUMBE	3	98.3000	98.3000
SHUDAL	3		101.0000
GUITARRERO	3		101.6667
SAN RAMÓN	3		102.0000
Sig.		.268	.096

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 32. Filtro Tipo II.**



**Tabla 70. Filtro Tipo II. SÓLIDOS TOTALES**

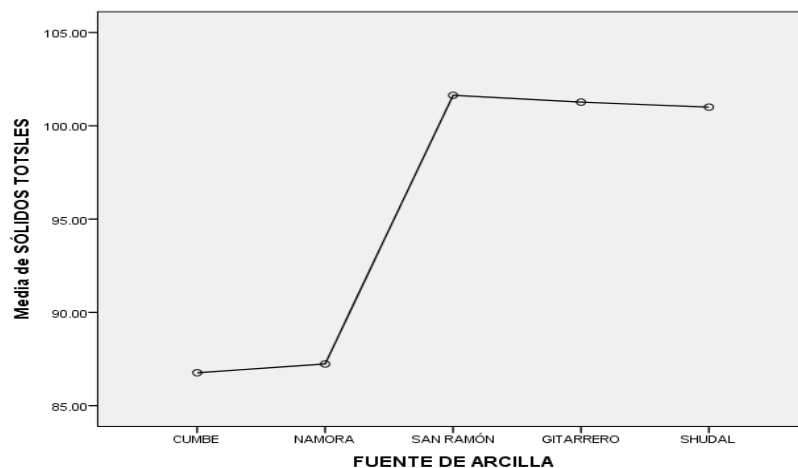
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
CUMBE	3	86.7667	
NAMORA	3	87.2333	
SHUDAL	3		101.0000
GUITARRERO	3		101.2667
SAN RAMÓN	3		101.6333
Sig.		.739	.667

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.
- 

**Figura 33. Filtro Tipo II. SÓLIDOS TOTALES**



**Tabla 71. Filtro Tipo II. SÓLIDOS DISUELTOS**

Duncan

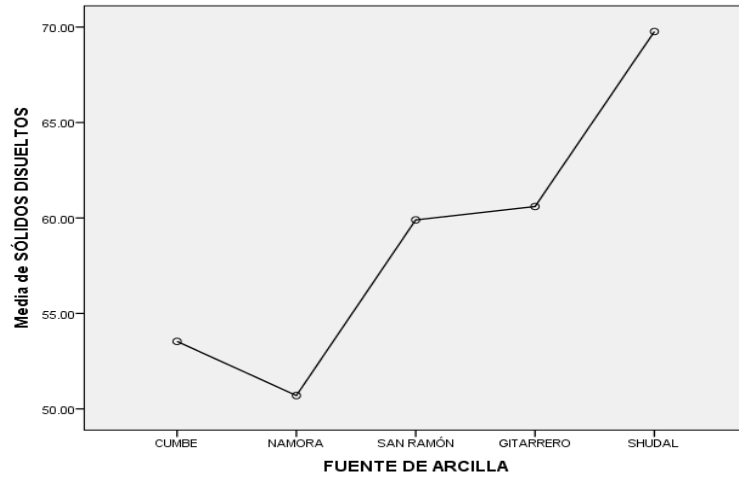
FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
NAMORA	3	50.7000			
CUMBE	3		53.5333		
SAN RAMÓN	3			59.9000	
GUITARRERO	3			60.6000	
SHUDAL	3				69.7667
Sig.		1.000	1.000	.587	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.



a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 34. Filtro Tipo II. SÓLIDOS DISUELTOS**



**Tabla 72. Filtro Tipo II. SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN**

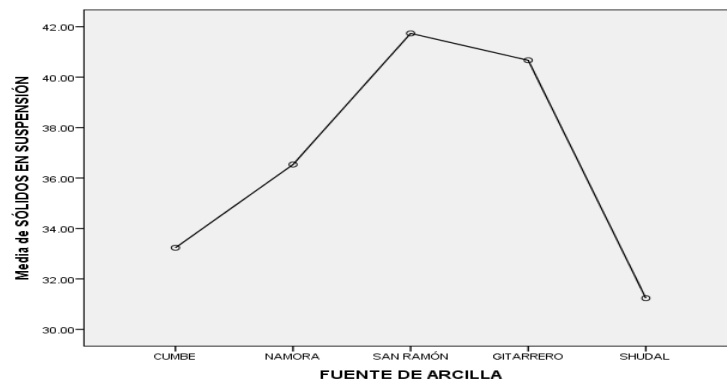
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
SHUDAL	3	31.2333		
CUMBE	3	33.2333		
NAMORA	3		36.5333	
GUITARRERO	3			40.6667
SAN RAMÓN	3			41.7333
Sig.		.201	1.000	.482

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 35. Filtro Tipo II. SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN**



**Tabla 73. Filtro Tipo II. TURBIDEZ**

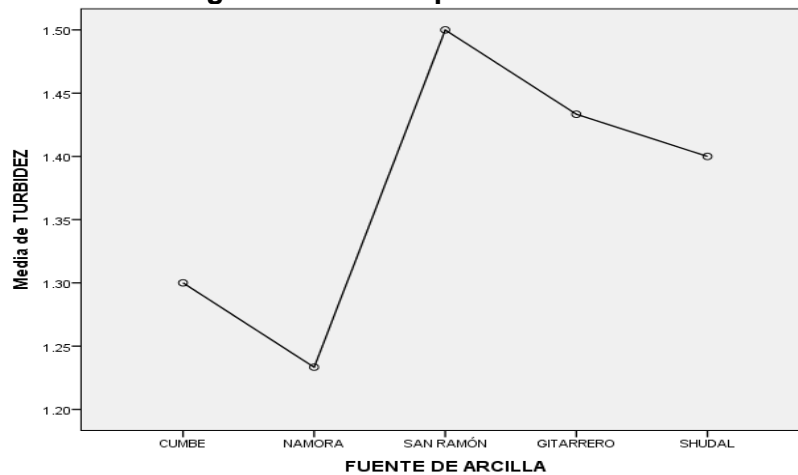
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
NAMORA	3	1.2333		
CUMBE	3	1.3000	1.3000	
SHUDAL	3		1.4000	1.4000
GUITARRERO	3			1.4333
SAN RAMÓN	3			1.5000
Sig.		.188	.060	.070

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 36. Filtro Tipo II. TURBIDEZ**



**Tabla 74. Filtro Tipo II. ALCALINIDAD TOTAL CaCO<sub>2</sub>**

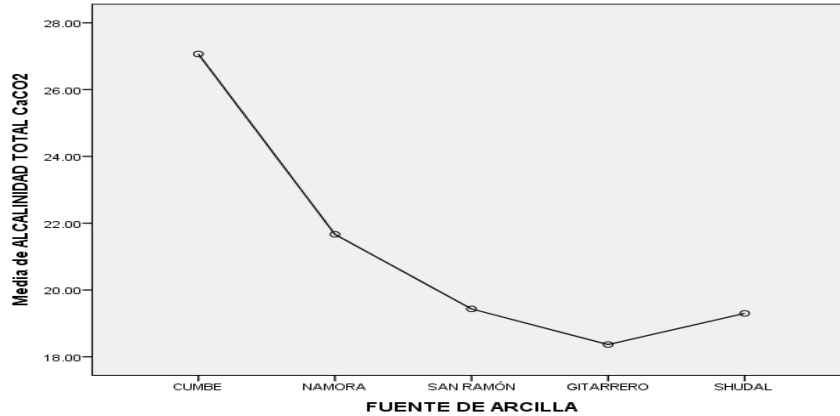
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
GUITARRERO	3	18.3667	
SHUDAL	3	19.3000	
SAN RAMÓN	3	19.4333	
NAMORA	3	21.6667	
CUMBE	3		27.0667
Sig.		.115	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 37. Filtro Tipo II. ALCALINIDAD TOTAL CaCO2**



**Tabla 75. Filtro Tipo II. DUREZA TOTAL**

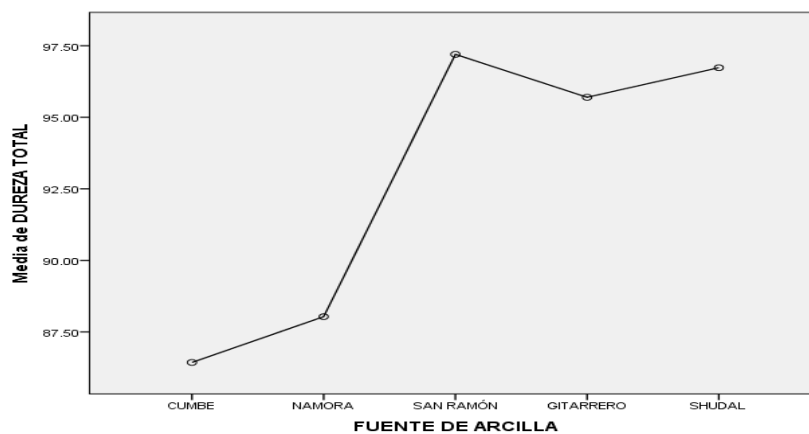
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
CUMBE	3	86.4333	
NAMORA	3	88.0333	
GUITARRERO	3		95.7000
SHUDAL	3		96.7333
SAN RAMÓN	3		97.2000
Sig.		.053	.078

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 38. Filtro Tipo II. DUREZA TOTAL**



**Tabla 76. Filtro Tipo II. OXIGENO DISUELTO (O2)**

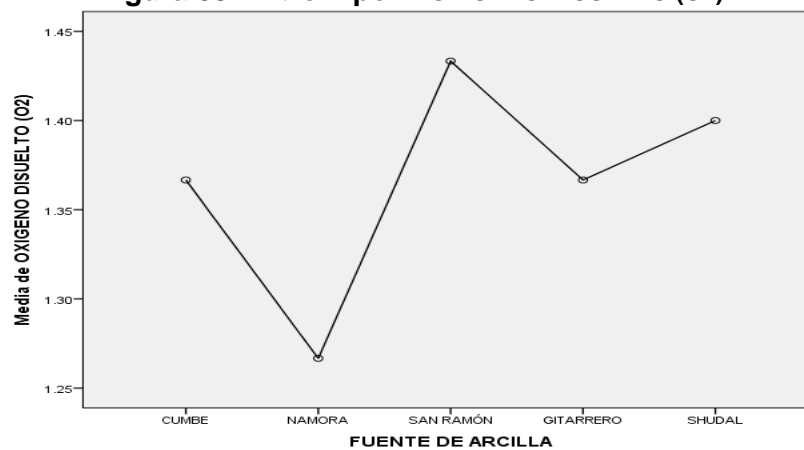
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
NAMORA	3	1.2667	
CUMBE	3	1.3667	1.3667
GUITARRERO	3	1.3667	1.3667
SHUDAL	3	1.4000	1.4000
SAN RAMÓN	3		1.4333
Sig.		.092	.373

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 39. Filtro Tipo II. OXIGENO DISUELTO (O2)**



**Tabla 77. Filtro Tipo II. SULFATOS (SO4)2**

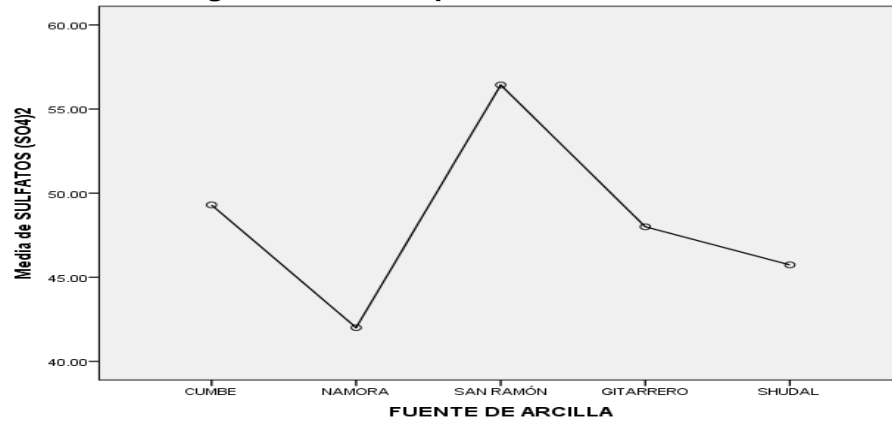
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
NAMORA	3	42.0000		
SHUDAL	3	45.7333	45.7333	
GUITARRERO	3		48.0000	
CUMBE	3		49.3000	
SAN RAMÓN	3			56.4333
Sig.		.164	.200	1.000

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 40. Filtro Tipo II. SULFATOS (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>**



**Tabla 78. Filtro Tipo II. ARSENICO (As)**

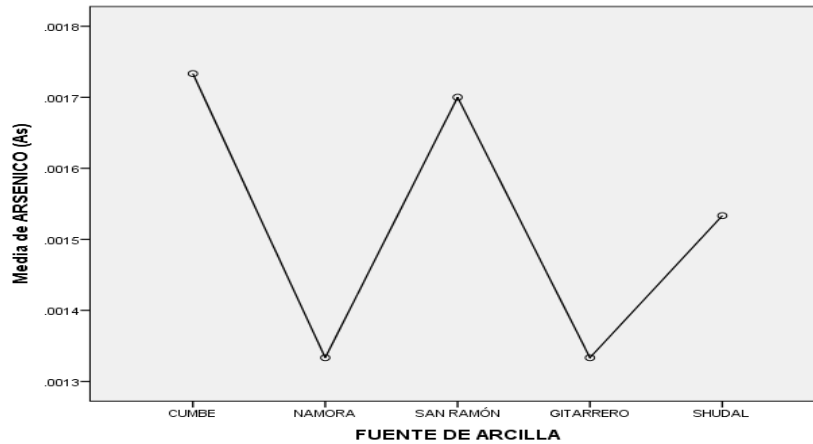
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
NAMORA	3	.001000
GUITARRERO	3	.001333
SHUDAL	3	.001533
SAN RAMÓN	3	.001700
CUMBE	3	.001733
Sig.		.345

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 41. Filtro Tipo II. ARSENICO (As)**



**Tabla 79. Filtro Tipo II. HIERRO (Fe)**

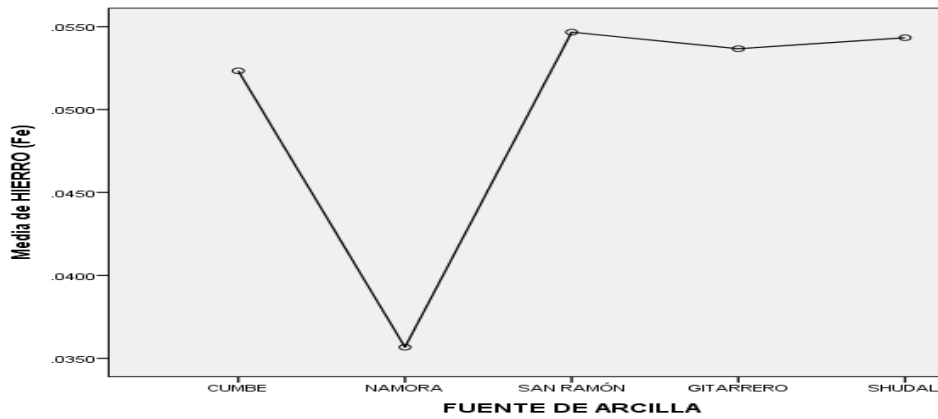
Duncan

FUENTE DE ARCILLA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
NAMORA	3	.035667	
CUMBE	3		.052333
GUITARRERO	3		.053667
SHUDAL	3		.054333
SAN RAMÓN	3		.054667
Sig.		1.000	.736

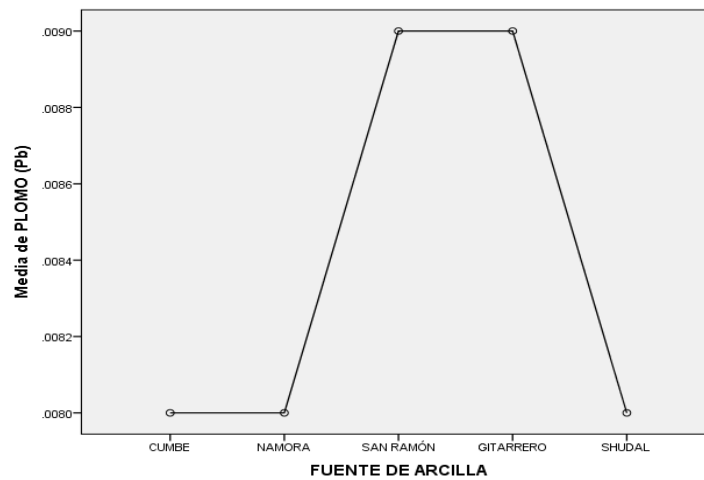
Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

- a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000.

**Figura 42. Filtro Tipo II. HIERRO (Fe)**



**Figura 43. Filtro Tipo II. Plomo (Pb)**



## **ANEXO N° 04**

### **UBICACIÓN GEOREFERENCIADAS DE LAS CANTERAS DE ARCILLA EN GOOGLE EARTH**



### Cantera San Ramón



Fuente: Google Earth

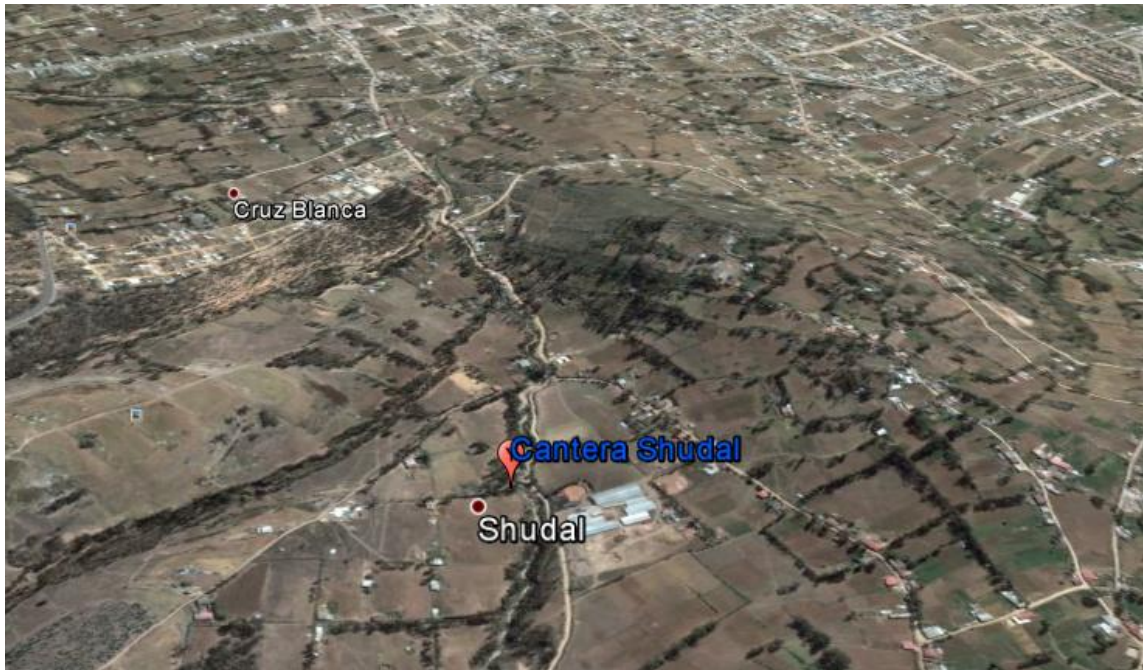
### Cantera Guitarrero



Fuente: Google Earth

### Cantera Shudal





Fuente: Google Earth

### Cantera Cumbe Mayo



Fuente: Google Earth

### Cantera Namora



Fuente: Google Earth

**ANEXO N° 05.**

**PANEL FOTOGRÁFICO**



**Toma fotográfica 01.** Caolín en su estado natural



**Toma fotográfica 02.** Preparación de la masa de arcilla con las diversas dosificaciones para los ocho filtros.



**Toma fotográfica 03.** Elaboración del Filtro, en el Museo Taller Antártida, del señor Lorenzo Cabrera.



**Toma fotográfica 04.** Comprobando el estado de los filtros luego del quemado en horno de leña





**Toma fotográfica 05.** Recojo del agua en el punto de muestreo, luego de un día lluvioso.



**Toma fotográfica 06.** Recojo de agua del Río grande, para una prueba de filtración.





**Toma fotográfica 07.** Un día más en el recojo de agua para y una nueva prueba de filtración



**Toma fotográfica 08.** Comprobando el flujo de agua en cada filtro.





**Toma fotográfica 09.** Recojo de la muestra de agua filtrada para el análisis respectivo.



**Toma fotográfica 10.** El Filtro en funcionamiento.

