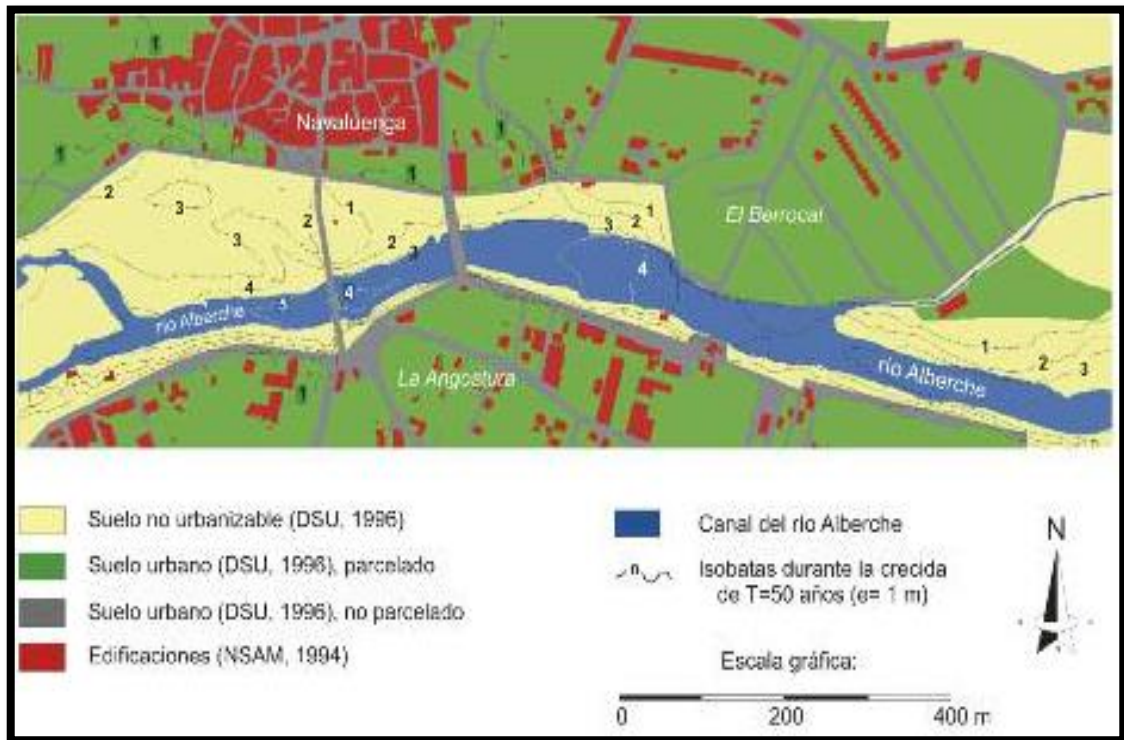


FIGURA Nº 34: Mapa Temático de Uso de Suelos



(Instituto Geológico y Minero de España, 2008)

## **CAPÍTULO III: METODOLOGÍA**

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

###### **CUANTITATIVA**

De acuerdo a (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2006). Los estudios cuantitativos siguen un patrón predecible y una estructura. Así como también indica que en una investigación cuantitativa se pretende generalizar los resultados encontrados en un grupo a una colectividad mayor. Y la meta principal de los estudios cuantitativos es la construcción y demostración de teorías.

El enfoque cuantitativo utiliza la lógica o razonamiento deductivo y sobre todo la medición de fenómenos que se identifican en la investigación.

##### **3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN**

###### **DESCRIPTIVO**

La investigación será del nivel DESCRIPTIVO, porque en esta investigación se describió las principales características física mecánicas del suelo, régimen del río, relieve y caudales máximos de la cuenca del Pachatusan. Así como también se identificó y describió las áreas vulnerables que fueron afectadas por las inundaciones y huaycos.

Un estudio descriptivo es el proceso de medir evaluar o recolectar datos sobre diversos conceptos (variables), características, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2006).

### **3.1.3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **HIPOTÉTICO – DEDUCTIVO**

La investigación se considera HIPOTÉTICO, porque se basa en hipótesis preestablecidas y explicativas. Es por lo tanto que se aplica un diseño preconcebido.

La investigación se considera DEDUCTIVO, porque se inicia de premisas o conocimientos conocidos para determinar y analizar cada una de las variables de la investigación, (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2006).

## **3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.2.1. DISEÑO METODOLÓGICO**

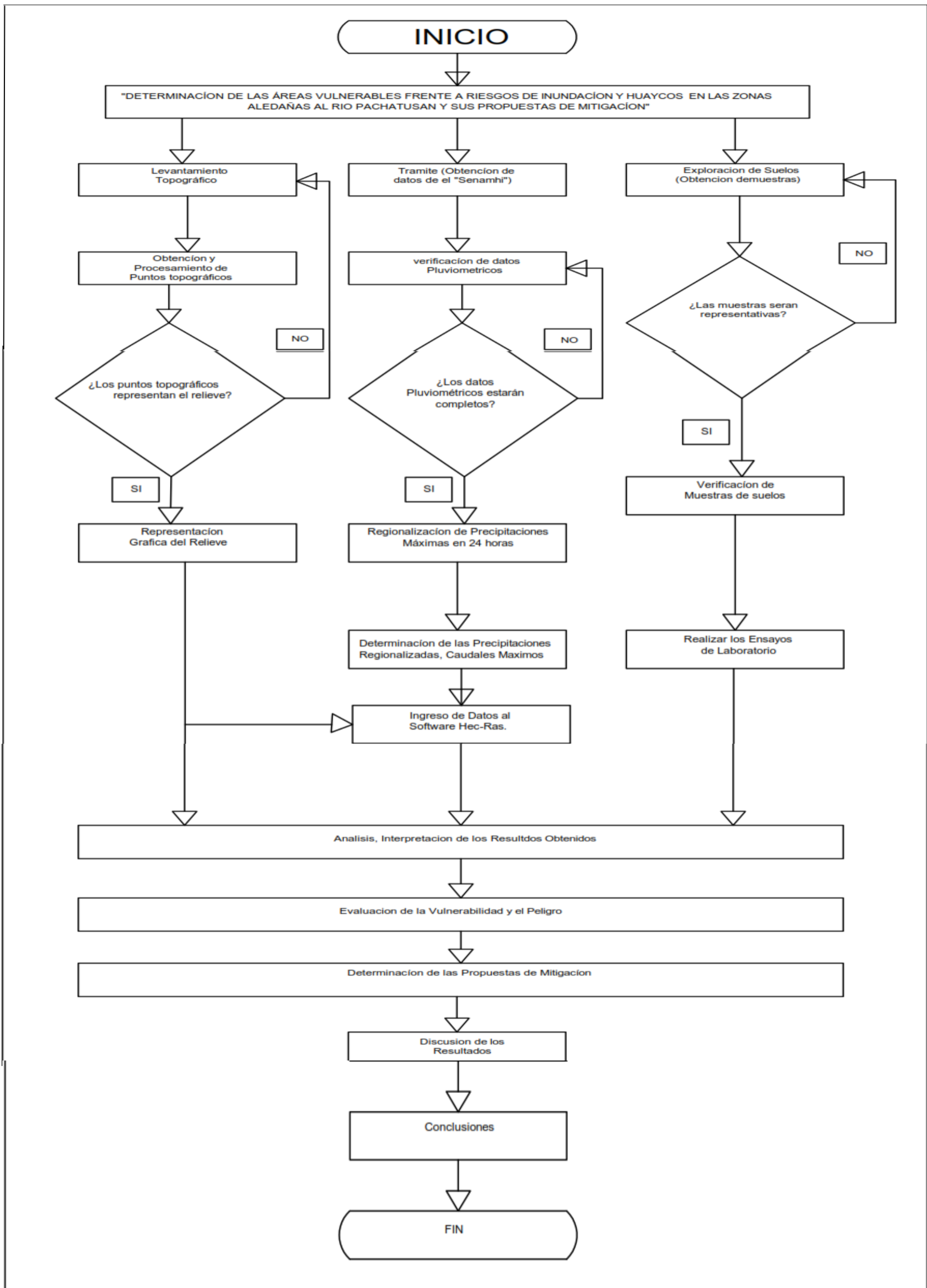
#### **NO EXPERIMENTAL – TRANSVERSAL**

La investigación se desarrolla de acuerdo al diseño metodológico NO EXPERIMENTAL. Porque el estudio se realiza sin manipular deliberadamente las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. En la presente investigación se observaron los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos, medirlos e interpretarlos.

La investigación está realizada de acuerdo al diseño de investigación TRANSVERSAL. Debido a que la recolección de datos se realizó en un solo momento, en un tiempo único su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. (Hernandez Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucio, 2006).

### **3.2.2. DISEÑO DE INGENIERÍA**

La metodología de diseño a nivel de ingeniería sigue un procedimiento mostrado a continuación.



Fuente: Elaboración Propia

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.3.1. POBLACIÓN**

##### **3.3.1.1. Descripción de la Población**

La población de la presente investigación fue la cuenca del río Pachatusan cuyas aguas derivan al río Huatanay en la comunidad de Choquepata.

##### **3.3.1.2. Cuantificación de la Muestra**

La población es unitaria y corresponde a la cuenca del Pachatusan, la cual se encuentra dentro de los límites de la comunidad de Choquepata, del distrito de Oropesa.

#### **3.3.2. MUESTRA**

##### **3.3.2.1. Descripción de la Muestra**

La muestra de la presente investigación es representada por la cuenca del río Pachatusan, cuyas aguas derivan al río Huatanay.

##### **3.3.2.2. Cuantificación de la Muestra**

La muestra de la investigación es unitaria y corresponde a la cuenca del río Pachatusan cuyas aguas derivan al río Huatanay.

##### **3.3.2.3. Método de Muestreo**

El método de muestreo de la presente investigación es NO PROBABILÍSTICA. Debido a que no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de las variables las cuales son estudiadas individualmente.

##### **3.3.2.4. Criterios de Evaluación de la Muestra**

Para la evaluación de la muestra se consideró los siguientes criterios

- Se determinó el área de la cuenca sobre la carta Nacional del cuadrángulo 28-S.
- Se caracterizó la topografía de la cuenca del río Pachatusan.
- Se evaluó los caudales máximos generados dentro de la cuenca del Pachatusan
- Se evaluó las áreas vulnerables, predispuestas al peligro que genera los máximos caudales y huaycos.

### 3.3.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Se recurrió al levantamiento topográfico del área de estudio, así como también se recurrió a cartas Nacionales e imágenes satelitales, para la determinación del relieve, área de la cuenca del río Pachatusan.
- El análisis de las precipitaciones y cálculo de la intensidad respectiva para distinto período de retorno se realiza por medio de la estimación de las curvas (IDT).
- Se determinó la estabilidad de taludes de las zonas donde haya afloramientos de manantes importantes.
- Se plantearon propuestas de mitigación en las zonas vulnerables previamente identificadas.
- Se determinó el movimiento del flujo con la utilización del software denominado Hec-Ras.

## 3.4. INSTRUMENTOS

### 3.4.1. INSTRUMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.4.1.1. Instrumentos de Gabinete

##### 3.4.1.1.1. Equipos Básicos de Ingeniería

Se refiere al conjunto de equipos de oficina los cuales son:

- Computadora personal.
- Una impresora (para la impresión de los documentos de investigación).
- Útiles de escritorio en general.

##### 3.4.1.1.2. Hojas de Cálculo

Se utilizó el programa computacional Excel, en el cual se programó una hoja de cálculo de forma que al introducir datos relacionados a precipitación, áreas, cotas, longitudes de cauce y entre otros se determinara los distintos parámetros que se requieran para el análisis de inundabilidad. Y a partir del análisis de estos se identificará las áreas vulnerables.

##### 3.4.1.1.3. Software AutoCAD 2017 (Versión Estudiantil)

Se utilizó para la determinación del área de la cuenca y las otras características del relieve de la cuenca.

#### **3.4.1.1.4. Software Arc-Map 10.3 (Versión Estudiantil)**

Se utilizó el software Arc-Map 10.3 para crear el mapa de delimitación de la cuenca y a la vez se analizó los datos de distribución geoespacial de las zonas pobladas en la cuenca.

#### **3.4.1.1.5. Software Hec-Ras 4.1.0**

Se utilizó el software Hec-Ras para realizar cálculos hidráulicos unidimensionales para una red completa de canales naturales y construidos

#### **3.4.1.1.6. Software Hec-Hms 4.1**

Se utilizó el software sistema de modelado hidrológico (HEC-HMS) en el cual se diseña y simula los procesos hidrológicos completos de los sistemas de cuencas dendríticas. El software incluye muchos procedimientos tradicionales de análisis hidrológico tales como infiltración, hidrogramas unitarios y enrutamiento hidrológico.

### **3.4.1.2. Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **3.4.1.2.1. Guías de recolección de Datos**

##### **3.4.1.2.1.1. Formato de Registro de Precipitaciones Máximas en 24 Horas**

El formato de registro de Precipitaciones Máximas en 24 horas es el siguiente:





### 3.4.1.2.1.2. Curvas Características de la Cuenca Hidrográfica

Tabla 8: Formato de Recolección de Datos Para Curvas Características de la Cuenca

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
UAC											
TESIS:		FECHA									
NOMBRE:											
ZONA:											
EQUIPOS :											
1 KM2	1000000.00	m2									
CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA PACHATUSAN											
ALTITUDES (INTERVALO)	SUPERFICIE (m2)	SUPERFICIE (km2)	ÁREA ACUMULADA	MARCA DE CLASE	ÁREAS QUE QUEDAN SOBRE LAS ALTITUDES	% DE ÁREA	% DE ÁREA ACUMULADA	MARCA DE CLASE POR ÁREA	% DEL TOTAL QUE QUEDA SOBRE LA ALTITUD		

Fuente: (Villón Béjar, 2002)

### 3.4.1.2.1.3. Formato de Recolección de Datos para Estimación de Curvas (IDT)

Tabla 9: Formato de Recolección de Datos Para Estimación de Curvas (IDT)

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO													
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA													
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL													
TESIS:													
PROYECTO:	CUENCA PACHATUSAN											Fecha 18/05/2016	
ESTACIÓN CAY-CAY													
AÑO	Dpto.	CUSCO	Prov.	CUSCO	Dtto.	SAN JERÓNIMO			latitud	13° 35' 59.9"			
									longitud	71° 41' 45.0"			
									Altitud	2950	msnm		
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Precipitación Anual.
Nº DE DATOS													Max Precipitación
MEDIA													
DESV .STAND													
C.V													
MIN													
MAX													
FUENTE: MÁXIMO VILLÓN HIDROESTA II													

### 3.4.1.2.1.4. Formato de Recolección de datos para Regionalización de Precipitaciones.


Tabla 10: Formato de Recolección de Datos Para Regionalización de Precipitaciones

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																																																																																												
<b>TESIS:</b>	<b>"DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LA ZONA ALEDAÑA AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN"</b>																																																																																																											
<b>PROYECTO:</b>	<b>CUENCA PACHATUSAN</b>																																																																																																											
<b>REGIONALIZACIÓN POR DISTANCIA</b>																																																																																																												
Dpto.	cusco	Prov.	QUISPICANCHIS		Dtto	CHOQUEPATA																																																																																																						
<b>COORDENADA ESTE</b>	198626		<b>COORDENADA NORTE</b>		8500589																																																																																																							
Fecha 18/05/2016																																																																																																												
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr style="background-color: #00aaff; color: white;"> <th style="width: 35%;">ESTACIÓN</th> <th colspan="2">DISTANCIA EN (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E1 CENTR-KAYRA</td> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>E2 CENTR-PISAC</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>E3 CENTR- CAY CAY</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr style="background-color: #ff0000;"> <td colspan="3" style="height: 15px;"></td> </tr> </tbody> </table>  <table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr style="background-color: #00aaff; color: white;"> <th style="width: 25%;">ESTACIÓN</th> <th style="width: 25%;">ESTACIÓN</th> <th style="width: 25%;">ESTACIÓN</th> <th style="width: 25%;">ESTACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #00aaff; color: white;"> <td>CENTR-KAYRA</td> <td>CENTR-PISAC</td> <td>CENTR-CAY- CAY</td> <td>REGIONALIZADA</td> </tr> <tr style="background-color: #00aaff; color: white;"> <td>Precipitación (máxima)</td> <td>Precipitación (máxima)</td> <td>Precipitación (máxima)</td> <td>Precipitación (máxima) 24 hr</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: yellow;"> <td style="text-align: center;">PRECIPITACIÓN MÁXIMA</td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr style="background-color: yellow;"> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr style="background-color: yellow;"> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr style="background-color: yellow;"> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>						ESTACIÓN	DISTANCIA EN (m)		E1 CENTR-KAYRA			E2 CENTR-PISAC			E3 CENTR- CAY CAY						ESTACIÓN	ESTACIÓN	ESTACIÓN	ESTACIÓN	CENTR-KAYRA	CENTR-PISAC	CENTR-CAY- CAY	REGIONALIZADA	Precipitación (máxima)	Precipitación (máxima)	Precipitación (máxima)	Precipitación (máxima) 24 hr																																																													PRECIPITACIÓN MÁXIMA															
ESTACIÓN	DISTANCIA EN (m)																																																																																																											
E1 CENTR-KAYRA																																																																																																												
E2 CENTR-PISAC																																																																																																												
E3 CENTR- CAY CAY																																																																																																												
ESTACIÓN	ESTACIÓN	ESTACIÓN	ESTACIÓN																																																																																																									
CENTR-KAYRA	CENTR-PISAC	CENTR-CAY- CAY	REGIONALIZADA																																																																																																									
Precipitación (máxima)	Precipitación (máxima)	Precipitación (máxima)	Precipitación (máxima) 24 hr																																																																																																									
PRECIPITACIÓN MÁXIMA																																																																																																												

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.1.2.1.5. Contenido de Humedad

Tabla 11: Formato Recolección de Datos Contenido de Humedad



**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.**

Proyecto:

Ubicación:

Muestra:

Fecha:

Solicita:

C	
C-3	

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**

NTP-339.127 - ASTM-D2216

	C-3	C-1	C-2
PESO DE CÁPSULA			
PESO CAPS. + MATERIAL HÚMEDO			
PESO CAPS. + MATERIAL SECO			
PESO DEL AGUA			
PESO DEL SUELO SECO			

Fuente: Ingeomat

### 3.4.1.2.1.6. Análisis Granulométrico

Tabla 12: Datos Análisis Granulométrico

**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.**

Proyecto:

Ubicación: 

C	
C3	

Muestra: PESO INICIAL=

Fecha: PESO FINAL=

Solicitante: % de perdidas=

% Max de Perdida=  **OK<sub>iii</sub>**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E-107-200**

Tamiz Nº	Diam.(mm)	Peso Retenido	%Retenido	%que pasa
4"				
2"				
1"				
3/8"				
1/4"				
Nº 8				
Nº 10				
Nº 12				
Nº 20				
Nº 30				
Nº 40				
Nº 60				
Nº 100				
Nº 200				
FONDO				

PÁG. 99 JUÁREZ BADILLO TOMO 1

Fuente: Ingeomat

### 3.4.1.2.1.7. Formato de Recolección de Datos Para el Ensayo de Límites de Consistencia


Tabla 13: Formato de Límites de Consistencia

LÍMITES DE CONSISTENCIA				
 <p><b>LÍMITE PLÁSTICO</b></p>				
Nº de lata	1	2	3	4
Peso de suelo húmedo + lata(gr)				
Peso de suelo seco + lata(gr)				
Peso de lata(gr)				
Peso de suelo seco(gr)				
Peso de suelo húmedo(gr)				
Peso de agua(gr)				
<b>LÍMITE LÍQUIDO MTC E-110</b>				
Nº de lata	1	2	3	4
Peso de suelo húmedo + lata(gr)				
Peso de suelo seco + lata(gr)				
Peso de lata(gr)				
Peso de suelo seco(gr)				
Peso de suelo húmedo(gr)				
Peso de agua(gr)				
Contenido de humedad				

Fuente: Ingeomat

### 3.4.1.2.1.8. Ensayo de Peso Específico

Tabla 14: Formato de Ensayo de Peso Específico



INGENIERIA GEOTECNIA Y MATERIALES E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

Urb. El Edén Lote C-3 , San Sebastián - Cusco, Telf.: 084 - 270342, Claro: 084-974279249, RPM: #998990111, Nextel: 947285580

Proyecto:  
Ubicación:  
Muestra: Alterada  
Fecha:  
Solicita:

**ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO**

ASTM D854-02 AASHTO T100-70

	C-1	C-2	C-3
Capacidad del Picnómetro			
PESO DE PROBETA + AGUA + SUELO =(WBWS)			
PESO DE PROBETA + AGUA =(WBW)			
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO			
PESO RECIPIENTE			
PESO DEL SUELO SECO (WS)			
WS+WBW-WBWS			

Fuente: Ingeomat

### 3.4.1.2.1.9. Formato de Recolección de Datos Para el Ensayo de Corte Directo

Tabla 15: Formato de Ensayo de Corte Directo

		<b>ENSAYO DE CORTE DIRECTO</b> NTP 339.159 (ASTM 3080-90, INVE 154-07)							
Proyecto:									
Solicita:		C							
Ubicación:		C-3							
Fecha:									
Tipo de ensayo:	CD	=							
Forma:	Redonda								
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>		<b>DENSIDAD DE LA MUESTRA</b>							
Diámetro o Lado	D=		Peso=						
Área	A=		Peso Unitario Húmedo=						
Altura	H=		Peso Unitario Seco=						
Volumen	V=								
<b>VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE</b>			<b>4.00 KG</b>						
DEFORMAC. HORIZON. mm	DEFORMAC. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	DIAM. CM	ÁREA cm <sup>2</sup>	ÁREA CORREGIDA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO CORTANTE Kg/cm <sup>2</sup>	ESFUERZO NORMAL Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Ingeomat





VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE

8.00 KG

DEFORMAC. HORIZON. mm	DEFORMAC. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	ÁREA cm2	ÁREA CORREGIDA cm2	ESFUERZO CORTANTE Kg/cm2	ESFUERZO NORMAL Kg/cm2

VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE

12.00 KG

DEFORMAC. HORIZON. mm	DEFORMAC. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	ÁREA cm2	ÁREA CORREGIDA cm2	ESFUERZO CORTANTE Kg/cm2	ESFUERZO NORMAL Kg/cm2

Fuente: Ingeomat

### **3.4.2. INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA**

#### **3.4.2.1. Estación Total**

Se denomina estación total a un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciometro y un microprocesador a un teodolito electrónico

#### **3.4.2.2. Software (Autocad-2017)**

Es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D Y modelado 3D. El cual ayuda a diseñar, trabajar la información de mejor manera para que el trabajo sea más predecible en los diferentes proyectos de infraestructura civil.

#### **3.4.2.3. Software ArcGis (Arc-Map 10.3)**

ArcGis es una aplicación que proporciona herramientas para visualizar, analizar, compilar y compartir los datos en entornos 2d y 3d. La cual ayuda en la creación de mapas, análisis espacial, administración de datos espaciales entre otros.

#### **3.4.2.4. Cartas Nacionales**

Una carta nacional es una carta básica o derivada que incluye los elementos naturales y artificiales del terreno permite efectuar mediciones planimetrías y altimétricas dentro de las tolerancias conocidas. Es el resultado de trabajos topográficos regulares.

#### **3.4.2.5. Cintas Métricas.**

Las cintas métricas de fibra o de plástico normalmente vienen en medidas de 20, 30, 50 o 100 m. La cinta que ha sido utilizado es la de fibra la cual nos ayuda a realizar el trabajo normal de medición de distancias.

#### **3.4.2.6. Computadora Portátil (Laptop)**

Es un ordenador personal que es liviano y que puede mover o transportar con relativa facilidad y la principal función que tiene es la de operar en el procesamiento y análisis de datos.



#### **3.4.2.7. Tamices**

Tamices Gilson Company (usa) de 1 ½” hasta la malla N° 200 y de 2 1/8” de alto, acero inoxidable y aro de bronce fosfórico según ASTM E-11.

#### **3.4.2.8. Cuchara de Casagrande**

Cuchara de Casa Grande con copa lisa, altura de caída regulable y base Normalizada de 140 x 190 x 150 mm – 2.5 kg, con acanalador según norma ASTM D9318.

#### **3.4.2.9. Hornos de Laboratorio**

Horno de laboratorio que tiene la capacidad de controlar la temperatura hasta los 999° C centígrados.

#### **3.4.2.10. Balanzas Electrónicas**

Balanzas digitales de laboratorio e industriales desde 0.1 mg de precisión de capacidad 3 kg.

#### **3.4.2.11. Equipo de Corte Directo**

Equipo de corte directo Humboldt digital según ASTM D3080 con salida de datos de software de procesamiento de datos y curvas con máxima fuerza de corte y máxima fuerza de consolidación de 10 KN; para uso con cajas de corte hasta 100 mm.

### **3.5. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.5.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MORFOLÓGICAS DE LA CUENCA DEL PACHATUSAN**

##### **3.5.1.1. Recolección de Datos Para la Determinación de la Precipitación Máxima**

A continuación se muestra el formato de registro de las precipitaciones máximas en 24 horas proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, (SENAMHI).



**Tabla 16: Formato de Registro de la Precipitación Máxima en 24 Horas (SENAMHI).**

2007-2016 "DECENIO DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD EN EL PERÚ"											
"AÑO DE LA CONSOLIDACIÓN DEL MAR DE GRAU"											
<b>ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA</b>											
<b>LATITUD:</b>						<b>DPTO.:</b>					
<b>LONGITUD:</b>						<b>PROV.:</b>					
<b>ALTITUD:</b>						<b>DTTO:</b>					
<b>PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS EN (mm)</b>											
<b>AÑO</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>	
<i>Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).</i>											

**3.5.1.1.1. Procedimiento.**

- a) Se recurre a los datos Proporcionados por el (SENAHMI), registrados en las distintas estaciones pluviométricas (Granja Kayra, Cay-Cay, Pisac).

**Tabla 17: Formato de Registro de Precipitación Máxima en 24 Horas Estación Pluviométrica de Cay-Cay**

ESTACIÓN CAY-CAY												
Años	Dpto.	CUSCO	Prov.	PAUCARTAMBO	Dtto.	CAY-CAY			latitud	13° 35' 59.9"		
									longitud	71° 41' 45.0"		
									Altitud	2950	msnm	
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1990	10.30	10.30	4.20	4.60	3.40	8.40	2.20	2.20	0.00	6.30	10.90	14.80
1991	10.80		6.30	4.50	3.60	4.50	0.00	0.00	0.00	4.70	19.70	28.10
1992	14.20	12.50	11.50	10.20	0.00	5.80	0.00	5.20	2.30	5.90	16.20	9.60
1993	18.90	13.50		12.80	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00	2.20	16.50	24.60
1994	11.80	18.60	18.90	8.50	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	13.50	8.40	8.60
1995	12.60	6.80	14.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.20	6.20	12.20
1996	12.00	6.50	14.70	13.10	6.20	0.00	0.00	6.20	0.00	18.50	7.50	22.00
1997	14.50	23.00	12.60	4.50	3.00	0.00	0.00	3.50	4.00	4.80	12.50	8.50
1998	8.00	19.00	12.80	3.60	0.00	2.20	0.00	4.50	0.00	3.50	9.00	18.30
1999	16.60	21.60	21.40	19.60	0.80	0.00	2.50	0.00	5.20	6.40	6.70	21.30
2000	28.50	14.80	15.60	1.60	1.80	5.50	9.00	1.70	3.40	7.90	9.90	16.70
2001	21.50	18.40	14.40	6.90	5.90	0.00	8.60	8.60	11.50	15.70	10.50	18.70
2002	8.70	25.70	11.50	10.30	4.20	0.00	11.40	0.00	10.40	14.70	13.50	21.20
2003	18.30	18.60	43.70	16.70	2.50	4.20	0.00	9.80	5.70	4.60	5.70	18.30
2004	18.50	20.20	12.20	11.60	1.60	18.50						
2005				16.70	2.70	0.00		3.20	4.80	7.10	14.30	14.60
2006	49.10	29.30	17.00	16.30	0.00	4.50	4.30	7.00	5.70	11.30	14.90	15.50
2007	23.40	50.10	22.10	10.00	2.70	0.00	5.40	1.10	0.00	11.70	19.30	13.40
2008	19.20	19.30	15.60	5.80	5.70	6.70	0.00	6.90	3.50	18.70	30.20	21.70
2009	27.40	13.50	27.00	12.90	5.70	0.00	1.30	2.00	6.70	4.50	13.50	10.70
2010	35.40	11.40	11.70	0.70	6.80	0.00	1.40	4.10	8.70	15.40	6.70	15.60
2011	40.30	32.50	25.70	20.00	0.30	2.30	4.40	0.00	9.70	20.30	17.40	26.20
2012	19.40	20.70	6.20	1.80	1.90	0.80	1.30	1.70	3.40	3.20	16.80	13.50
2013	25.40	16.50	22.20	7.30	2.60	2.70	2.80	2.70	3.00	39.50	15.50	28.70
2014	26.30	23.30	11.50	13.90	2.90	0.00	1.70	0.30	7.40	26.50	5.70	15.00

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAHMI)



Tabla 18: Formato de Registro de Precipitación Máxima en 24 Horas Estación Pluviométrica de Granja Kayra.

ESTACIÓN GRANJA KAYRA												
	Dpto.	cusco	Prov.	CUSCO	Dtto.	SAN JERÓNIMO			latitud	13° 33' 24.7"		
									longitud	71° 52' 29.8"		
									Altitud	3219	msnm	
AÑOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1990	26.50	20.30	11.30	8.90	3.60	9.30	0.00	3.60	5.30	14.00	14.50	19.50
1991	25.50	37.60	37.10	14.20	4.80	2.70	1.50	0.00	12.80	13.40	17.50	25.20
1992	13.90	18.80	21.20	6.80	0.00	19.10	0.00	14.00	5.20	16.20	22.60	15.40
1993	48.50	17.40	24.20	2.90	0.90	0.00	1.50	5.30	6.90	14.60	15.60	44.10
1994	39.60	30.00	20.40	12.30	8.60	0.00	0.00	0.00	10.50	17.40	7.10	28.30
1995	23.20	18.50	14.30	6.80	0.00	0.00	0.40	1.20	19.80	8.30	34.60	20.70
1996	24.60	17.30	31.30	7.40	6.00	0.00	0.00	3.00	8.30	11.60	10.50	23.80
1997	20.10	18.20	24.90	9.50	4.10	0.00	0.00	3.50	5.10	12.90	47.00	30.00
1998	35.90	23.10	4.90	11.70	1.00	1.90	0.00	1.50	3.30	11.10	18.90	14.10
1999	12.70	14.90	17.00	13.60	1.30	3.20	1.00	0.00	10.90	7.20	19.30	16.40
2000	25.50	24.90	22.60	5.70	0.80	4.50	1.50	2.40	4.90	9.50	17.30	11.40
2001	15.60	31.00	21.40	10.60	4.30	0.00	9.90	3.60	5.40	15.90	23.10	11.60
2002	21.20	25.10	13.50	8.10	5.70	1.00	6.90	2.40	2.60	15.20	26.70	23.50
2003	24.60	24.00	18.00	39.10	1.00	6.40	0.00	10.80	1.70	10.20	7.00	23.40
2004	24.50	30.80	12.60	6.40	1.40	12.60	8.00	4.90	7.30	14.70	11.00	25.20
2005	23.00	13.20	27.80	23.20	2.00	0.40	1.20	2.20	2.10	13.60	11.70	17.20
2006	37.30	51.60	26.40	30.20	0.20	4.00	0.00	5.40	4.10	15.00	12.60	15.30
2007	26.70	13.70	19.70	32.90	3.40	0.00	3.00	0.00	1.00			16.90
2008	25.60	27.90	11.20	5.60	2.80	1.00	0.00	2.00	8.30	11.20	24.50	16.40
2009	27.80	17.80	23.60	5.90	2.50	0.00	1.80	0.40	7.60	2.20	24.10	11.90
2010	41.20	25.70	25.70	5.10	1.30	0.00	1.40	2.60	3.00	18.60	10.90	35.90
2011	22.60	22.00	25.00	15.60	1.70	3.20	3.00	0.00	9.60	18.90	29.80	14.60
2012	14.80	47.00	8.10	28.40	3.40	1.20	0.00	0.10	10.30	9.20	30.70	24.30
2013	20.50	21.10	18.70	4.50	14.60	3.00	1.00	6.20	2.70	17.90	13.70	27.20
2014	31.10	21.90	8.80	16.90	4.40	0.00	1.40	3.00	7.00		15.80	35.60

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)



Tabla 19: Formato de Recolección de Datos de Precipitación Máxima en 24 Horas Estación Pluviométrica de Pisac.

ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE PISAC												
	Dpto.	cusco	Prov.	CUSCO	Dtto.	SAN JERÓNIMO			latitud	13° 24' 57"		
									longitud	71° 51' 03.0"		
									Altitud	2950	msnm	
AÑOS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1990	9.40	24.00	5.20	14.60	4.20	13.20	0.00	3.00	6.40	6.20	16.00	23.40
1991	15.00	12.00	13.40	14.20	4.30	6.00	0.00	2.00	2.00	10.00	12.20	13.00
1992	21.00	9.20	9.40	9.00	0.00	22.00		8.20	4.00	14.00	23.50	12.80
1993	20.40	14.20	5.20	8.00	4.00	4.20	8.20	5.20	2.00	6.00	15.20	18.40
1994	25.00	17.40	17.40	8.20	5.30	0.00	0.00	0.00	6.40	24.00	6.00	28.40
1995	20.50	14.00	10.00	4.00	4.20	0.00	0.00	0.00	7.00	17.00	7.20	17.00
1996	20.00	16.30	13.40	16.30	4.10	0.00	0.00	6.20		19.20	31.50	
1997			13.00	1.30	2.60	0.00	0.00	10.10	7.00	4.20	21.60	17.40
1998	24.40	17.00	10.00	6.10	2.20	2.10	0.00	0.50	13.50	13.70	17.70	11.00
1999	12.40	27.70	9.50	9.20	4.90		2.10	0.00	5.50	7.50	10.10	17.10
2000	36.60	18.00	12.50	1.80	2.90	2.00	0.00	1.00	2.90	9.10	6.90	13.50
2001	26.20	23.10	18.40	11.20	5.70	0.00	12.80	2.80	2.80	21.80	14.60	17.70
2002	17.00	25.00	21.50	11.60	4.20	3.10	20.60	2.90	4.10	7.60	25.80	27.50
2003	18.10	15.70	19.50	6.50	1.50	6.80	0.00	12.60	3.50	10.90	5.60	28.80
2004	23.70	19.60	17.20	4.80	1.20	6.40	7.20	5.90	10.20	20.30	14.20	25.20
2005	23.00	11.00	18.00	13.50	0.00	0.00	1.50	2.00	1.70	3.80	14.10	9.20
2006	21.50	17.80	20.00	13.00	0.00	30.00	0.00	5.40	2.50	9.80	11.30	29.00
2007	20.90	13.20	28.10	15.50	3.40	0.00	1.40	0.00	2.90	10.30	19.70	20.60
2008	22.60	38.70	17.60	2.80	3.30	2.80	0.30	2.00	3.80	12.20	25.90	30.40
2009	26.80	19.80	21.30	8.60	0.20	0.00	1.00	0.40	14.90	3.00	38.30	21.00
2010	30.60	26.40	20.60	2.50	5.00	1.10	1.40	5.20	1.00	14.40	10.80	39.20
2011	24.30	33.60	24.80	7.80	5.30	6.00	4.90	0.40	7.30	7.40	19.30	17.20
2012	15.00	29.10	8.80	6.00	0.60	0.50	0.80	0.50	10.20	4.00	27.20	29.30
2013	20.60	22.60	19.80	7.50	5.80	3.80	2.50	10.80	2.20	17.60	15.30	36.60
2014	19.00	11.80	11.50	21.00	6.20	0.00	0.80	1.20	10.20			

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

### 3.5.1.2. Recolección de datos para la Determinación de las Características Fisiográficas de la Cuenca.

La obtención de los datos relacionados a las características fisiográficas de la cuenca del Pachatusan se determinó en las siguientes tablas.

**Tabla 20: Determinación de las Altitudes y Superficies Parciales de la Cuenca.**

1		2
ALTITUDES (INTERVALO)(msnm)		SUPERFICIE (m2)
4851.00		
4700.00	4850.00	212763.04
4600.00	4700.00	418994.61
4400.00	4600.00	1634568.14
4200.00	4400.00	2290824.98
4000.00	4200.00	4963150.01
3800.00	4000.00	3491701.96
3600.00	3800.00	2145972.12
3400.00	3600.00	2280606.21
3200.00	3400.00	972538.97
3150.00	3200.00	131822.47
<b>ÁREA</b>		<b>18542942.50</b>
<b>PERÍMETRO</b>		19387.00 Metros

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 21: Datos de las Características Fisiográficas de la Cuenca.**

<b>ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA</b>	4020.00	Msnm
<b>ALTITUD MÁS FRECUENTE (%)</b>	26.77	%
<b>ALTITUD DE FRECUENCIA 1/2</b>	4020.00	Msnm
<b>ÁREA DE LA CUENCA</b>	18.54	Km2
<b>PERÍMETRO DE LA CUENCA</b>	19.387	Km

Fuente: Elaboración Propia





### 3.5.1.2.1. Procedimiento

Para poder obtener los datos necesarios se determinó las distintas características fisiográficas de la cuenca los cuales se realizan de acuerdo a los pasos que a continuación se describen.

- a) Se realizó la descarga de la Carta Nacional 28 S de la página web del Instituto Geográfico Nacional el cual es una extensión (shapefile).
- b) Se delimitó la cuenca de estudio con ayuda del software AutoCad Civil 3D.
- c) Se delimitó las áreas parciales que se encuentran dentro de un intervalo de 100 a 150 metros de altura.
- d) Se procedió a graficar la curva hipsométrica tomando los datos de intervalo de altitudes vs superficie acumulada.
- e) Se graficó la curva de frecuencia de altitudes tomando en cuenta los datos de altitud vs superficie parcial, los cuales se encuentren dentro del intervalo de altitudes.
- f) Se procedió a determinar cuál es la altitud media de la cuenca, así como la altitud más frecuente en (%).
- g) Se procedió a determinar cuál es la altitud de frecuencia media (1/2) de la cuenca del Pachatusan.
- h) Se calculó los diferentes índices representativos de la cuenca del Pachatusan.
- i) Se procedió a calcular el rectángulo equivalente y la pendiente de la cuenca.
- j) Se procedió a calcular el cálculo de la pendiente de cauce utilizando el método de (TAYLOR SCHWARZ).

**Tabla 22: Formato de Recolección de Datos Para Determinar la Pendiente de la Cuenca del Río Pachatusan con la Fórmula de (TAYLOR SCHWARZ)**

Nº TRAMOS	LONGITUD	COTA
1	0.00	3150.00
2	381.49	3200.00
3	578.74	3250.00
4	418.06	3300.00
5	427.20	3350.00
6	332.55	3400.00
7	297.13	3450.00
8	376.71	3500.00
9	340.70	3550.00
10	358.68	3600.00
11	242.99	3650.00
12	350.17	3700.00
13	402.64	3750.00
14	322.99	3800.00
15	179.31	3850.00
16	199.71	3900.00
17	508.13	3950.00
18	135.45	4000.00
19	630.38	4050.00
20	510.71	4100.00
21	146.09	4150.00

Cota Mayor Cauce	4150.00	msnm
Cota Menor Cauce	3150.00	msnm
Longitud de Cauce	7117.62	m

### 3.5.1.2.2. Recolección de Datos Para la Regionalización de las Precipitaciones Máximas en 24 Horas

Se realizó la regionalización para lo cual se requiere los siguientes datos:

**Tabla 23: Datos Para el Proceso de Regionalización de Precipitaciones Máximas en 24 Horas.**

ESTACIÓN	DISTANCIA EN (m)
E1 CENTR-KAYRA	9858.00
E2 CENTR-PISAC	16247.00
E3 CENTR- CAY CAY	11184.00

- Se identifica el Centroides de la cuenca del Pachatusan con la ayuda del software AutoCAD civil 3D, el cual fue delimitada sobre la carta nacional digital 28-S.
- Se mide la distancia perpendicular en (m) desde el centroide de la cuenca hacia el punto de ubicación de las distintas estaciones pluviométricas (Granja Kayra, Cay-Cay- Pisac).
- Se aplicó la fórmula denominada corrección por distancia en la hoja de cálculo.
- Se recopiló las precipitaciones máximas del intervalo de años que están comprendidos entre (1990-2015) de las estaciones pluviométricas de Granja Kayra, Cay-Cay, Pisac.
- Se obtuvo el factor de corrección de regionalización por distancia.
- Se obtuvo la precipitación regionalizada para el área de estudio de la cuenca del Pachatusan.

### 3.5.2. RECOLECCIÓN DE DATOS PARA EL ANÁLISIS FÍSICO-MECÁNICO DE LOS SUELOS.

#### 3.5.2.1. Toma de Muestras para el Análisis Físico-Mecánico de los Suelos.

##### 3.5.2.1.1. Equipos y/o Herramientas Utilizadas

- a. Herramientas manuales (picos, palas, recipientes plásticos y bolsas).
- b. Cámaras fotográficas, cintas métricas, winchas, y demás equipos que son necesarios para el muestreo de suelos.

##### 3.5.2.1.2. Procedimiento

Se realizó el muestreo del suelo de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Se identificó la zona donde se efectuara el sondeo adecuado previa inspección ocular.

**FIGURA Nº 35: Zona de Estudio, Punto de Análisis.**



Fuente: Elaboración Propia

- Se realizó la calicata para la obtención correspondiente de la muestra.

**FIGURA N° 36: Realización de la Zanja de Inspección.**

- Se realizó el muestreo correspondiente en cual se obtuvo una muestra de aproximadamente 40 kg de suelo para su posterior traslado al laboratorio y análisis correspondiente.

### **3.5.2.2. Recolección de Datos para Contenido de Humedad Natural (NTP-339.127-ASTM-D2216).**

#### **3.5.2.2.1. Equipos y/o herramientas utilizadas.**


- a) Recipientes de aluminio (taras) identificadas.
- b) Balanza de precisión (0.01gr)
- c) Horno con control de temperatura.

#### **3.5.2.2.2. Procedimiento.**

Para determinar el contenido de humedad se realiza los siguientes pasos:

- Pesar cápsulas o recipientes (taras) e identificarlas previamente.
- Colocar una muestra representativa de suelo húmedo dentro de las cápsulas (taras), y luego pesar las capsulas con el suelo húmedo posteriormente ponerlas al horno durante 24 horas a 100° c.
- Después de que transcurra las 24 horas pesar la muestras con el material seco.

**Tabla 24: Formato de Recolección de Datos Para Contenido de Humedad.**



**INGEOMAT**  
INGENIERIA GEOTECNIA Y MATERIALES E.I.R.L.

**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.**  
Urb. El Edén Lote C-3 , San Sebastián - Cusco, Telf.: 084 - 270342, Claro: 084-974279249, RPM: #998990111, Nextel: 947285580

Proyecto: "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN"

Ubicación: OROPESA-  
QUISPICANCHIS -CUSCO

Muestra: Alterada

Fecha: febrero-2017

Solicita: Baca

C	01
C-1	01

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**  
NTP-339.127 - ASTM-D2216

	C-3 DESLIZAMIENTO	C-1	C-2	
PESO DE CÁPSULA	150.20	106.30	80.80	
PESO CAPS. + MATERIAL HÚMEDO	2000.00	2090.00	1000.00	
PESO CAPS. + MATERIAL SECO	1706.40	1869.00	926.40	
PESO DEL AGUA	293.60	221.00	73.60	
PESO DEL SUELO SECO	1556.20	1762.70	845.60	

Fuente: Ingeomat

### 3.5.2.3. Recolección de Datos para Análisis

#### Granulométrico.

##### 3.5.2.3.1. Equipos y/o Herramientas utilizadas

- a) Juego de tamices. de 1", 3/8", 1/4", N° 8, N° 10, N° 12, N° 20, N° 30, N° 40, N°60, N°100, N° 200.
- b) Un mazo de goma pulverizador.
- c) Bandejas metálicas.
- d) Lavadores de plástico.
- e) Balanza de precisión (0.01 gr).
- f) Horno con control de temperatura.

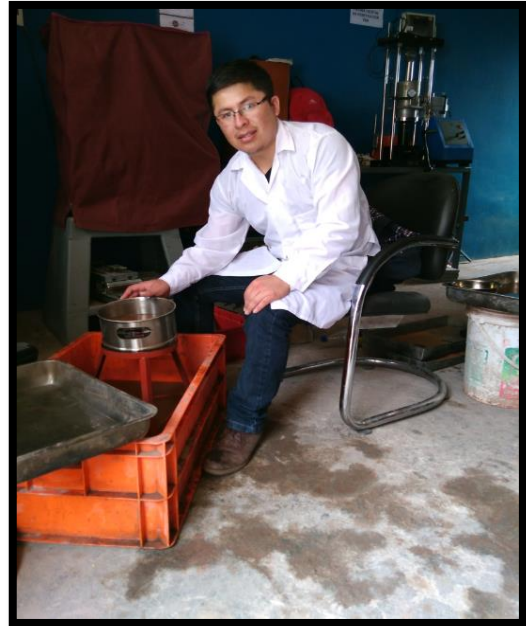


### 3.5.2.3.2. Procedimiento

Para poder realizar el análisis granulométrico y límites de consistencia se consideró lo siguiente:

- Se realiza el proceso de cuarteo del material obtenido en campo
- A partir del tamaño máximo nominal de 25.4 mm (1") se determina la cantidad necesaria para realizar el análisis granulométrico correspondiente. El peso que se obtuvo es de 2483.43 gr al inicio.
- El material que se pesó previamente se debe de someter al lavado correspondiente utilizando la malla de lavado N° 200.
- Una vez que se lavó el suelo completamente hasta que salga agua (transparente) se pone a secar en un horno con control de temperatura por 24 horas. Para luego de este tiempo pesar el material seco.
- Luego de obtener el material se inicia el proceso de tamizado del material seco. Utilizando la serie de tamices de 1", 3/8", 1/4", N° 8, N° 10, N° 12, N° 20, N° 30, N° 40, N° 60, N° 100, N° 200.

**FIGURA N° 37: Fotografía del Lavado del Material**



Fuente: Elaboración

**FIGURA N° 38: Fotografía del Tamizado del Material.**



Fuente: Elaboración Propia

- Se pesa el retenido de las distintas mallas que se utilizaron al realizar el tamizado.
- Luego se procede a calcular los pesos retenidos o pasantes por los distintos tamices.

**FIGURA Nº 39: Fotografía del Tamizado del Material.**



Fuente: Elaboración

**Tabla 25: Formato de Recolección de Datos Para Análisis Granulométrico.**

**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.**  
 Urb. El Edén Lote C-3 , San Sebastián - Cusco, Telf.: 084 - 270342, Claro: 084-974279249, RPM: #998990111, Nextel: 947285580

Proyecto: "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN"

Ubicación: OROPESA-QUISPICANCHIS -CUSCO

Muestra: Alterada

Fecha: Julio-2017

Solicitante: BACH , Christiaan Gutierrez Baca

	<b>C</b>	<b>01</b>
	<b>C-1</b>	<b>01</b>
PESO INICIAL=	2483.43 gr	
PESO FINAL=	2479.43 gr	
% de Perdidas=	0.16%	
% Max de Perdida=	<b>2.00%</b>	<b>OK<sub>iii</sub></b>

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E-107-200**

Tamiz Nº	Diam.(mm)	Peso retenido
4"	100	0.00
2"	50	0.00
1"	25	0.00
3/8"	9.5	19.09
1/4"	6.3	21.91
Nº8	4.750	67.42
Nº10	2.000	17.40
Nº12	1.700	19.14
Nº20	0.850	114.56
Nº30	0.600	65.76
Nº40	0.425	50.91
Nº60	0.250	70.13
Nº100	0.149	64.19
Nº200	0.075	310.92
FONDO	0.00	1662.00
		2483.43

PÁG. 99 JUÁREZ BADILLO TOMO 1

Fuente: Ingeomat



### **3.5.2.4. Recolección de Datos para la Límites de consistencia.**

#### **3.5.2.4.1. Límite Líquido**

##### **3.5.2.4.1.1. Equipos y/o Herramientas**

- a) Recipientes de porcelana.
- b) Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm.
- c) Aparato de límite líquido o copa de Casagrande.
- d) Acanalador
- e) Calibrador (de 10 +- 0.2 mm)
- f) Recipientes metálicos (taras).
- g) Balanza (sensibilidad de 0.01 gr)
- h) Horno con control de temperatura.

##### **3.5.2.4.1.2. Procedimiento**

- Se selecciona material de entre 150 -200 g, del material que pasa por el tamiz N° 40.
- Se coloca una muestra de suelo en una vasija de porcelana y se mezcla completamente con 15-20 ml de agua destilada, agitándola y amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada.
- Cuando el suelo se encuentre en un punto de consistencia (pegajosidad) se procede a realizar el ensayo en la copa de Casagrande.
- Se divide el suelo en la taza de bronce por pasadas firmes del acanalador a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo de modo que se forme una ranura limpia y de dimensiones apropiadas.
- Se debe de sacar una porción de suelo aproximadamente del ancho de la espátula siempre y cuando este comprendida dentro de los rangos siguientes 15-20, 20-25, 25-30, 30-35.
- El material que se seleccionó de la copa de Casagrande se pesa, se identifica y luego se pone al horno por 24 horas.
- Una vez que transcurrió el tiempo de secado se debe pesar el material seco.

### 3.5.2.4.2. Límite plástico

#### 3.5.2.4.2.1. Equipos y/o Herramientas

- a) Tamiz N° 40.
- b) Espátula de hoja flexible.
- c) Recipientes de porcelana.
- d) Balanza (sensibilidad a 0.01 gr).
- e) Horno con control de temperatura.
- f) Agua destilada
- g) Vidrío esmerilado.
- h) Recipientes metálicos (taras).
- i) Patrón cilíndrico metálico de 3.2 mm (1/8").

#### 3.5.2.4.2.2. Procedimiento

Para obtener el límite líquido se procedió



a realizar los siguientes pasos

- Se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz N° 40, preparado para el ensayo de límite líquido.
- Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo.
- Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y a continuación, se moldea con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros. En el momento que el material se desmorone se extrae una muestra para saber el contenido de humedad.
- Se moldea la porción de suelo hasta un diámetro de 3.2 mm (1/8"). Y de esta muestra se obtiene una porción de suelo para luego obtener un peso de muestra seca.
- Una vez que se identifica que el suelo pasa del estado plástico al sólido y se ve que empieza a desmoronarse se saca una porción de muestra para saber cuál es el contenido de humedad de esta.

**FIGURA N° 40: Proceso de Amasado**



**Tabla 26: Formato de Recolección de Datos Para Límites de Consistencia.**

<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b> <b>LÍMITE PLÁSTICO</b>  				
Nº de lata	1	2	3	4
Peso de suelo húmedo + lata(gr)	87.02	66.99	30.31	34.22
Peso de suelo seco + lata(gr)	85.39	65.36	29.23	32.57
Peso de lata(gr)	60.90	56.33	22.85	22.41
Peso de suelo seco(gr)	24.49	9.03	6.38	10.16
Peso de suelo húmedo(gr)	26.12	10.66	7.46	11.81
Peso de agua(gr)	1.63	1.63	1.08	1.65
<b>LÍMITE LÍQUIDO MTC E-110</b>				
Nº de lata	1	2	3	4
Peso de suelo húmedo + lata(gr)	76.29	76.35	74.77	37.61
Peso de suelo seco + lata(gr)	73.14	73.15	71.68	34.89
Peso de lata(gr)	58.25	58.24	57.70	23.97
Peso de suelo seco(gr)	14.89	14.91	13.98	10.92
Peso de suelo húmedo(gr)	18.04	18.11	17.07	13.64
Peso de agua(gr)	3.15	3.20	3.09	2.72


Fuente: Ingeomat

### 3.5.2.4.3. Recolección de Datos para Clasificación de Suelos (SUCS)

#### 3.5.2.4.3.1. Procedimiento

- Se procede a realizar el resumen correspondiente de los distintos ensayos que se realizaron previamente y que a continuación se muestra el formato correspondiente de recolección de datos.

**Tabla 27: Formato de Recolección de Datos Para Clasificación Unificada de Suelos (Sucs).**

	<b>LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.</b>				
Proyecto: "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN" OROPESA- QUISPICANCHIS -					
Ubicación: CUSCO	<table border="1"><tr><td>C</td><td>01</td></tr><tr><td>C-01</td><td>01</td></tr></table>	C	01	C-01	01
C	01				
C-01	01				
Muestra: Alterada					
Fecha: febrero-2017					
BACH, Christiaan					
Solicitante: Gutierrez Baca					
<b>SISTEMA DE CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)</b>					
<b>Datos para la clasificación De la granulometría</b>					
% de gruesos= 33.13%					
% de finos= 66.87%	Retenido en malla N 200=33.13%				
	Retenido en malla N 10=5.07%				
% de grava= 5.07%					
% de arena= 28.06%					
% de la fracción gruesa retenida en la malla N 10=	15.32% (Grava)				
% de la fracción gruesa pasa la malla N 10=	84.68%(Arena)				
Cu= 25.50					
Cc= 0.51					
<b>De los límites de consistencia</b>					
LL= 22.41%					
LP= 17.07%					
IP= 5.33%					

Fuente: Ingeomat

### 3.5.2.5. Recolección de datos para el Ensayo de Corte Directo.

#### 3.5.2.5.1. Herramientas y/o Equipos

Para la recolección de datos del ensayo de corte directo se debe de tener en cuenta lo siguiente.

- Se extrajo una muestra de suelo inalterado de una profundidad de 2.00 metros. Esta muestra se embala con bolsas plásticas para que no pierda humedad y para que llegue en óptimas condiciones al laboratorio.
- Se determina el peso inicial de la muestra para el cálculo posterior del contenido inicial de humedad.
- Se moldeo tres muestras de suelo para someter a prueba en la correspondiente máquina de corte.
- Se ensambla la caja de corte con los marcos alineados y se bloquea.
- Se introduce la muestra de ensayo con sumo cuidado. Se conecta el dispositivo de carga y se ajusta el dial para medir la deformación y el cambio de espesor de la muestra durante el corte y luego se determina el espesor inicial.

**FIGURA N° 41: Fotografía del Moldeo de Muestras.**



Fuente: Elaboración

**FIGURA N° 42: Fotografía de Ensamblaje de la caja de Corte.**



Fuente: Elaboración Propia



- Se registran los siguientes datos como son las lecturas de deformación normal, en tiempos apropiados.
- Se debe aplicar la fuerza de corte lentamente para permitir la disipación completa del exceso de presión de poros
- Se mide las dimensiones de la caja de corte que en este caso es circular.

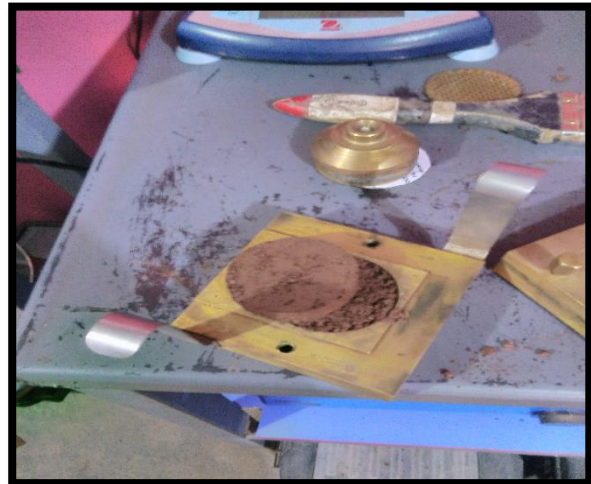
**FIGURA N° 43: Fotografía de la Maquina de Corte.**



Fuente: Elaboración

- Se realizó la prueba de corte con distintas cargas de 4 kg-8 kg-12 kg.
- Se remueve la muestra de la caja de corte y se toma una porción de material para poder obtener el contenido de humedad de la muestra ensayada.
- A continuación, se muestra el formato de recolección de datos.

**FIGURA N° 44: Muestra Después de Realizado el Corte**



Fuente: Elaboración

**Tabla 28: Formato de Recolección Para Ensayo de Corte Directo calicata N° -3**



**INGEOMA**  
INGENIERIA GEOTECNIA Y MATERIALES E.I.R.L.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
NTP 339.159 (ASTM 3080-90, INVE 154-07)

Proyecto: "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN"  
BACH , Christiaan

Solicita: Gutierrez Baca  
OROPESA-  
QUISPICANCHIS -

Ubicación: CUSCO

Fecha: julio-2017

Tipo de ensayo: CD = CONSOLIDADO DRENADO

Forma: Redonda

C	01
C-3	01

**DATOS DEL EQUIPO**

Diámetro 5.08  
o Lado D= cm  
Área A= 20.27 cm<sup>2</sup>  
Altura H= 2.15 cm  
Volumen V= 43.58 cm<sup>3</sup>

**DATOS ADICIONALES**

Peso= 112.10 gr  
Peso unitario húmedo 2.57 gr/cm<sup>3</sup>  
Contenido de Humedad= 5.11%  
Peso unitario seco 2.54 gr/cm<sup>3</sup>

**VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 4 KG**

DEFORMAC. HORIZONTAL. mm	DEFORMAC. VERTICAL. mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	ÁREA cm <sup>2</sup>
0	0.000	0.0000	0.000	4.000	5.080	20.268
0.1	-0.003	0.0100	2.634	4.000	5.080	20.268
0.2	-0.004	0.0200	3.242	4.000	5.080	20.268
0.3	-0.004	0.0300	4.051	4.000	5.080	20.268
0.4	-0.004	0.0400	4.859	4.000	5.080	20.268
0.5	-0.004	0.0500	5.261	4.000	5.080	20.268
0.6	-0.004	0.0600	6.067	4.000	5.080	20.268
0.8	-0.004	0.0800	6.666	4.000	5.080	20.268
1	-0.004	0.1000	7.263	4.000	5.080	20.268
1.2	-0.004	0.1200	7.655	4.000	5.080	20.268
1.4	-0.004	0.1400	8.045	4.000	5.080	20.268
1.6	-0.004	0.1600	8.433	4.000	5.080	20.268
1.8	-0.004	0.1800	8.818	4.000	5.080	20.268
2	-0.004	0.2000	9.201	4.000	5.080	20.268
2.2	-0.004	0.2200	9.582	4.000	5.080	20.268
2.4	-0.004	0.2400	9.564	4.000	5.080	20.268
2.6	-0.004	0.2600	9.739	4.000	5.080	20.268

**VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 8 KG**

DEFORMAC. HORIZONTAL. mm	DEFORMAC. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	ÁREA cm <sup>2</sup>
0	0.000	0.0000	0.000	8.000	5.080	20.268
0.1	-0.020	0.0100	4.053	8.000	5.080	20.268
0.2	-0.037	0.0200	4.862	8.000	5.080	20.268
0.3	-0.051	0.0300	5.468	8.000	5.080	20.268
0.4	-0.063	0.0400	6.883	8.000	5.080	20.268
0.5	-0.070	0.0500	8.088	8.000	5.080	20.268
0.6	-0.084	0.0600	8.270	8.000	5.080	20.268
0.8	-0.095	0.0800	8.686	8.000	5.080	20.268
1	-0.106	0.1000	8.876	8.000	5.080	20.268
1.2	-0.119	0.1200	9.065	8.000	5.080	20.268
1.4	-0.128	0.1400	9.453	8.000	5.080	20.268
1.6	-0.142	0.1600	9.838	8.000	5.080	20.268
1.8	-0.154	0.1800	10.221	8.000	5.080	20.268
2	-0.163	0.2000	10.205	8.000	5.080	20.268
2.2	-0.177	0.2200	10.380	8.000	5.080	20.268
2.4	-0.186	0.2400	10.360	8.000	5.080	20.268
2.6	-0.197	0.2600	10.340	8.000	5.080	20.268


**VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 12 KG**

DEFORMAC. HORIZONTAL. mm	DEFORMAC. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	ÁREA cm <sup>2</sup>
0	0.000	0.0000	0.00	12.000	5.080	20.268
0.1	-0.003	0.0100	5.67	12.000	5.080	20.268
0.2	-0.009	0.0200	7.50	12.000	5.080	20.268
0.3	-0.021	0.0300	9.11	12.000	5.080	20.268
0.4	-0.035	0.0400	9.31	12.000	5.080	20.268
0.5	-0.052	0.0500	9.71	12.000	5.080	20.268
0.6	-0.065	0.0600	9.91	12.000	5.080	20.268
0.8	-0.087	0.0800	10.30	12.000	5.080	20.268
1	-0.105	0.1000	10.59	12.000	5.080	20.268
1.2	-0.120	0.1200	10.68	12.000	5.080	20.268
1.4	-0.128	0.1400	10.86	12.000	5.080	20.268
1.6	-0.137	0.1600	11.24	12.000	5.080	20.268
1.8	-0.153	0.1800	11.22	12.000	5.080	20.268
2	-0.164	0.2000	11.60	12.000	5.080	20.268
2.2	-0.167	0.2200	11.78	12.000	5.080	20.268
2.4	-0.171	0.2400	11.76	12.000	5.080	20.268
2.6	-0.172	0.2600	11.83	12.000	5.080	20.268

Fuente: Ingeomat



**Tabla 29: Formato de Recolección para Ensayo de Corte Directo Calicata N°-2**



**INGEOMA**  
INGENIERIA GEOTECNICA Y MATERIALES E.I.R.L.

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
**NTP 339.159 (ASTM 3080-90, INVE 154-07)**

Proyecto: "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN"  
BACH , Christiaan

Solicita: Gutierrez Baca  
OROPESA-  
QUISPICANCHIS -

Ubicación: CUSCO

Fecha: julio-2017

Tipo de ensayo: CD = CONSOLIDADO DRENADO

Forma: Redonda

C	01
C-2	01

**DATOS DEL EQUIPO**

Diámetro 5.08  
o Lado D= cm  
20.27

Área A= cm<sup>2</sup>  
2.15

Altura H= cm  
43.58

Volumen V= cm<sup>3</sup>

**DATOS ADICIONALES**

84.43  
Peso= gr  
Peso unitario 2.56  
húmedo = gr/cm<sup>3</sup>  
Contenido de  
Humedad= 10.54%  
Peso unitario 2.54  
seco gr/cm<sup>3</sup>

**VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 4 KG**

DEFORM. HORIZON. mm	DEFORM. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	ÁREA cm <sup>2</sup>
0	0.000	0.0000	0.00	4.000	5.080	20.268
0.1	-0.003	0.0100	1.42	4.000	5.080	20.268
0.2	-0.004	0.0200	1.62	4.000	5.080	20.268
0.3	-0.004	0.0300	2.43	4.000	5.080	20.268
0.4	-0.004	0.0400	2.83	4.000	5.080	20.268
0.5	-0.004	0.0500	3.44	4.000	5.080	20.268
0.6	-0.004	0.0600	4.25	4.000	5.080	20.268
0.8	-0.004	0.0800	4.65	4.000	5.080	20.268
1	-0.004	0.1000	5.25	4.000	5.080	20.268
1.2	-0.004	0.1200	5.85	4.000	5.080	20.268
1.4	-0.004	0.1400	6.22	4.000	5.080	20.268
1.6	-0.004	0.1600	6.06	4.000	5.080	20.268
1.8	-0.004	0.1800	6.16	4.000	5.080	20.268
2	-0.004	0.2000	6.28	4.000	5.080	20.268
2.2	-0.004	0.2200	6.37	4.000	5.080	20.268

**VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 8 KG**


DEFORM. HORIZON. mm	DEFORM. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	ÁREA cm <sup>2</sup>
0	0.000	0.0000	0.000	8.000	5.080	20.268
0.1	-0.020	0.0100	3.445	8.000	5.080	20.268
0.2	-0.037	0.0200	4.052	8.000	5.080	20.268
0.3	-0.051	0.0300	5.063	8.000	5.080	20.268
0.4	-0.063	0.0400	5.871	8.000	5.080	20.268
0.5	-0.070	0.0500	6.880	8.000	5.080	20.268
0.6	-0.084	0.0600	7.270	8.000	5.080	20.268
0.8	-0.095	0.0800	7.370	8.000	5.080	20.268
1	-0.106	0.1000	7.450	8.000	5.080	20.268
1.2	-0.119	0.1200	7.550	8.000	5.080	20.268
1.4	-0.128	0.1400	7.660	8.000	5.080	20.268
1.6	-0.142	0.1600	7.770	8.000	5.080	20.268

**VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 12 KG**

DEFORMAC. HORIZON. mm	DEFORMAC. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	ÁREA cm <sup>2</sup>
0	0.000	0.0000	0.000	12.000	5.080	20.268
0.1	-0.003	0.0100	6.080	12.000	5.080	20.268
0.2	-0.009	0.0200	7.496	12.000	5.080	20.268
0.3	-0.021	0.0300	8.101	12.000	5.080	20.268
0.4	-0.035	0.0400	8.907	12.000	5.080	20.268
0.5	-0.052	0.0500	9.915	12.000	5.080	20.268
0.6	-0.065	0.0600	10.719	12.000	5.080	20.268
0.8	-0.087	0.0800	10.930	12.000	5.080	20.268
1	-0.105	0.1000	11.060	12.000	5.080	20.268
1.2	-0.120	0.1200	11.190	12.000	5.080	20.268
1.4	-0.128	0.1400	11.310	12.000	5.080	20.268

Fuente: Ingeomat

**Tabla 30: Formato de Recolección Para Ensayo de Corte Directo N°-1**



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**  
NTP 339.159 (ASTM 3080-90, INVE 154-07)

Proyecto: "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN"  
 BACH , Christiaan  
 Solicita: Gutierrez Baca  
 OROPESA-  
 QUISPICANCHIS -  
 Ubicación: CUSCO  
 Fecha: julio-2017  
 Tipo de ensayo: CD = CONSOLIDADO DRENADO  
 Forma: Redonda

C	01
C-1	01

**DATOS DEL EQUIPO**

Diámetro 5.08  
 o Lado D= cm  
 20.27  
 Área A= cm<sup>2</sup>  
 2.15  
 Altura H= cm  
 43.58  
 Volumen V= cm<sup>3</sup>

**DATOS ADICIONALES**

Peso= 80.17 gr  
 Contenido de Humedad= 16.18%

**VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 4 KG**

DEFORMAC. HORIZONTAL. mm	DEFORMAC. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	ÁREA cm <sup>2</sup>
0	0.000	0.0000	0.000	4.000	5.080	20.268
0.1	-0.003	0.0100	3.040	4.000	5.080	20.268
0.2	-0.004	0.0200	4.052	4.000	5.080	20.268
0.3	-0.004	0.0300	4.861	4.000	5.080	20.268
0.4	-0.004	0.0400	5.264	4.000	5.080	20.268
0.5	-0.004	0.0500	6.070	4.000	5.080	20.268
0.6	-0.004	0.0600	7.281	4.000	5.080	20.268
0.8	-0.004	0.0800	8.080	4.000	5.080	20.268
1	-0.004	0.1000	8.473	4.000	5.080	20.268
1.2	-0.004	0.1200	8.461	4.000	5.080	20.268
1.4	-0.004	0.1400	8.447	4.000	5.080	20.268
1.6	-0.004	0.1600	8.453	4.000	5.080	20.268

**VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 8 KG**

DEFORMAC. HORIZONTAL. mm	DEFORMAC. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	ÁREA cm <sup>2</sup>
0	0.000	0.0000	0.000	8.000	5.080	20.268
0.1	-0.020	0.0100	4.053	8.000	5.080	20.268
0.2	-0.037	0.0200	4.862	8.000	5.080	20.268
0.3	-0.051	0.0300	5.468	8.000	5.080	20.268
0.4	-0.063	0.0400	6.478	8.000	5.080	20.268
0.5	-0.070	0.0500	6.880	8.000	5.080	20.268
0.6	-0.084	0.0600	8.090	8.000	5.080	20.268
0.8	-0.095	0.0800	9.090	8.000	5.080	20.268
1	-0.106	0.1000	10.289	8.000	5.080	20.268
1.2	-0.119	0.1200	10.314	8.000	5.080	20.268
1.4	-0.128	0.1400	10.318	8.000	5.080	20.268
1.6	-0.142	0.1600	10.511	8.000	5.080	20.268

**VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 12 KG**

DEFORMAC. HORIZONTAL. mm	DEFORMAC. VERTICAL mm	DEF. cm	CARGA CORTANTE Kg	CARGA NORMAL Kg	Diam. cm	ÁREA cm <sup>2</sup>
0	0.000	0.0000	0.000	12.000	5.080	20.268
0.1	-0.003	0.0100	5.674	12.000	5.080	20.268
0.2	-0.009	0.0200	7.496	12.000	5.080	20.268
0.3	-0.021	0.0300	9.114	12.000	5.080	20.268
0.4	-0.035	0.0400	10.932	12.000	5.080	20.268
0.5	-0.052	0.0500	13.355	12.000	5.080	20.268
0.6	-0.065	0.0600	13.786	12.000	5.080	20.268
0.8	-0.087	0.0800	13.938	12.000	5.080	20.268
1	-0.105	0.1000	14.424	12.000	5.080	20.268
1.2	-0.120	0.1200	14.316	12.000	5.080	20.268
1.4	-0.128	0.1400	14.280	12.000	5.080	20.268
1.6	-0.137	0.1600	14.376	12.000	5.080	20.268

Fuente: Ingeomat

### 3.5.2.6. Recolección de Datos Para el Ensayo de Peso

#### Específico

- Primero se identificó el picnómetro con el que se va a trabajar, una vez que se identifica se llena el picnómetro con agua hasta la marca del volumen conocido.
- Luego se extrae una cantidad de material (suelo a ensayar) entre 50 a 100 gr aproximadamente.
- Se pone a secar la muestra en el horno durante el tiempo en que muestre que el peso sea constante, luego enfriar la muestra y se obtiene el peso de la muestra seca.
- Se coloca la muestra pesada dentro del picnómetro luego se llena de agua hasta las  $\frac{3}{4}$  partes de la capacidad del picnómetro.
- Se extrae el aire utilizando la bomba de vacíos, el tiempo depende del material y la potencia de la bomba.
- Luego de eliminar el aire se completa el volumen con agua destilada hasta la marca del picnómetro y se pesa el picnómetro que contiene el agua y el suelo.
- Se pesa el picnómetro más el agua que contiene esta.


FIGURA N° 45: Secado de la Muestra



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestra el formato de recolección de datos.

**Tabla 31: Formato de Recolección Para el Ensayo de Peso Específico**



INGENIERIA GEOTECNIA Y MATERIALES E.I.R.L.

**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.**  
 Urb. El Edén Lote C-3 , San Sebastián - Cusco, Telf.: 084 - 270342, Claro: 084-974279249, RPM: #998990111, Nextel: 947285580

Proyecto:  
 Ubicación:  
 Muestra: Alterada  
 Fecha:  
 Solicita:

**C**

**ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO**  
**ASTM D854-02 AASHTO T100-70**

	C-1	C-2	C-3
<b>Capacidad del Picnómetro</b>			
PESO DE PROBETA + AGUA + SUELO =(WBWS)			
PESO DE PROBETA + AGUA =(WBW)			
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO			
PESO RECIPIENTE			
PESO DEL SUELO SECO (WS)			
WS+WBW-WBWS			

### 3.6. PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS.

#### 3.6.1. DETERMINACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA

##### 3.6.1.1. Procesamiento para Regionalizar Precipitaciones

##### Máximas en 24 horas.

- Se procedió a calcular las distancias perpendiculares desde el centroide de la cuenca hacia las coordenadas de las estaciones pluviométricas.
- Se calculó el factor de corrección mediante la fórmula que se muestra lo cual se hace con el fin de poder determinar la precipitación máxima de la estación regionalizada.

$$FD = \frac{1}{L} \quad , \quad \frac{1}{L1} + \frac{1}{L2} + \frac{1}{L3} = 1$$

**Tabla 32: Regionalización de Precipitaciones Máximas por Distancia.**

ESTACIÓN	DISTANCIA EN (m)	FACTOR DE CORRECCIÓN POR DISTANCIA	
E1-CENTR-KAYRA	9858.00	0.40	
E2-CENTR-PISAC	16247.00	0.24	
E3-CENTR- CAY- CAY	11184.00	0.35	
		1.00	
ESTACIÓN	ESTACIÓN	ESTACIÓN	ESTACIÓN
GRANJA KAYRA	PISAC	CAY- CAY	REGIONALIZADA
PRECIPITACIÓN (MÁXIMA)	PRECIPITACIÓN (MÁXIMA)	PRECIPITACIÓN (MÁXIMA)	PRECIPITACIÓN (MÁXIMA)
26.50	24.00	14.80	21.75
37.60	15.00	28.10	28.72
22.60	23.50	16.20	20.55
48.50	20.40	24.60	33.18
39.60	28.40	18.90	29.54
34.60	20.50	14.60	24.08
31.30	31.50	22.00	28.05
47.00	21.60	23.00	32.30
35.90	24.40	19.00	27.11
19.30	27.70	21.60	22.16
25.50	36.60	28.50	29.27
31.00	26.20	21.50	26.46
26.70	27.50	25.70	26.54
39.10	28.80	43.70	38.22
30.80	25.20	20.20	25.68
27.80	23.00	20.46	24.03
51.60	30.00	49.10	45.45
32.90	28.10	50.10	37.82
27.90	38.70	30.20	31.35
27.80	38.30	27.40	30.22
41.20	39.20	35.40	38.66
29.80	33.60	40.30	34.45
47.00	29.30	20.70	33.37
27.20	36.60	39.50	33.85
35.60	21.83	26.50	29.02
PRECIPITACIÓN MÁXIMA			
51.6	39.2	50.1	45.45

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.1.2. Procesamiento Para Determinar la Precipitación Máxima.

La presente prueba consistió en determinar la precipitación máxima en 24 horas del período comprendido entre 1990-2014. De las estaciones pluviométricas de Pisac, Cay-Cay y Granja Kayra.

**Tabla 33: Precipitación Máxima en 24 horas de la Estación Pluviométrica de Cay-Cay.**

ESTACIÓN CAY-CAY			
AÑOS	PRECIPITACIÓN ANUAL	AÑOS	PRECIPITACIÓN ANUAL
1990	14.8	2002	25.7
1991	28.1	2003	43.7
1992	16.2	2004	20.2
1993	24.6	2005	20.46
1994	18.9	2006	49.1
1995	14.6	2007	50.1
1996	22	2008	30.2
1997	23	2009	27.4
1998	19	2010	35.4
1999	21.6	2011	40.3
2000	28.5	2012	20.7
2001	21.5	2013	39.5
		2014	26.5

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 34: Precipitación Máxima en 24 Horas Estación Pluviométrica de Kayra**

ESTACIÓN KAYRA			
AÑOS	PRECIPITACIÓN MÁXIMA	AÑOS	PRECIPITACIÓN MÁXIMA
1990	26.5	2002	26.7
1991	37.6	2003	39.1
1992	22.6	2004	30.8
1993	48.5	2005	27.8
1994	39.6	2006	51.6
1995	34.6	2007	32.9
1996	31.3	2008	27.9
1997	47	2009	27.8
1998	35.9	2010	41.2
1999	19.3	2011	29.8
2000	25.5	2012	47
2001	31	2013	27.2
		2014	35.6

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 35: Precipitación Máxima en 24 Horas Estación Pluviométrica de Pisac

ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA DE PISAC			
AÑOS	PRECIPITACIÓN ANUAL	AÑOS	PRECIPITACIÓN ANUAL
1990	24	2002	27.5
1991	15	2003	28.8
1992	23.5	2004	25.2
1993	20.4	2005	23
1994	28.4	2006	30
1995	20.5	2007	28.1
1996	31.5	2008	38.7
1997	21.6	2009	38.3
1998	24.4	2010	39.2
1999	27.7	2011	33.6
2000	36.6	2012	29.3
2001	26.2	2013	36.6
		2014	21.83

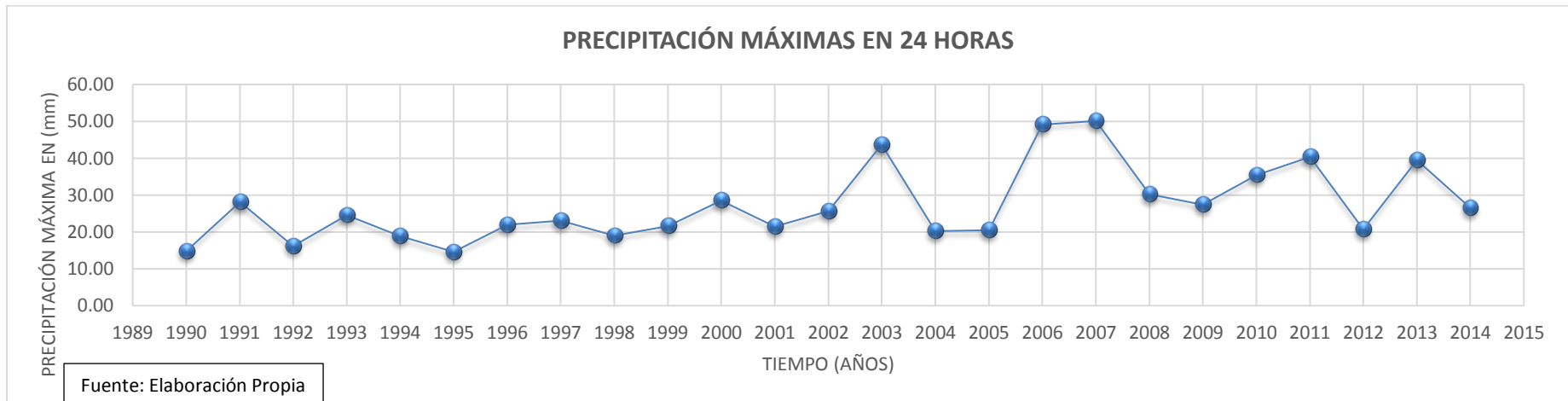
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 36: Precipitación Máxima en 24 Horas Estación Pluviométrica Regionalizada

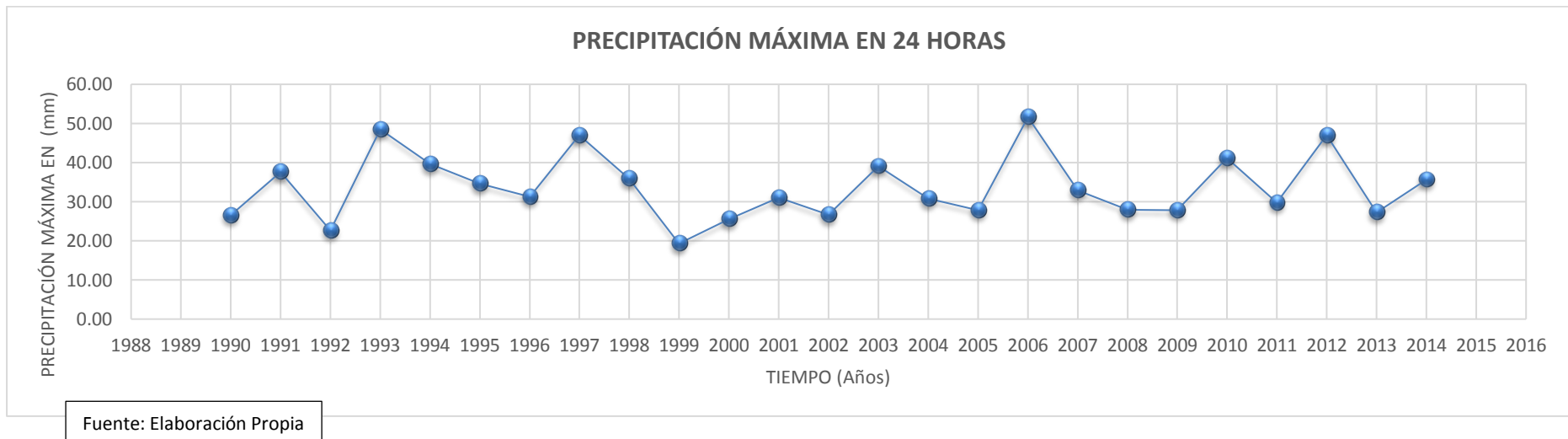
ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA REGIONALIZADA			
AÑOS	PRECIPITACIÓN ANUAL REGIONALIZADA	AÑOS	PRECIPITACIÓN ANUAL REGIONALIZADA
1990	21.75	2002	26.54
1991	28.72	2003	38.22
1992	20.55	2004	25.68
1993	33.18	2005	24.03
1994	29.54	2006	45.45
1995	24.08	2007	37.82
1996	28.05	2008	31.35
1997	32.30	2009	30.22
1998	27.11	2010	38.66
1999	22.16	2011	34.45
2000	29.27	2012	33.37
2001	26.46	2013	33.85
		2014	29.02

Fuente: Elaboración Propia

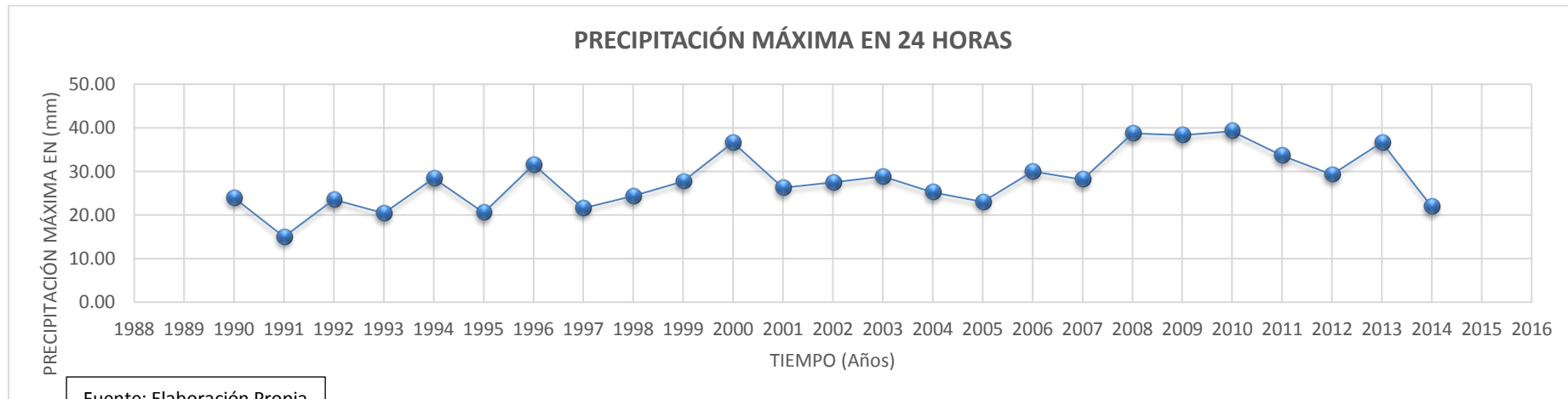
**FIGURA Nº 46: Precipitación Máxima en 24 horas Estación de Cay-Cay**



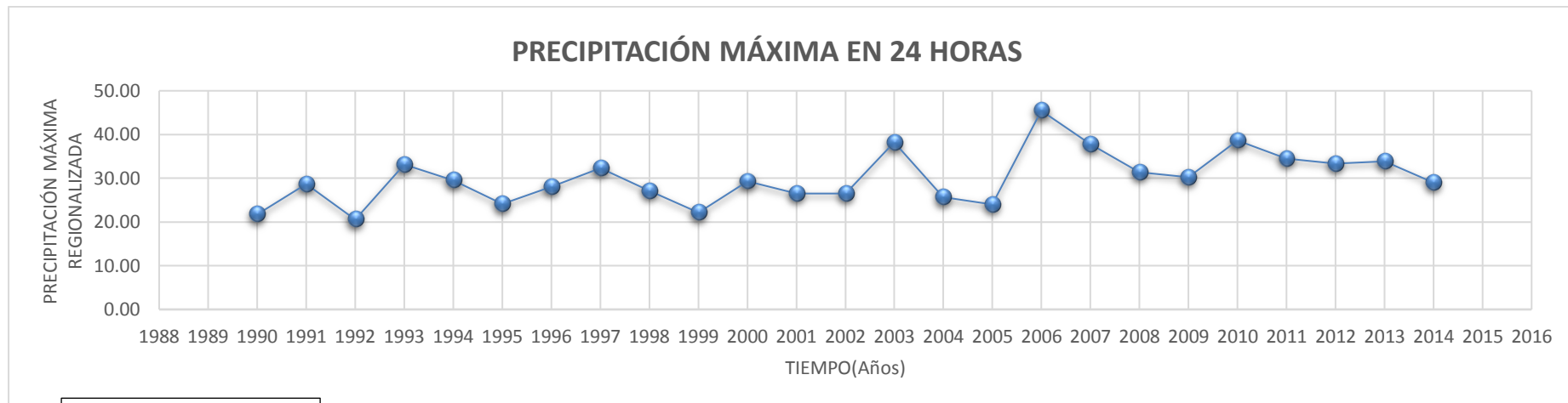
**FIGURA Nº 47: Precipitación Máxima en 24 Horas Estación Pluviométrica Kayra.**



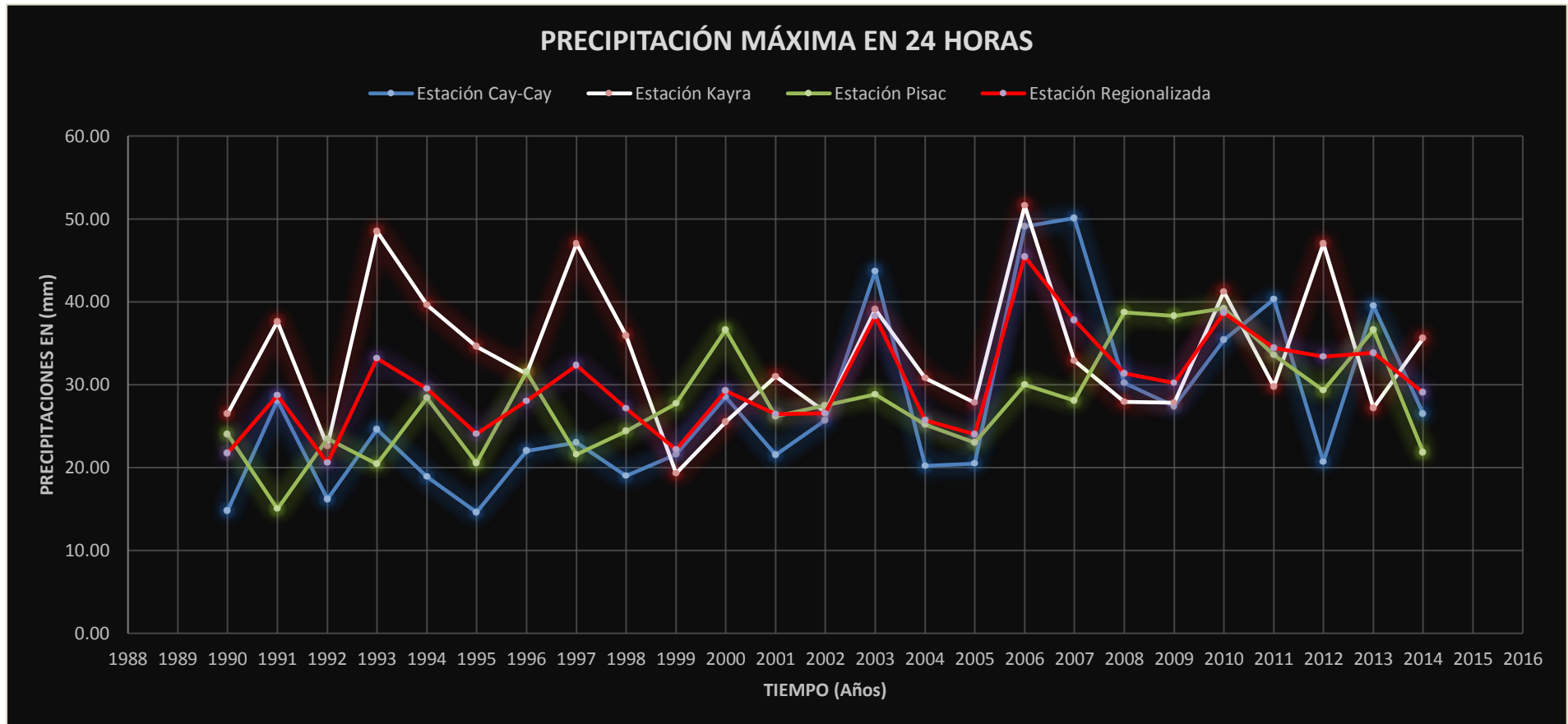
**FIGURA Nº 48 Precipitación Máxima en 24 Horas Estación Pluviométrica Pisac.**



**FIGURA Nº 49: Precipitación Máxima en 24 Horas Estación Pluviométrica Regionalizada.**



**FIGURA Nº 50: Comparación de las Precipitaciones Máximas de la Estación Regionalizada, con las Precipitaciones Máximas de las Estaciones Pluviométricas de (Kayra, Cay-Cay, Pisac).**



Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.1.3. Estimación de las Curvas Intensidad - Duración y Período de Retorno (IDT).

La presente prueba consiste en determinar la intensidad duración y período de retorno a partir de la Precipitación Máxima en 24 horas (Regionalizada).

**Tabla 37: Estimación de Curvas (IDT).**

AÑO	PRECIPITACIÓN ANUAL REGIONALIZADA (mm)	DURACIÓN EN MINUTOS					
		20	30	60	120	180	240
1990	21.75	7.47	8.26	9.82	11.68	12.93	13.89
1991	28.72	9.86	10.91	12.98	15.43	17.08	18.35
1992	20.55	7.06	7.81	9.29	11.04	12.22	13.13
1993	33.18	11.39	12.61	14.99	17.83	19.73	21.20
1994	29.54	10.14	11.22	13.34	15.87	17.56	18.87
1995	24.08	8.27	9.15	10.88	12.94	14.32	15.38
1996	28.05	9.63	10.66	12.67	15.07	16.68	17.93
1997	32.30	11.09	12.27	14.60	17.36	19.21	20.64
1998	27.11	9.31	10.30	12.25	14.57	16.12	17.32
1999	22.16	7.61	8.42	10.01	11.91	13.18	14.16
2000	29.27	10.05	11.12	13.22	15.73	17.40	18.70
2001	26.46	9.08	10.05	11.96	14.22	15.74	16.91
2002	26.54	9.11	10.08	11.99	14.26	15.78	16.96
2003	38.22	13.12	14.52	17.27	20.53	22.72	24.42
2004	25.68	8.82	9.76	11.60	13.80	15.27	16.41
2005	24.03	8.25	9.13	10.86	12.91	14.29	15.35
2006	45.45	15.60	17.27	20.53	24.42	27.02	29.04
2007	37.82	12.98	14.37	17.09	20.32	22.49	24.17
2008	31.35	10.76	11.91	14.16	16.84	18.64	20.03
2009	30.22	10.37	11.48	13.65	16.24	17.97	19.31
2010	38.66	13.27	14.69	17.47	20.77	22.99	24.70
2011	34.45	11.83	13.09	15.56	18.51	20.48	22.01
2012	33.37	11.45	12.68	15.08	17.93	19.84	21.32
2013	33.85	11.62	12.86	15.29	18.19	20.13	21.63
2014	29.02	9.96	11.02	13.11	15.59	17.25	18.54
Max Precipitación							
45.45 mm							

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38: Cálculo de la Duración en Minutos.

IMAX (mm/hr)					
DURACIÓN EN MINUTOS					
20	30	60	120	180	240
22.40	16.52	9.82	5.84	4.31	3.47
29.58	21.83	12.98	7.72	5.69	4.59
21.17	15.62	9.29	5.52	4.07	3.28
34.17	25.21	14.99	8.91	6.58	5.30
30.42	22.44	13.34	7.93	5.85	4.72
24.80	18.29	10.88	6.47	4.77	3.85
28.89	21.32	12.67	7.54	5.56	4.48
33.27	24.55	14.60	8.68	6.40	5.16
27.92	20.60	12.25	7.28	5.37	4.33
22.83	16.84	10.01	5.95	4.39	3.54
30.14	22.24	13.22	7.86	5.80	4.68
27.25	20.11	11.96	7.11	5.25	4.23
27.33	20.17	11.99	7.13	5.26	4.24
39.36	29.04	17.27	10.27	7.57	6.10
26.45	19.51	11.60	6.90	5.09	4.10
24.75	18.26	10.86	6.46	4.76	3.84
46.81	34.53	20.53	12.21	9.01	7.26
38.95	28.74	17.09	10.16	7.50	6.04
31.12	22.96	13.65	8.12	5.99	4.83
39.81	29.37	17.47	10.39	7.66	6.18
35.48	26.17	15.56	9.25	6.83	5.50
34.36	25.35	15.08	8.96	6.61	5.33
34.86	25.72	15.29	9.09	6.71	5.41
29.89	22.05	13.11	7.80	5.75	4.64

Fuente: Elaboración Propia

- Se ordena de mayor a menor los resultados obtenidos Intensidad Máximas (Imax) de la tabla N° 38 de duración en minutos.

A continuación se muestra la siguiente tabla con los datos ordenados, calculando el periodo de retorno y las intensidades.

**Tabla 39: Intensidades Máximas Ordenadas**

Nº de Orden	T (años)	IMAX					
		DURACIÓN EN MINUTOS					
		20	30	60	120	180	240
1	26	46.81	34.53	20.53	12.21	9.01	7.26
2	13	39.81	29.37	17.47	10.39	7.66	6.18
3	8.7	39.36	29.04	17.27	10.27	7.57	6.10
4	6.5	38.95	28.74	17.09	10.16	7.50	6.04
5	5.2	35.48	26.17	15.56	9.25	6.83	5.50
6	4.3	34.86	25.72	15.29	9.09	6.71	5.41
7	3.7	34.36	25.35	15.08	8.96	6.61	5.33
8	3.3	34.17	25.21	14.99	8.91	6.58	5.30
9	2.9	33.27	24.55	14.60	8.68	6.40	5.16
10	2.6	32.29	23.82	14.16	8.42	6.21	5.01
11	2.4	31.12	22.96	13.65	8.12	5.99	4.83
12	2.2	30.42	22.44	13.34	7.93	5.85	4.72
13	2.0	30.14	22.24	13.22	7.86	5.80	4.68
14	1.9	29.89	22.05	13.11	7.80	5.75	4.64
15	1.7	29.58	21.83	12.98	7.72	5.69	4.59
16	1.6	28.89	21.32	12.67	7.54	5.56	4.48
17	1.5	27.92	20.60	12.25	7.28	5.37	4.33
18	1.4	27.33	20.17	11.99	7.13	5.26	4.24
19	1.4	27.25	20.11	11.96	7.11	5.25	4.23
20	1.3	26.45	19.51	11.60	6.90	5.09	4.10
21	1.2	24.80	18.29	10.88	6.47	4.77	3.85
22	1.2	24.75	18.26	10.86	6.46	4.76	3.84
23	1.1	22.83	16.84	10.01	5.95	4.39	3.54
24	1.1	22.40	16.52	9.82	5.84	4.31	3.47
25	1.0	21.17	15.62	9.29	5.52	4.07	3.28

Fuente: Elaboración Propia

- Se reordena en tripletas en orden descendente tomando en cuenta lo siguiente datos de (Intensidad Máxima (mm/hr) –Tiempo (Años) - Duración (Min)).

**Tabla 40: Valores de Intensidad Máxima, Período de Retorno y Duración (Valores Ordenados de la Tabla 39).**

$\log(I_{max})=\log(k)+a \log(T)+b \log(D)$				$\log(I_{max})=\log(k)+a \log(T)+b \log(D)$			
	<i>y</i>	<i>x1</i>	<i>x2</i>		<i>y</i>	<i>x1</i>	<i>x2</i>
	<i>I(max)</i>	<i>T</i>	<i>D</i>		<i>I(max)</i>	<i>T</i>	<i>D</i>
<i>Nº</i>	<i>mm/hr</i>	<i>Años</i>	<i>min</i>	<i>Nº</i>	<i>mm/hr</i>	<i>Años</i>	<i>min</i>
1	46.81	26.00	20.00	76	7.86	2.00	120.00
2	34.53	26.00	30.00	77	5.80	2.00	180.00
3	20.53	26.00	60.00	78	4.68	2.00	240.00
4	12.21	26.00	120.00	79	29.89	1.86	20.00
5	9.01	26.00	180.00	80	22.05	1.86	30.00
6	7.26	26.00	240.00	81	13.11	1.86	60.00
7	39.81	13.00	20.00	82	7.80	1.86	120.00
8	29.37	13.00	30.00	83	5.75	1.86	180.00
9	17.47	13.00	60.00	84	4.64	1.86	240.00
10	10.39	13.00	120.00	85	29.58	1.73	20.00
11	7.66	13.00	180.00	86	21.83	1.73	30.00
12	6.18	13.00	240.00	87	12.98	1.73	60.00
13	39.36	8.67	20.00	88	7.72	1.73	120.00
14	29.04	8.67	30.00	89	5.69	1.73	180.00
15	17.27	8.67	60.00	90	4.59	1.73	240.00
16	10.27	8.67	120.00	91	28.89	1.63	20.00
17	7.57	8.67	180.00	92	21.32	1.63	30.00
18	6.10	8.67	240.00	93	12.67	1.63	60.00
19	38.95	6.50	20.00	94	7.54	1.63	120.00
20	28.74	6.50	30.00	95	5.56	1.63	180.00
21	17.09	6.50	60.00	96	4.48	1.63	240.00





22	10.16	6.50	120.00	97	27.92	1.53	20.00
23	7.50	6.50	180.00	98	20.60	1.53	30.00
24	6.04	6.50	240.00	99	12.25	1.53	60.00
25	35.48	5.20	20.00	100	7.28	1.53	120.00
26	26.17	5.20	30.00	101	5.37	1.53	180.00
27	15.56	5.20	60.00	102	4.33	1.53	240.00
28	9.25	5.20	120.00	103	27.33	1.44	20
29	6.83	5.20	180.00	104	20.17	1.4	30
30	5.50	5.20	240.00	105	11.99	1.4	60
31	34.86	4.33	20.00	106	7.13	1.4	120
32	25.72	4.33	30.00	107	5.26	1.4	180
33	15.29	4.33	60.00	108	4.24	1.4	240
34	9.09	4.33	120.00	109	27.25	1.4	20
35	6.71	4.33	180.00	110	20.11	1.4	30
36	5.41	4.33	240.00	111	11.96	1.4	60
37	34.36	3.71	20.00	112	7.11	1.4	120
38	25.35	3.71	30.00	113	5.25	1.4	180
39	15.08	3.71	60.00	114	4.23	1.4	240
40	8.96	3.71	120.00	115	26.45	1.3	20
41	6.61	3.71	180.00	116	19.51	1.3	30
42	5.33	3.71	240.00	117	11.60	1.3	60
43	34.17	3.25	20.00	118	6.90	1.3	120
44	25.21	3.25	30.00	119	5.09	1.3	180
45	14.99	3.25	60.00	120	4.10	1.3	240
46	8.91	3.25	120.00	121	24.80	1.2	20
47	6.58	3.25	180.00	122	18.26	1.2	30
48	5.30	3.25	240.00	123	10.88	1.2	60
49	33.27	2.89	20.00	124	6.47	1.2	120
50	24.55	2.89	30.00	125	4.77	1.2	180



51	14.60	2.89	60.00	126	3.85	1.2	240
52	8.68	2.89	120.00	127	24.75	1.2	20
53	6.40	2.89	180.00	128	18.26	1.2	30
54	5.16	2.89	240.00	129	10.86	1.2	60
55	32.29	2.60	20.00	130	6.46	1.2	120
56	23.82	2.60	30.00	131	4.76	1.2	180
57	14.16	2.60	60.00	132	3.84	1.2	240
58	8.42	2.60	120.00	133	22.8	1.1	20
59	6.21	2.60	180.00	134	16.84	1.1	30
60	5.01	2.60	240.00	135	10.01	1.1	60
61	31.12	2.36	20.00	136	5.95	1.1	120
62	22.96	2.36	30.00	137	4.39	1.1	180
63	13.65	2.36	60.00	138	3.54	1.1	240
64	8.12	2.36	120.00	139	22.40	1.1	20
65	5.99	2.36	180.00	140	16.52	1.1	30
66	4.83	2.36	240.00	141	9.82	1.1	60
67	30.42	2.17	20.00	142	5.84	1.1	120
68	22.44	2.17	30.00	143	4.31	1.1	180
69	13.34	2.17	60.00	144	3.47	1.1	240
70	7.93	2.17	120.00	145	21.17	1.0	20
71	5.85	2.17	180.00	146	15.62	1.0	30
72	4.72	2.17	240.00	147	9.29	1.0	60
73	30.14	2.00	20.00	148	5.52	1.0	120
74	22.24	2.00	30.00	149	4.07	1.0	180
75	13.22	2.00	60.00	150	3.28	1.0	240
				<b>Sumatoria</b>	<b>2156.27</b>	<b>595.19</b>	<b>16250.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se procede a tomar logaritmos a la ecuación general.

$$(I_{max} = kT^a D^b)$$

A partir de los valores obtenidos se plantea la ecuación lineal múltiple con 2 variables independientes, equivalente a:  $Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2$

Dónde:  $a_0, a_1, a_2$  son parámetros a estimar:

**Tabla 41: Estimación de Parámetros. (Extendiendo el Método de Mínimos Cuadrados, Caso Regresión Lineal Múltiple con 2 Variables Independientes).**

$\log(i_{max})$	$\log(T)$	$\log(D)$	$\log(T) \times \log(i_{max})$	$(\log(D))^2$			
$\Sigma(y)$	$\Sigma(x_1)$	$\Sigma(x_2)$	$\Sigma(x_1Y)$	$\Sigma(x_2)^2$	$\Sigma(x_1X_2)$	$\Sigma(x_2Y)$	$\Sigma(x_1)^2$
1.67	1.41	1.30	2.36	1.69	1.84	2.17	2.00
1.54	1.41	1.48	2.18	2.18	2.09	2.27	2.00
1.31	1.41	1.78	1.86	3.16	2.52	2.33	2.00
1.09	1.41	2.08	1.54	4.32	2.94	2.26	2.00
0.95	1.41	2.26	1.35	5.09	3.19	2.15	2.00
0.86	1.41	2.38	1.22	5.67	3.37	2.05	2.00
1.60	1.11	1.30	1.78	1.69	1.45	2.08	1.24
1.47	1.11	1.48	1.64	2.18	1.65	2.17	1.24
1.24	1.11	1.78	1.38	3.16	1.98	2.21	1.24
1.02	1.11	2.08	1.13	4.32	2.32	2.11	1.24
0.88	1.11	2.26	0.99	5.09	2.51	1.99	1.24
0.79	1.11	2.38	0.88	5.67	2.65	1.88	1.24
1.60	0.94	1.30	1.50	1.69	1.22	2.08	0.88
1.46	0.94	1.48	1.37	2.18	1.39	2.16	0.88
1.24	0.94	1.78	1.16	3.16	1.67	2.20	0.88
1.01	0.94	2.08	0.95	4.32	1.95	2.10	0.88
0.88	0.94	2.26	0.82	5.09	2.12	1.98	0.88
0.79	0.94	2.38	0.74	5.67	2.23	1.87	0.88
1.59	0.81	1.30	1.29	1.69	1.06	2.07	0.66
1.46	0.81	1.48	1.19	2.18	1.20	2.15	0.66
1.23	0.81	1.78	1.00	3.16	1.45	2.19	0.66
1.01	0.81	2.08	0.82	4.32	1.69	2.09	0.66
0.87	0.81	2.26	0.71	5.09	1.83	1.97	0.66
0.78	0.81	2.38	0.64	5.67	1.93	1.86	0.66
1.55	0.72	1.30	1.11	1.69	0.93	2.02	0.51
1.42	0.72	1.48	1.02	2.18	1.06	2.09	0.51
1.19	0.72	1.78	0.85	3.16	1.27	2.12	0.51
0.97	0.72	2.08	0.69	4.32	1.49	2.01	0.51
0.83	0.72	2.26	0.60	5.09	1.61	1.88	0.51
0.74	0.72	2.38	0.53	5.67	1.70	1.76	0.51
1.54	0.64	1.30	0.98	1.69	0.83	2.01	0.41



1.41	0.64	1.48	0.90	2.18	0.94	2.08	0.41
1.18	0.64	1.78	0.75	3.16	1.13	2.11	0.41
0.96	0.64	2.08	0.61	4.32	1.32	1.99	0.41
0.83	0.64	2.26	0.53	5.09	1.44	1.86	0.41
0.73	0.64	2.38	0.47	5.67	1.52	1.74	0.41
1.54	0.57	1.30	0.88	1.69	0.74	2.00	0.32
1.40	0.57	1.48	0.80	2.18	0.84	2.07	0.32
1.18	0.57	1.78	0.67	3.16	1.01	2.10	0.32
0.95	0.57	2.08	0.54	4.32	1.18	1.98	0.32
0.82	0.57	2.26	0.47	5.09	1.29	1.85	0.32
0.73	0.57	2.38	0.41	5.67	1.36	1.73	0.32
1.53	0.51	1.30	0.79	1.69	0.67	2.00	0.26
1.40	0.51	1.48	0.72	2.18	0.76	2.07	0.26
1.18	0.51	1.78	0.60	3.16	0.91	2.09	0.26
0.95	0.51	2.08	0.49	4.32	1.06	1.98	0.26
0.82	0.51	2.26	0.42	5.09	1.15	1.84	0.26
0.72	0.51	2.38	0.37	5.67	1.22	1.72	0.26
1.52	0.46	1.30	0.70	1.69	0.60	1.98	0.21
1.39	0.46	1.48	0.64	2.18	0.68	2.05	0.21
1.16	0.46	1.78	0.54	3.16	0.82	2.07	0.21
0.94	0.46	2.08	0.43	4.32	0.96	1.95	0.21
0.81	0.46	2.26	0.37	5.09	1.04	1.82	0.21
0.71	0.46	2.38	0.33	5.67	1.10	1.70	0.21
1.51	0.41	1.30	0.63	1.69	0.54	1.96	0.17
1.38	0.41	1.48	0.57	2.18	0.61	2.03	0.17
1.15	0.41	1.78	0.48	3.16	0.74	2.05	0.17
0.93	0.41	2.08	0.38	4.32	0.86	1.92	0.17
0.79	0.41	2.26	0.33	5.09	0.94	1.79	0.17
0.70	0.41	2.38	0.29	5.67	0.99	1.67	0.17
1.49	0.37	1.30	0.56	1.69	0.49	1.94	0.14
1.36	0.37	1.48	0.51	2.18	0.55	2.01	0.14
1.14	0.37	1.78	0.42	3.16	0.66	2.02	0.14
0.91	0.37	2.08	0.34	4.32	0.78	1.89	0.14
0.78	0.37	2.26	0.29	5.09	0.84	1.75	0.14
0.68	0.37	2.38	0.26	5.67	0.89	1.63	0.14
1.48	0.34	1.30	0.50	1.69	0.44	1.93	0.11
1.35	0.34	1.48	0.45	2.18	0.50	2.00	0.11
1.13	0.34	1.78	0.38	3.16	0.60	2.00	0.11
0.90	0.34	2.08	0.30	4.32	0.70	1.87	0.11
0.77	0.34	2.26	0.26	5.09	0.76	1.73	0.11
0.67	0.34	2.38	0.23	5.67	0.80	1.60	0.11
1.48	0.30	1.30	0.45	1.69	0.39	1.92	0.09
1.35	0.30	1.48	0.41	2.18	0.44	1.99	0.09
1.12	0.30	1.78	0.34	3.16	0.54	1.99	0.09



0.90	0.30	2.08	0.27	4.32	0.63	1.86	0.09
0.76	0.30	2.26	0.23	5.09	0.68	1.72	0.09
0.67	0.30	2.38	0.20	5.67	0.72	1.59	0.09
1.48	0.27	1.30	0.40	1.69	0.35	1.92	0.07
1.34	0.27	1.48	0.36	2.18	0.40	1.98	0.07
1.12	0.27	1.78	0.30	3.16	0.48	1.99	0.07
0.89	0.27	2.08	0.24	4.32	0.56	1.85	0.07
0.76	0.27	2.26	0.20	5.09	0.61	1.71	0.07
0.67	0.27	2.38	0.18	5.67	0.64	1.59	0.07
1.47	0.24	1.30	0.35	1.69	0.31	1.91	0.06
1.34	0.24	1.48	0.32	2.18	0.35	1.98	0.06
1.11	0.24	1.78	0.27	3.16	0.42	1.98	0.06
0.89	0.24	2.08	0.21	4.32	0.50	1.85	0.06
0.76	0.24	2.26	0.18	5.09	0.54	1.70	0.06
0.66	0.24	2.38	0.16	5.67	0.57	1.57	0.06
1.46	0.21	1.30	0.31	1.69	0.27	1.90	0.04
1.33	0.21	1.48	0.28	2.18	0.31	1.96	0.04
1.10	0.21	1.78	0.23	3.16	0.37	1.96	0.04
0.88	0.21	2.08	0.18	4.32	0.44	1.82	0.04
0.75	0.21	2.26	0.16	5.09	0.48	1.68	0.04
0.65	0.21	2.38	0.14	5.67	0.50	1.55	0.04
1.45	0.18	1.30	0.27	1.69	0.24	1.88	0.03
1.31	0.18	1.48	0.24	2.18	0.27	1.94	0.03
1.09	0.18	1.78	0.20	3.16	0.33	1.93	0.03
0.86	0.18	2.08	0.16	4.32	0.38	1.79	0.03
0.73	0.18	2.26	0.13	5.09	0.42	1.65	0.03
0.64	0.18	2.38	0.12	5.67	0.44	1.52	0.03
1.44	0.16	1.30	0.23	1.69	0.21	1.87	0.03
1.30	0.16	1.48	0.21	2.18	0.24	1.93	0.03
1.08	0.16	1.78	0.17	3.16	0.28	1.92	0.03
0.85	0.16	2.08	0.14	4.32	0.33	1.77	0.03
0.72	0.16	2.26	0.12	5.09	0.36	1.63	0.03
0.63	0.16	2.38	0.10	5.67	0.38	1.49	0.03
1.44	0.14	1.30	0.20	1.69	0.18	1.87	0.02
1.30	0.14	1.48	0.18	2.18	0.20	1.93	0.02
1.08	0.14	1.78	0.15	3.16	0.24	1.92	0.02
0.85	0.14	2.08	0.12	4.32	0.28	1.77	0.02
0.72	0.14	2.26	0.10	5.09	0.31	1.62	0.02
0.63	0.14	2.38	0.09	5.67	0.32	1.49	0.02
1.42	0.11	1.30	0.16	1.69	0.15	1.85	0.01
1.29	0.11	1.48	0.15	2.18	0.17	1.91	0.01
1.06	0.11	1.78	0.12	3.16	0.20	1.89	0.01
0.84	0.11	2.08	0.10	4.32	0.24	1.74	0.01
0.71	0.11	2.26	0.08	5.09	0.26	1.59	0.01
0.61	0.11	2.38	0.07	5.67	0.27	1.46	0.01



1.39	0.09	1.30	0.13	1.69	0.12	1.81	0.01
1.26	0.09	1.48	0.12	2.18	0.14	1.86	0.01
1.04	0.09	1.78	0.10	3.16	0.16	1.84	0.01
0.81	0.07	2.08	0.06	4.32	0.15	1.69	0.01
0.68	0.09	2.26	0.06	5.09	0.21	1.53	0.01
0.58	0.09	2.38	0.05	5.67	0.22	1.39	0.01
1.39	0.07	1.30	0.10	1.69	0.09	1.81	0.01
1.26	0.07	1.48	0.09	2.18	0.11	1.86	0.01
1.04	0.07	1.78	0.08	3.16	0.13	1.84	0.01
0.81	0.07	2.08	0.06	4.32	0.15	1.68	0.01
0.68	0.07	2.26	0.05	5.09	0.16	1.53	0.01
0.58	0.07	2.38	0.04	5.67	0.17	1.39	0.01
1.36	0.05	1.30	0.07	1.69	0.07	1.77	0.00
1.23	0.03	1.48	0.04	2.18	0.05	1.81	0.00
1.00	0.05	1.78	0.05	3.16	0.09	1.78	0.00
0.77	0.05	2.08	0.04	4.32	0.11	1.61	0.00
0.64	0.05	2.26	0.03	5.09	0.12	1.45	0.00
0.55	0.05	2.38	0.03	5.67	0.13	1.31	0.00
1.35	0.03	1.30	0.05	1.69	0.05	1.76	0.00
1.22	0.03	1.48	0.04	2.18	0.05	1.80	0.00
0.99	0.03	1.78	0.03	3.16	0.06	1.76	0.00
0.77	0.03	2.08	0.03	4.32	0.07	1.59	0.00
0.63	0.03	2.26	0.02	5.09	0.08	1.43	0.00
0.54	0.03	2.38	0.02	5.67	0.08	1.29	0.00
1.33	0.02	1.30	0.02	1.69	0.02	1.72	0.00
1.19	0.02	1.48	0.02	2.18	0.03	1.76	0.00
0.97	0.02	1.78	0.02	3.16	0.03	1.72	0.00
0.74	0.02	2.08	0.01	4.32	0.04	1.54	0.00
0.61	0.02	2.26	0.01	5.09	0.04	1.38	0.00
0.52	0.02	2.38	0.01	5.67	0.04	1.23	0.00
<b>SUMATORIA TOTAL DE CADA COLUMNA</b>							
$\Sigma(y)$	$\Sigma(x1)$	$\Sigma(x2)$	$\Sigma(x1Y)$	$\Sigma(x2)^2$	$\Sigma(x1X2)$	$\Sigma(x2Y)$	$\Sigma(x1)^2$
157.48	61.06	281.77	68.28	552.78	114.71	278.23	43.79

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 42: Planteó de Ecuaciones Para Determinar los Parámetros (k, a, b).

$\Sigma y$	$\Sigma x_1$	$\Sigma x_2$	$\Sigma x_1 Y$	$\Sigma (x_2)^2$	$\Sigma x_1 X_2$	$\Sigma x_2 Y$	$\Sigma (x_1)^2$
157.48	61.06	281.77	68.28	552.78	114.71	278.23	43.79
$\Sigma \log(\text{ima } x)$	$\Sigma \log(T)$	$\Sigma \log(D)$	$\Sigma \log(T) \times \log(\text{ima } x)$	$\Sigma (\log(D))^2$			
<b>ECUACIONES DE MÍNIMOS CUADRADOS</b>							
157.48 =	a0 (150)	+	a1 (61.06)	+	a2 (281.77)		
68.28 =	a0 (61.06)	+	a1 (43.79)	+	a2 (114.71)		
278.23 =	a0 (281.77)	+	a1 (114.71)	+	a2 (552.78)		
<b>SOLUCIÓN DE LAS ECUACIONES (MÍNIMOS CUADRADOS) POR MEDIO DE MATRICES</b>							
$\begin{pmatrix} 157.48 \\ 68.28 \\ 278.23 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 150 & 61.06 & 281.77 \\ 61.06 & 43.79 & 114.71 \\ 281.77 & 114.71 & 552.78 \end{pmatrix} \begin{matrix} K=10^{(a_0)} \\ a=a_1 \\ b=a_2 \end{matrix}$							
<b>(m) Se Procede a Calcular la Determinante de los Coeficientes.</b>							
<b>m= 66,628.89</b>							
<b>DETERMINANTE DE K.</b>							
$\begin{pmatrix} 157.48 & 61.06 & 281.77 \\ 68.28 & 43.79 & 114.71 \\ 278.23 & 114.71 & 552.78 \end{pmatrix}$					A0=2.369		
<b>157837.8</b>					K= 233.83		
<b>DETERMINANTE DE a.</b>							
$\begin{pmatrix} 150 & 157.48 & 281.77 \\ 61.06 & 68.28 & 114.71 \\ 281.77 & 278.23 & 552.78 \end{pmatrix}$					a= 0.221		
<b>14707.52</b>							
<b>DETERMINANTE DE b.</b>							
$\begin{pmatrix} 150 & 61.06 & 157.48 \\ 61.06 & 43.79 & 68.28 \\ 281.77 & 114.71 & 278.23 \end{pmatrix}$					b= -0.750		
<b>-49972.8</b>							

Fuente: Elaboración Propia



**Tabla 43: Determinación de la Ecuación que relaciona la Intensidad Máxima con el Período de Retorno y la Duración Para la Estación Regionalizada.**

<b>CÁLCULO DE LAS CURVAS I-D-T</b>						
<b><i>I</i><sub>max</sub>=</b>	<b>233.83</b>	<b>*T<sup>^</sup></b>	<b>0.221</b>	<b>*D<sup>^</sup></b>	<b>-0.750</b>	
INTENSIDADES MÁXIMAS EN (mm/Hr)						
<b>DURACIÓN</b>	<b>Período de Retorno T (Años)</b>					
<b>Min (D)</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>500</b>
10	59.3	69.1	80.6	98.6	114.9	163.9
20	35.3	41.1	47.9	58.6	68.3	97.5
30	26.0	30.3	35.3	43.3	50.4	71.9
40	21.0	24.4	28.5	34.9	40.6	58.0
50	17.7	20.7	24.1	29.5	34.4	49.0
60	15.5	18.0	21.0	25.7	30.0	42.8
70	13.8	16.1	18.7	22.9	26.7	38.1
80	12.5	14.5	16.9	20.7	24.2	34.5
90	11.4	13.3	15.5	19.0	22.1	31.5
100	10.5	12.3	14.3	17.5	20.4	29.2
110	9.8	11.4	13.3	16.3	19.0	27.1
120	9.2	10.7	12.5	15.3	17.8	25.4
<b>27.90</b>	<b>27.5</b>	<b>32.00</b>	<b>37.30</b>	<b>45.70</b>	<b>53.20</b>	<b>75.90</b>

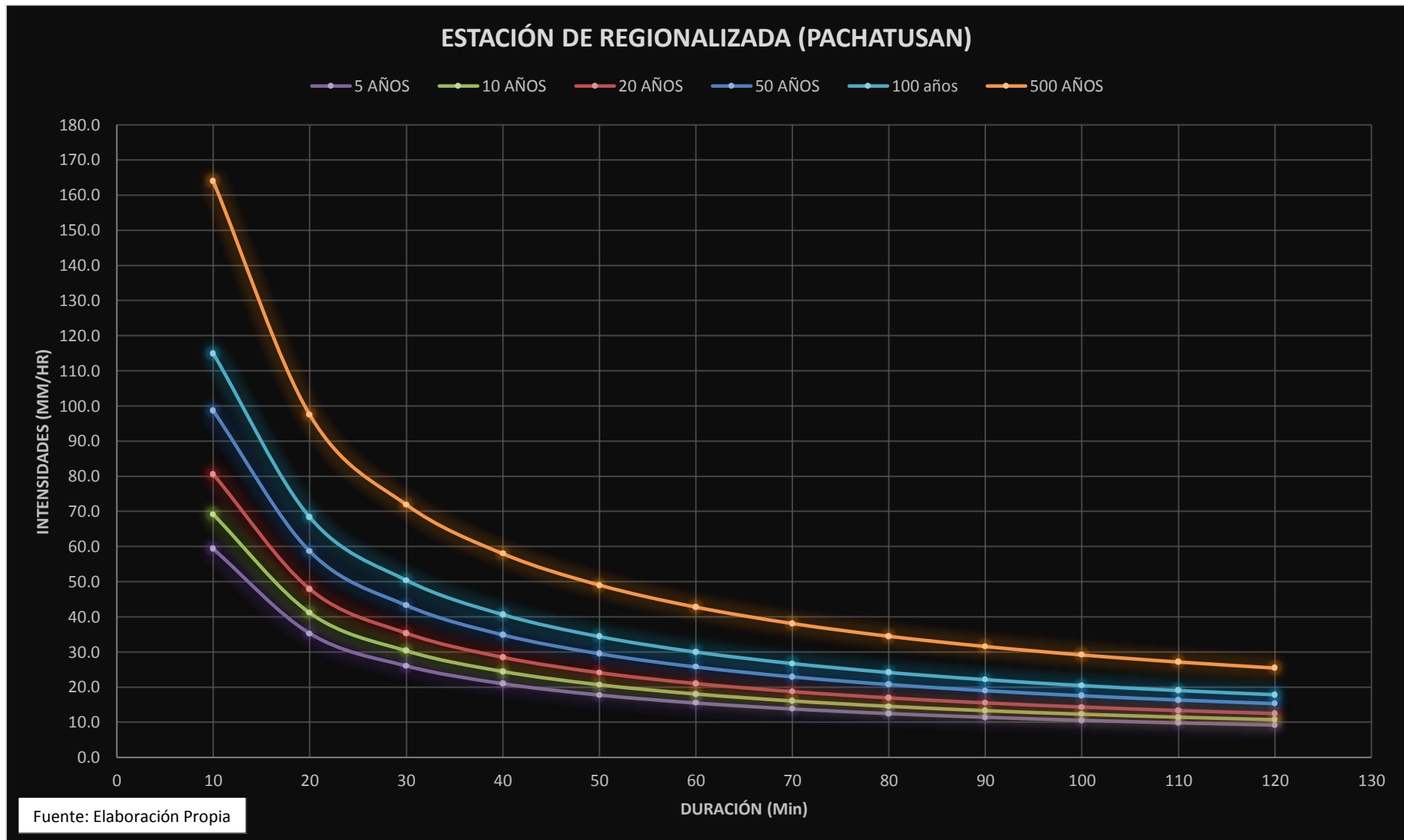
Fuente: Elaboración Propia

\*27.90= Duración Igual al Tiempo de Concentración

$$I_{Max} = 233.83T^{0.221}D^{0.75}$$

..... Ecuación que relaciona la Intensidad Máxima con el Período de Retorno y la Duración para la Estación Regionalizada

FIGURA Nº 51: Curva (IDT) de la Estación Regionalizada.



### 3.6.1.4. Determinación de del Hietograma Para Diferentes Períodos de Retorno a Partir de las Curvas (IDT)

Una vez obtenido las curvas de intensidad duración y período de retorno (IDT) se procedió a determinar los diferentes hietogramas para períodos de retorno de 50, 100, 500 años, que a continuación se muestra.

- De la tabla 43 se obtiene los datos de intensidad correspondiente al período de retorno de 50, 100, 500 años.
- Así como también se obtiene las duraciones min correspondientes.
- Se convierte las duraciones en min a duraciones en Hr.
- Se multiplica las duraciones hr por las intensidades mm/hr y así obtener la precipitación en mm.
- Se obtiene las precipitaciones para cada intervalo de duraciones.
- Se aplica el método del bloque alterno presentado por (Chow, Maidment, & Mays, 2000)
  - En el centro se coloca la precipitación del intervalo más lluvioso
  - A la derecha se coloca la precipitación del segundo intervalo más lluvioso
  - A la izquierda se coloca la precipitación del tercer intervalo más lluvioso
  - A la derecha se coloca la precipitación del cuarto intervalo más lluvioso y así sucesivamente.

**Tabla 44: Hietograma Para el Período de Retorno de 50 Años.**

HIETOGRAMA					
PERÍODO DE RETORNO:			50	AÑOS	
DURACIÓN		INTENSIDAD	PRECIPITACIÓN	Δ P	HIETOGRAMA
Min (D)	Hr (D)	(mm/hr)	(mm)	(mm)	
10	0.167	98.61	16.43	16.43	0.70
20	0.333	58.63	19.54	3.11	0.83
30	0.500	43.26	21.63	2.08	1.01
40	0.667	34.86	23.24	1.61	1.33
50	0.833	29.49	24.58	1.33	2.08
60	1.000	25.72	25.72	1.15	16.43
70	1.167	22.91	26.73	1.01	3.11
80	1.333	20.73	27.64	0.91	1.01
90	1.500	18.98	28.47	0.83	0.91
100	1.667	17.53	29.22	0.76	0.76
110	1.833	16.33	29.93	0.70	0.70
120	2.000	15.29	30.59	0.66	0.66
27.90	0.47	45.68	21.24		

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 45: Hietograma Para el Período de Retorno de 100 Años.**

HIETOGRAMA					
PERÍODO DE RETORNO:			100	AÑOS	
DURACIÓN		INTENSIDAD	PRECIPITACIÓN	$\Delta P$	HIETOGRAMA
Min (D)	Hr (D)	(mm/hr)	(mm)	(mm)	
10	0.167	114.91	19.15	19.15	0.82
20	0.333	68.33	22.78	3.62	0.96
30	0.500	50.41	25.21	2.43	1.18
40	0.667	40.63	27.08	1.88	1.55
50	0.833	34.37	28.64	1.55	2.43
60	1.000	29.97	29.97	1.34	19.15
70	1.167	26.70	31.15	1.18	3.62
80	1.333	24.16	32.21	1.06	1.18
90	1.500	22.11	33.17	0.96	1.06
100	1.667	20.43	34.06	0.89	0.89
110	1.833	19.02	34.88	0.82	0.82
120	2.000	17.82	35.64	0.77	0.77
27.90	0.47	53.23	24.75		

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 46: Hietograma Para el Período de Retorno de 500 Años.**

HIETOGRAMA					
PERÍODO DE RETORNO:			500	AÑOS	
DURACIÓN		INTENSIDAD	PRECIPITACIÓN	$\Delta P$	HIETOGRAMA
Min (D)	Hr (D)	(mm/hr)	(mm)	(mm)	
10	0.167	163.93	27.32	27.32	1.17
20	0.333	97.47	32.49	5.17	1.37
30	0.500	71.91	35.96	3.47	1.68
40	0.667	57.96	38.64	2.68	2.22
50	0.833	49.03	40.85	2.22	3.47
60	1.000	42.76	42.76	1.91	27.32
70	1.167	38.09	44.44	1.68	5.17
80	1.333	34.46	45.95	1.51	1.68
90	1.500	31.55	47.32	1.37	1.51
100	1.667	29.15	48.58	1.26	1.26
110	1.833	27.14	49.75	1.17	1.17
120	2.000	25.42	50.85	1.09	1.09
27.90	0.47	75.94	35.31		

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.2. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS DE LA CUENCA.

#### 3.6.2.1. Procesamiento y/o Cálculos Para Determinar la Curva Hipsométrica y la Curva de Frecuencia de Altitudes.

Una vez obtenidos los datos que contiene la columna N° 1 (intervalo de altitudes), así como la columna N° 2 (superficie en m<sup>2</sup>) se procede a:

- Calcular la superficie en km<sup>2</sup> (columna N° 3), teniendo en cuenta los datos de la columna N°2.
- Realizar la sumatoria acumula de las superficies parciales de la Columna N°4, utilizando los datos de la columna N°3.
- Determinar la marca de clase, el cual es el punto intermedio de los extremos de cada intervalo de altitudes Columna N°5.
- Se determina el área de la cuenca que se encuentra por debajo del intervalo de altitudes que se analiza columna N°6.
- Se determina el % de área que se encuentra dentro del intervalo de altitudes que se analiza, columna N° 7.
- Se procede a calcular el área acumulada en %. Columna N ° 8.
- Se procede a calcular la marca de clase por área  $((N^{\circ}5 * N^{\circ}7)/100)$ . Columna N° 9.
- Se calcula el % del total que queda sobre el intervalo de altitudes analizadas Columna N° 10.
- Se procede a graficar la curva hipsométrica columna N°1 vs Columna N° 2.
- Se procede a calcular la curva de frecuencia de altitudes columna N° 1 vs Columna N° 3.

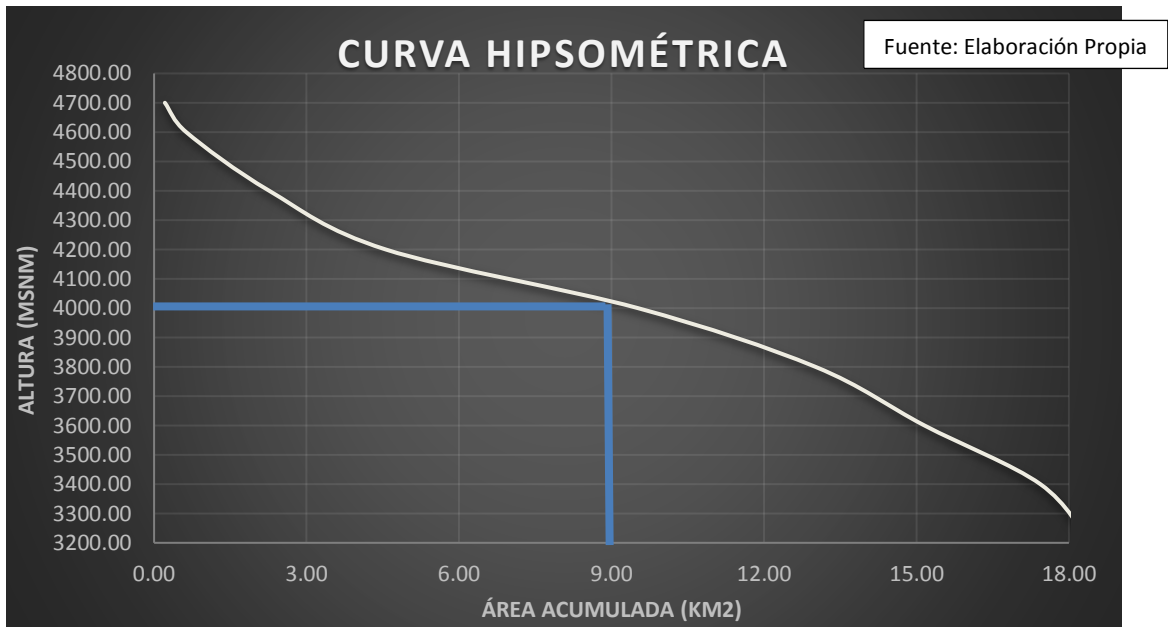


Tabla 47: Determinación de las Curvas Características de la Cuenca Pachatusan.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO										
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA										
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL										
TESIS										
"DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LA ZONA ALEDAÑA AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN"										
NOMBRE: <b>BACH: Christiaan Gutierrez Baca</b>										Fecha: 03/20/2017
ZONA: <b>Pachatusan</b>										
EQUIPOS: <b>1 KM2= 1'000,000 m2</b>										
CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA PACHATUSAN										
1		2	3	4	5	6	7	8	9	
ALTITUDES (INTERVALO)		SUPERFICIE (m2)	SUPERFICIE (km2)	ÁREA ACUMULADA	MARCA DE CLASE	ÁREAS QUE QUEDAN DEBAJO DE LAS ALTITUDES	% DE ÁREA	% DE ÁREA ACUMULADA	MARCA DE CLASE POR ÁREA	% DEL TOTAL QUE QUEDA DEBAJO DE LAS ALTITUDES
				0.00		18.54				100.00
4700.00	4850.00	212763.04	0.21	0.21	4775	18.33	1.15	1.15	54.79	98.85
4600.00	4700.00	418994.61	0.42	0.63	4650	17.91	2.26	3.41	105.07	96.59
4400.00	4600.00	1634568.14	1.63	2.27	4500	16.28	8.82	12.22	396.68	87.78
4200.00	4400.00	2290824.98	2.29	4.56	4300	13.99	12.35	24.58	531.23	75.42
4000.00	4200.00	4963150.01	4.96	9.52	4100	9.02	26.77	51.34	1097.39	48.66
3800.00	4000.00	3491701.96	3.49	13.01	3900	5.53	18.83	70.17	734.38	29.83
3600.00	3800.00	2145972.12	2.15	15.16	3700	3.38	11.57	81.75	428.20	18.25
3400.00	3600.00	2280606.21	2.28	17.44	3500	1.10	12.30	94.04	430.47	5.96
3200.00	3400.00	972538.97	0.97	18.41	3300	0.13	5.24	99.29	173.08	0.71
3150.00	3200.00	131822.47	0.13	18.54	3175	0.00	0.71	100.00	22.57	0.00
<b>ÁREA</b>		<b>18542942.50</b>	18.54	KM2						
<b>PERÍMETRO</b>			19.39	KM						

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 52: Curva Hipsométrica



- De acuerdo a la gráfica que muestra la **CURVA HIPSOMÉTRICA** se deduce que el río Pachatusan se encuentra en la fase de madurez con potencial de erosión y sedimentación media.

FIGURA Nº 53: Curva de Frecuencia de Altitudes.

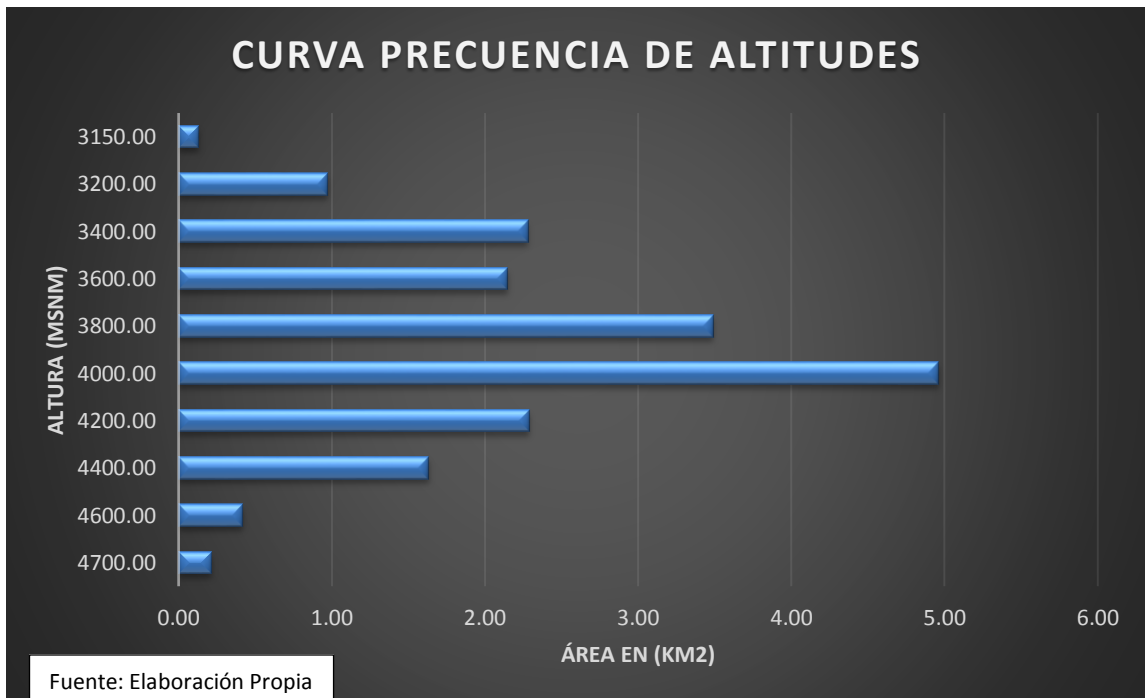


Tabla 48: Características Fisiográficas

<b>ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA</b>	4020.00	msnm	La altitud media de la cuenca nos da el indicativo que el 50% de la cuenca se encuentra por debajo de los 4020 msnm.
<b>ALTITUD MÁS FRECUENTE (%)</b>	26.77	%	Este valor muestra que el 26.77% del total del área de la cuenca se encuentra dentro del intervalo de altitudes de (4000-4200 msnm).
<b>ALTITUD DE FRECUENCIA 1/2</b>	4020.00	msnm	La altitud de frecuencia media (1/2) nos indica la elevación media de la cuenca cuyo valor es 4020 msnm
<b>RECTÁNGULO EQUIVALENTE</b>			
L MAYOR	6.483	Km	
L MENOR	2.224	Km	
$LE = \frac{KC\sqrt{A}}{1.1284} \left( 1 \pm \sqrt{\frac{1.1284}{KC}} \right)$			
<b>FACTOR FORMA</b>	0.441		Este valor nos indica la relación existente entre el ancho promedio y la longitud de la cuenca.
L=LONGITUD	6.483	km	
<b>PENDIENTE DE LA CUENCA</b>	11.022	%	Este valor nos da el indicativo que la pendiente de la cuenca es de 11.02 %. Es un factor que guarda relación con el tiempo de escurrimiento y concentración.

Fuente: Elaboración Propia



**CÁLCULO DE LA PENDIENTE DE CAUCE CON LA FÓRMULA DE (TAYLOR SCHWARZ)**

Nº TRAMOS	PROGRESIVA	COTA	DESNIVEL	(S) PENDIENTE TRAMO		1/(s^0.5)
1	0.00	3150				
2	381.49	3200	50.00	0.13		2.76
3	578.74	3250	50.00	0.09		3.40
4	418.06	3300	50.00	0.12		2.89
5	427.20	3350	50.00	0.12		2.92
6	332.55	3400	50.00	0.15		2.58
7	297.13	3450	50.00	0.17		2.44
8	376.71	3500	50.00	0.13		2.74
9	340.70	3550	50.00	0.15		2.61
10	358.68	3600	50.00	0.14		2.68
11	242.99	3650	50.00	0.21		2.20
12	350.17	3700	50.00	0.14		2.65
13	402.64	3750	50.00	0.12		2.84
14	322.99	3800	50.00	0.15		2.54
15	179.31	3850	50.00	0.28		1.89
16	199.71	3900	50.00	0.25		2.00
17	508.13	3950	50.00	0.10		3.19
18	135.45	4000	50.00	0.37		1.65
19	630.38	4050	50.00	0.08		3.55
20	510.71	4100	50.00	0.10		3.20
21	146.09	4150	50.00	0.34		1.71
				SUMA TOTAL		52.44
	<b>s=0.1604</b>					
<b>PENDIENTE DE CAUCE</b>	<b>16.04</b>	%	Este valor de acuerdo a (Villón Béjar, 2002) se aproxima más a la realidad y su valor es de 16.04%.			
Cota Mayor Cauce	<b>4150.00</b>	msnm				
Cota Menor Cauce	<b>3150.00</b>	msnm				
Longitud de Cauce	<b>7117.62</b>	m				

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.2.2. Procesamiento y/o Cálculos para Determinar Caudales Máximos.

#### 3.6.2.2.1. Cálculo de Caudal Para el Período de Retorno de 50 Años

Tabla 49: Método del Número de Curva Para Cálculo de Caudal.

<b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b>		
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b>		
<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>		
<b>TESIS</b>		
<b>"DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LA ZONA ALEDAÑA AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN"</b>		
<b>PROYECTO:</b>	<b>CUENCA PACHATUSAN</b>	<b>Fecha:</b> 12/06/2016
<b>MÉTODO DEL NÚMERO DE CURVA PARA CÁLCULO DE CAUDAL (PARÁMETROS)</b>		
<p>a. SE CALCULÓ LA ESCORRENTÍA TOTAL ACUMULADA</p> $Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$		
<p>b. SE CALCULÓ LA INFILTRACIÓN POTENCIAL MÁXIMA</p> $S = \frac{2540}{N} - 25.4 \text{ (cm)}$		
<p>1. Combinando y sustituyendo las anteriores fórmulas se obtiene lo siguiente:</p>		
<b>CÁLCULO DE LA ESCORRENTÍA ACUMULADA EN (cm)</b>		
$Q = \frac{(N(P+5.08) - 508)^2}{N(N(P-20.32) + 2032)}$		
Q= ESCORRENTÍA TOTAL ACUMULADA (cm)	0.05	cm
P= PRECIPITACIÓN DE LA TORMENTA, EN CM	2.12	cm
N= NÚMERO DE CURVA	89.00	
NÚMERO DE CURVA DE ACUERDO A LA CONDICIÓN HIDROLÓGICA		
<p>2. Se debe de cumplir lo siguiente</p> $P > \frac{508}{N} - 5.08$		
2.12 > 0.62		

Fuente: Elaboración Propia

<b>CÁLCULO DEL NÚMERO DE CURVA (N) PARA DIFERENTES PRÁCTICAS AGRÍCOLAS, DIFERENTES CONDICIONES HIDROLÓGICAS Y GRUPO HIDROLÓGICO DE SUELOS</b>					
Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a=0.2s$ )					
DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA		GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
		A	B	C	D
Tierra cultivada:	Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
	Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales	Condiciones pobres	68	79	86	89
	Condiciones óptimas	39	61	74	80
vegas de río	Condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques	Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierba.	45	66	77	83
	Cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.	Óptimas condiciones	39	61	74	80
	Condiciones aceptables	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
distritos industriales: (72% impermeables )		81	88	91	93
residencial 3					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable 4				
1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.		98	98	98	98
Calles carreteras					
	Pavimentados con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
	Grava	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

1. Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse a Soil Conservation Service, 1972, cap. 9

2. una buena cubierta está protegida del pastizales, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo

3. Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los accesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.

4. Las áreas permeables restantes (césped) se consideran como pastizales en buena condición para estos números de curva.

5. En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.

**$I_a=0.2 s$  Para una condición de humedad antecedente promedio (CHA II)**

FUENTE: (Chow, Maidment, & Mays, 2000)

**LA CUENCA TIENE LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS LAS CUALES SON:**

USO DE LA TIERRA CON PASTOS : **PASTIZALES**

CONDICIÓN HIDROLÓGICA : **POBRE**

GRUPO HIDROLÓGICO DE SUELO: **D**

**SE CALCULÁ EL NÚMERO DE CURVA**

CHA -II - N(II) = 89

**ESTIMAR EL VALOR DE ESCURRIMIENTO, PARA UN CHA III**

**CHA III NOS INDICA QUE HAY MÁXIMO POTENCIAL DE ESCURRIMIENTO. (LA CUENCA ESTA SATURADA).**

**N PARA UN (CHA III)**

<b>N(III)=</b> <span style="background-color: #FF0000; color: white; padding: 2px 10px;">94.90</span> EQUIVALENTE	FÓRMULA	TABLA N° 5
	95	96

<b>Q= ESCORRENTÍA TOTAL ACUMULADA (cm)</b>	<b>1.08</b>	cm
<b>P= PRECIPITACIÓN MÁXIMA , EN (cm)</b>	<b>2.12</b>	cm
<b>N= NÚMERO DE CURVA</b>	<b>95</b>	

2. Se debe de cumplir lo siguiente

$$P > \frac{508}{N} - 5.08$$

<b>2.12</b>	<b>&gt;</b>	<b>0.26</b>	<b>176.38</b>	<b>&gt;</b>	<b>0</b>
-------------	-------------	-------------	---------------	-------------	----------

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 50: Cálculo de Tiempo de Concentración por Distintas Fórmulas Empíricas.**

<b>CÁLCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN</b>			
<b>DE ACUERDO A US. SOIL CONSERVATION SERVICE, SE PROPONE LO SIGUIENTE</b>			
$TC = \frac{0.02872L^{0.80} \left(\frac{1000}{n} - 9\right)^{1.67}}{S^{0.50}}$			
TC =(min)	<b>27.90</b>	min	<b>0.46</b> hr
L= Longitud	10053.10	m	
A= Área (has)	1854.29	ha	
N= Número de curva	95.00		
S= Pendiente promedio de la cuenca en %	11.02	%	
<b>CÁLCULO DE TIEMPO DE RETARDO</b>			
Es el tiempo que transcurre desde el centro de gravedad de la (Pneta) hasta la punta del hidrograma el cual es igual a 0.60 (TC), tiempo de concentración			
Tr: Tiempo de Retardo	<b>16.74</b>	min	
<b>FÓRMULA KIRPICK</b>			
<b>TC= 0.0195K^0.77</b>			
$K = \frac{L^3}{H^{0.5}}$			
TC	<b>38.41</b>	min	
<b>K</b>	18988.99		
l= Máxima longitud del recorrido en (m)	7117.62	m	
h=Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal, en (m)	1000.00	m	
Fuente: Elaboración Propia			

FÓRMULA AUSTRALIANA		
$TC = \frac{58L}{A^{0.1}S^{0.2}}$		
TC= Tiempo de Concentración (min)	114.6599	min
L= Longitud de la corriente, en km	7.117	km
A=Área de la cuenca, en km <sup>2</sup>	18.54	km <sup>2</sup>
S= Pendiente del perfil de la corriente	140.4964	m/Km
FÓRMULA DE GEORGE RIVERO		
$TC = \frac{16L}{(1.05 - 0.2P) * (100S)^{0.04}}$		
TC : Tiempo de Concentración	114.54	min
L: Longitud del canal Principal en km	7.117	m
P: Relación entre el área cubierta de vegetación y el área total de la cuenca adimensional	0.77	
S: Pendiente media del canal principal, en m/m	0.14	m/m
FÓRMULA DE CALIFORNIA CULVERTS PRACTICE		
$TC = 0.0195 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$		
Tc: Tiempo de Concentración	31.32	min
L: Longitud del curso de agua más largo (m)	7117.62	m
H: Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, (m).	1700.00	m
Fuente: Elaboración Propia		

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (MÉTODO RACIONAL MODIFICADO)				
$TC = 0.3 \left( \frac{L}{s^{0.25}} \right)^{0.76}$				
Tc: Tiempo de concentración (hr)	1.94	hr	116.14	min
L: Longitud de cauce mayor (km)	7.12	km		
s: Pendiente promedio del cauce mayor (m/m)	0.14	m/m		
RESUMEN DE RESULTADOS TC				
<b>PARA CUENCAS PEQUEÑAS DE ACUERDO A US. SOIL CONSERVATION SERVICE, SE PROPONE LO SIGUIENTE</b>	27.90	min	De los distintos resultados de tiempo de concentración (Tc) se tomará el valor de 27.90 min para los distintos cálculos. Debido a que una gota de lluvia le tomara ese tiempo en recorrer toda la cuenca desde el punto más alejado hasta el punto de interés.	
<b>FÓRMULA KIRPICK</b>	38.41	min		
<b>TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (MÉTODO RACIONAL MODIFICADO)</b>	116.14	min		
<b>FÓRMULA AUSTRALIANA</b>	114.66	min		
<b>FÓRMULA DE GEORGE RIVERO</b>	114.55	min		
<b>FÓRMULA DE CALIFORNIA CULVERTS PRACTICE</b>	31.32	min	<b>TC (Min)</b>	<b>TC (hr)</b>
			27.90	0.46

**Tabla 51: Cálculo de Precipitación Máxima Corregida sobre la Cuenca (Método Racional Modificado).**

<b>CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN E INTENSIDAD DE LLUVIA PARA LOS MÉTODOS ESPECÍFICOS DE:</b>		
<b>PRECIPITACIÓN MÁXIMA CORREGIDA SOBRE LA CUENCA (P) MÉTODO RACIONAL MODIFICADO</b>		
$P = K_A P_d$		
P: Precipitación Máxima Corregida	19.28	mm
KA: Factor reductor	0.91	
Pd: Precipitación Máxima diaria (mm)	21.24	mm
<b>INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN (I) MÉTODO RACIONAL MODIFICADO</b>		
$I = \frac{P}{24} * 11^{\frac{28^{0.1} - Tc^{0.1}}{28^{0.1} - 1}}$		
I: Intensidad de Precipitación	5.84	mm/hr
P: Precipitación Máxima corregida	19.28	mm
Tc: Tiempo de concentración (hr)	1.94	hr

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 52: Determinación de la Intensidad de Lluvia (Método Racional)**

<b>DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA (MÉTODO RACIONAL)</b>			
<p>Este valor se determina a partir de la curva intensidad, duración y período de retorno entrando con un valor igual al tiempo de concentración y con un período de retorno de 50 Años (el período de retorno es de acuerdo al tipo de estructura a diseñar).</p>			
<table border="1"> <tr> <td><b>ESTACIÓN METEOROLÓGICA REGIONALIZADA</b></td> </tr> <tr> <td><b>50 años</b></td> </tr> <tr> <td>45.68 mm/hr</td> </tr> </table>	<b>ESTACIÓN METEOROLÓGICA REGIONALIZADA</b>	<b>50 años</b>	45.68 mm/hr
<b>ESTACIÓN METEOROLÓGICA REGIONALIZADA</b>			
<b>50 años</b>			
45.68 mm/hr			



**DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA MÉTODO (SCS)**

Tabla 6: Gasto unitario (q), en función del tiempo de concentración (Tc) horas. (MÉTODO SCS)

Tc (hr)	q (m3/s/mm/km <sup>2</sup> )	Tc (hr)	q (m3/s/mm/km <sup>2</sup> )	Tc (hr)	q (m3/s/mm/km <sup>2</sup> )
0.1	0.337	1	0.158	8	0.039
0.2	0.3	1.5	0.12	10	0.034
0.3	0.271	2	0.1	12	0.03
0.4	0.246	2.5	0.086	14	0.027
0.5	0.226	3	0.076	16	0.025
0.6	0.208	4	0.063	18	0.023
0.7	0.195	5	0.054	20	0.021
0.8	0.19	6	0.048	22	0.02
0.9	0.168	7	0.043	24	0.019

**INTERPOLAMOS**

0.4	0.246	1.85
0.464	0.2330	
0.5	0.226	

Fuente: Elaboración Propia

**COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C.) MÉTODO RACIONAL MODIFICADO**

$$C = \frac{(P_d - P_o)(P_d + 23P_o)}{(P_d + 11P_o)^2}$$

c: Coeficiente de Escorrentía	0.57	
Pd: Precipitación máxima diaria (mm)	19.28	mm
Po: Umbral de Escorrentía	2.63	mm

$$P_o = \frac{5000}{CN} - 50$$

CN= Número de Curva	95
---------------------	----

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 53: Coeficiente de Escorrentía (Método Mac-Math)**

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C.) MÉTODO (MAC MATH)					
VEGETACIÓN		SUELO		TOPOGRAFÍA	
COBERTURA (%)	C1	TEXTURA	C2	PENDIENTE (%)	C3
100	0.08	ARENOSO	0.08	0-0.2	0.04
80-100	0.12	LIGERA	0.12	0.2-0.05	0.06
50-80	0.16	MEDIA	0.16	0.5-2	0.06
20-50	0.22	FINA	0.22	2.0-5.0	0.1
0-20	0.3	ROCOSA	0.3	5.0-10.0	0.15
C: Coeficiente de escorrentía.	0.43				
C1: En función de cobertura vegetal.	0.12				
C2: En función de la textura del suelo.	0.16				
C3: En función de la topografía del terreno.	0.15				

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 54: Cálculo de Caudal por los Distintos Métodos Empíricos**

CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO MÉTODO SCS		
<b>Q<sub>max</sub>=qQ<sub>.</sub>A</b>		
Q <sub>MAX</sub>	46.64	m <sup>3</sup> /s
q: Gasto unitario (m <sup>3</sup> /s/mm/km <sup>2</sup> )	0.23	(m <sup>3</sup> /s/mm/km <sup>2</sup> )
Q <sub>.</sub> : Escorrentía (mm)	10.79	mm
A: Área de la cuenca (km <sup>2</sup> )	18.54	Km <sup>2</sup>
CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO MÉTODO RACIONAL		
<b>Q = <math>\frac{CIA}{360}</math></b>		
Q= Caudal Máximo, en m <sup>3</sup> /s	115.29	m <sup>3</sup> /S
C= Coeficiente de escorrentía que depende de la cobertura	0.49	TABLA Nº 1
I= Intensidad máxima de la lluvia, para la duración igual al tiempo de concentración y para un período de retorno dado, mm/hr	45.68	

**Coefficientes de escorrentía para ser usados en el método racional**

Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
<b>Áreas desarrolladas</b>							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
<b>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</b>							
<i>Condición pobre</i> (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
<i>Condición promedio</i> (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<i>Condición buena</i> (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
<b>Áreas no desarrolladas</b>							
<b>Área de cultivos</b>							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
<b>Pastizales</b>							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
<b>Bosques</b>							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

*Nota:* Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada con autorización.

**Fuente:** (Chow, Maidment, & Mays, 2000)

<b>MÉTODO RACIONAL MODIFICADO</b>		
<b>Q=0.278CIAK</b>		
Q: Descarga Máxima de Diseño m3/s	19.62	m3/s
C: Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce I.	0.57	
I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)	5.84	mm/hr
A: Área de la cuenca (Km2)	18.54	km2
K: Coeficiente de uniformidad	1.14	

<b>MÉTODO MAC MATH</b>		
<b><math>Q=0.0091CIA^{4/5}S^{1/5}</math></b>		
Q: Caudal Máximo con un período de retorno en T años, m3/s	197.8 4	m3/ s
C: Factor de escorrentía de Mac Math	0.43	
I: Intensidad máxima de lluvia, para una duración igual al tiempo de concentración y un período de retorno de T años, mm/hr	45.68	mm/ hr
A: Área de la cuenca (has)	1854. 29	has
S: Pendiente Promedio del Cauce Principal, en 0/00	140.4 9	0/00
<b>FÓRMULA DE KRESNIK</b>		
Q: Caudal Máximo, en m3/s	135.8 1	m3/ s
$\alpha$ : Coeficiente variable entre 0.03 y 1.61	1.10	
A: Área de Drenaje en Km2	18.54	km2
<b><math>Q=\alpha \frac{32A}{(0.5+\sqrt{A})}</math></b>		
<b>FÓRMULA DE FULLER</b>		
<b><math>Q=CA^{0.8}*(1+0.8LOGT)</math></b>		
Q: Mayor caudal con una duración de 24 h (m3/s)	48.79	m3/ s
T= Período de retorno	50	Año s
A: Área de drenaje en Km2	18.54	Km2
C: Coeficiente. (2= para pendientes abruptas, = 0.5 para praderas)	2	

<b>MÉTODO DE BURKLI ZIEGER</b>		
<b>Q=0.022 CIA <math>\sqrt[4]{\frac{S}{A}}</math></b>		
Q: Caudal Máximo, en m3/s	29.33	m3/s
C: Variable que depende de la naturaleza de la superficie drenada.	0.3	
I: Intensidad Máxima, en cm/Hr	4.56	cm/hr
A: Área de Drenaje, en has	1854.29	has
S: Pendiente media de la cuenca, en %0	140.50	%0
<b>VALORES DE C FÓRMULA DE BURKLI-ZIEGLER</b>		
TIPO DE SUPERFICIE	C	
Calles Pavimentadas y barrios bastante edificados	0.75	
Calles comunes de ciudades	0.625	
Poblado con plaza y calles en grava	0.3	
Campos deportivos	0.25	
<b>CÁLCULO DE CAUDAL PROPUESTO (ING DE MONTES SR. GARCÍA NAJERA)</b>		
F: Área de la cuenca	18.54	km <sup>2</sup>
F>2.5 km <sup>2</sup>		
$Q = \frac{ap(42+0.525 * F)F^2}{(1+F)(1+0.025F)(0.5+\sqrt{F})}$		
Q=	56.13	m <sup>3</sup> /s
a=	0.43	
a,p son coeficientes para tener en cuenta el estado forestal y la accidentación de la cuenca.		
$a = 1 - \frac{3}{4} * \frac{Fc}{F}$		
p= Cuencas poco accidentadas	0.75	
p= 1.00, cuencas medianamente accidentadas	1.00	
p= 1.25, cuencas muy accidentadas	1.25	
FC= Superficie con cobertura vegetal		

Fuente: Elaboración Propia

3.6.2.3. Hidrograma Unitario Triangular.

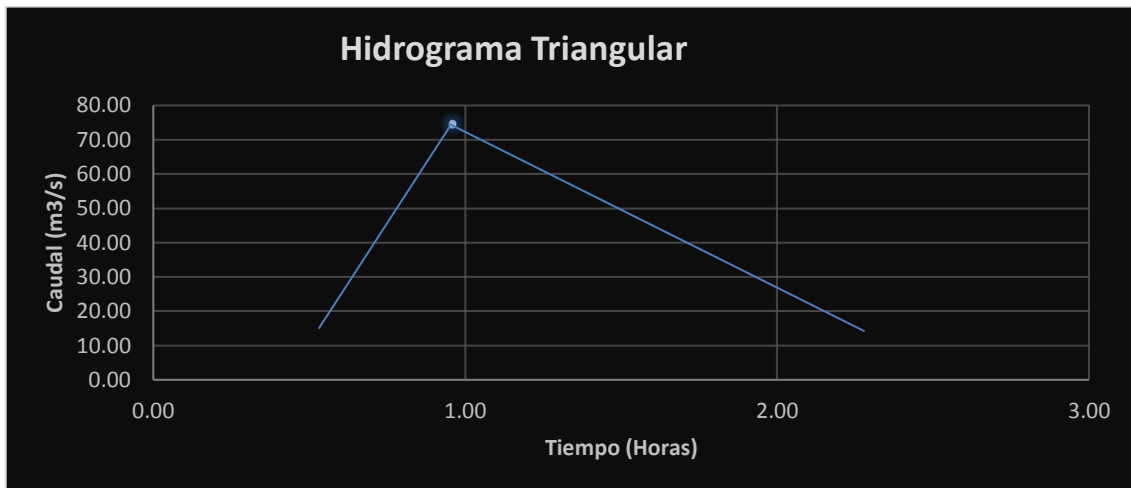
Tabla 55: Cálculo del Hidrograma Unitario Triangular

CONSTRUCCIÓN DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR		
Se calculá el tiempo de concentración		
N	95	
P	48.55	mm
$s = \frac{2540}{N} - 25.4$		
Infiltración potencial máxima: <b>s</b>	1.34	cm
Precipitación acumulada antes del inicio de la escorrentía: <b>la=0.2s</b>	0.27	cm
Altura de precipitación en exceso: <b>hpe</b>	18.57	mm
Tiempo de concentración: <b>TC</b>	27.90	min
	0.46	hr
<b>N</b>	Número de Curva	
<b>P</b>	Precipitación	
<b>DURACIÓN EN EXCESO:</b>		
$de=2\sqrt{tc}$	1.36	hr
<b>CÁLCULO DEL TIEMPO PICO</b>		
$tp=\sqrt{tc} + 0.6tc$	0.96	hr
<b>TIEMPO BASE</b>		
$tb=2.67*tp$	2.57	hr
<b>CÁLCULO DEL CAUDAL PICO</b>		
$Qp=0.208 * \frac{Hpe*A}{tp}$	74.52	m3/s
<b>tp (Horas)</b>	<b>Q (m3/s)</b>	
0	10	
0.96	74.52	
2.57	10	

Fuente: Elaboración Propia

- El Hidrograma correspondiente muestra las variaciones de caudal con respecto el tiempo, de manera cronológica en un lugar dado de la corriente.
- Es así que la caudal punta de 74.52 m3/s se produce a las 0.96 hr iniciada el flujo de escorrentía directa.

FIGURA Nº 54: Hidrograma Triangular



Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.2.4. Cálculo de Caudal Utilizando la Herramienta HEC-HMS

#### 3.6.2.4.1. Ingreso de Datos de la Cuenca.

FIGURA Nº 55: Datos Fisiográficos de la Cuenca Pachatusan

**Basin Model [Basin 1]**

CUENCA PACHATUSAN

NOTE 10008: Begin opening project "TIPONHECHM  
NOTE 10019: Finished opening project "TIPONHEC

Component	Value
Basin Name	Basin 1
Element Name	CUENCA PACHATUSAN
Description	SINFLUJOBASE
Downstream	PUNTO DE INTERES
*Area (KM2)	18,54
Latitude Degrees	
Latitude Minutes	
Latitude Seconds	
Longitude Degrees	
Longitude Minutes	
Longitude Seconds	
Canopy Method	--None--
Surface Method	--None--
Loss Method	SCS Curve Number
Transform Method	SCS Unit Hydrograph

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 56: Ingreso del Número de Curva y la Abstracción Inicial

Basin Name: Basin 1  
 Element Name: CUENCA PACHATUSAN  
 Initial Abstraction (MM) 2,7  
 \*Curve Number: 95  
 \*Impervious (%) 0,0

FIGURA Nº 57: Dato de Transformación de la Precipitación en Caudal (Valor de Tiempo de Retardo)-

Basin Name: Basin 1  
 Element Name: CUENCA PACHATUSAN  
 Graph Type: Standard (PRF 484)  
 \*Lag Time (MIN) 16,74

FIGURA Nº 58: Ingreso de Datos de Intensidad Para el Período Retorno de 50 Años.

Frequency Storm

Met Name: Met 50

Probability: Other

Input Type: Partial Duration

Output Type: Annual Duration

Intensity Duration: 5 Minutes

Storm Duration: 6 Hours

Intensity Position: 50 Percent

Storm Area (KM2) 18,54

Curve: Uniform For All Subbasins

Duration	Partial-Duration Depth...
5 Minutes	13,820
15 Minutes	18,020
1 Hour	25,720
2 Hours	30,590
3 Hours	35,330
6 Hours	41,110



FIGURA Nº 59: Cálculo de Caudal Para un Periodo Retorno 50 Años

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
CUENCA PACHATUSAN	18,54	77,4	01ene2017, 18:00	27,83
PUNTO DE INTERES	18,54	77,4	01ene2017, 18:00	27,83

Tabla 56: Resumen de Resultados del Cálculo de Caudales (Qmax).

CAUDALES MÁXIMOS PERÍODO DE RETORNO DE 50 AÑOS				
<b>MÉTODO RACIONAL MODIFICADO</b>	Q: Descarga Máxima de Diseño m3/s	<b>19.62</b>	m3/s	El caudal que se considerara para el análisis de inundabilidad será el que se calculó con el método HEC-HMS cuyo caudal es de <b>77.40 m3/s</b> ) debido a que este valor es el máximo que guarda un grado de relación que no supera en 30 m3/s entre uno y otro método.
<b>MÉTODO DE BURKLI ZIEGER</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	<b>27.60</b>	m3/s	
<b>MÉTODO SCS</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	<b>46.64</b>	m3/s	
<b>MÉTODO DE FULLER</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	<b>48.79</b>	m3/s	
<b>CÁLCULO DE CAUDAL PROPUESTO (ING DE MONTES SR. GARCÍA NÁJERA)</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	<b>56.13</b>	m3/s	
<b>HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	<b>74.52</b>	m3/s	
<b>HEC – HMS</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	<b>77.40</b>	m3/s	
<b>MÉTODO RACIONAL</b>	Q= Caudal Máximo, en m3/s	<b>115.29</b>	m3/s	
<b>FÓRMULA DE KRESNIK</b>	Qp: Caudal Pico (m3/s) una vez transcurrida el tiempo Pico(Hr)	<b>135.81</b>	m3/s	
<b>MÉTODO MAC MATH</b>	Q: Caudal Máximo con un período de retorno en T años, m3/s	<b>197.84</b>	m3/s	

Fuente: Elaboración Propia

CAUDALES MÁXIMOS PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS				
<b>MÉTODO RACIONAL MODIFICADO</b>	Q: Descarga Máxima de Diseño m3/s	24.92	m3/s	El caudal que se consideró para el análisis de inundabilidad será el que se calculó con el método HEC-HMS cuyo caudal es de <b>95.40 m3/s</b> ) debido a que este valor es el máximo que guarda un grado de relación que no supera en 30 m3/s entre uno y otro método.
<b>MÉTODO DE BURKLI ZIEGER</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	32.17	m3/s	
<b>FÓRMULA DE FULLER</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	53.77	m3/s	
<b>MÉTODO SCS</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	59.41	m3/s	
<b>FÓRMULA DE KRESNIK</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	166.67	m3/s	
<b>HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR</b>	Qp: Caudal Pico (m3/s) una vez transcurrida el tiempo Pico(hr)	88.62	m3/s	
<b>HEC-HMS</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	95.4	m3/s	
<b>MÉTODO RACIONAL</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	145.32	m3/s	
<b>MÉTODO MAC MATH</b>	Q: Caudal Máximo con un período de retorno en T años, m3/s	230.55	m3/s	

Fuente: Elaboración Propia

CAUDALES MÁXIMOS PARA UN PERÍODO DE RETORNO DE 500 AÑOS				
<b>MÉTODO RACIONAL MODIFICADO</b>	Q: Descarga Máxima de Diseño m3/s	41.79	m3/s	El caudal que se considerara para el análisis de inundabilidad será el que se calculó con el método HEC-HMS cuyo caudal es de <b>147.5 m3/s</b> debido a que este valor es el máximo que guarda un grado de relación que no supera en 30 m3/s entre uno y otro método.
<b>MÉTODO DE BURKLI ZIEGER</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	45.89	m3/s	
<b>MÉTODO SCS</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	100.03	m3/s	
<b>HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR</b>	Qp: Caudal Pico (m3/s) una vez transcurrida el tiempo Pico(Hr)	131.00	m3/s	
<b>HEC-HMS</b>	Q: Caudal Máximo con un período de retorno en T años, m3/s	147.5	m3/s	
<b>FÓRMULA DE KRESNIK</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	195.07	m3/s	
<b>MÉTODO RACIONAL</b>	Q: Caudal Máximo, en m3/s	234.69	m3/s	
<b>MÉTODO MAC MATH</b>	Q: Caudal Máximo con un período de retorno en T años, m3/s	328.89	m3/s	

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.3. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE HUAYCOS

Tabla 57: Determinación del Caudal de Huaycos.

CAUDAL DE FLUJO DE HUAYCOS 50 AÑOS				
La metodología empleada es la propuesta por O'Brien (2000) donde el hidrograma de flujo de detritos se estima a partir del hidrograma de flujo de agua multiplicado por un factor que está en función de la concentración volumétrica de sedimentos (cv):				
$Q_t = BF \cdot Q_1$				
Qt=Caudal total del flujo de detritos (m3/s)	96.75	Flujos Bajos	140.73	Flujos Altos
Q1=Caudal líquido (m3/s)	77.40			
BF=Factor de volumen $BF = (1/1 - Cv)$	1.25		1.81	
Cv=Concentración Volumétrica de detritos	0.2	Flujos Bajos	0.45	Flujos Altos
Según la referencia de O'Brien, para flujos de detritos el valor de Cv, varía entre 0.20 para flujos bajos y 0.45 para flujos Altos.				
<b>COMENTARIO:</b> Para el cálculo del caudal de flujo de huaycos se considera la metodología de O'Brien. En la cual toma como base el caudal fluido de 77.40 m3/s. Es así que obtiene los valores de 96.75 m3/s flujos bajos y de 140.73 m3/s para flujos altos.				


Fuente: Elaboración Propia

<b>CAUDAL DE FLUJO DE HUAYCOS 100 AÑOS</b>				
La metodología empleada es la propuesta por O'Brien (2000) donde el hidrograma de flujo de detritos se estima a partir del hidrograma de flujo de agua multiplicado por un factor que está en función de la concentración volumétrica de sedimentos (cv):				
$Q_t = BF * Q_1$				
Qt=Caudal total del flujo de detritos (m3/s)	119.25	Flujos Bajos	173.45	Flujos Altos
Q1=Caudal líquido (m3/s)	95.40			
BF=Factor de volumen $BF = (1/1 - Cv)$	1.25		1.81818182	
Cv=Concentración Volumétrica de detritos	0.2	Flujos Bajos	0.45	Flujos Altos
Según la referencia de O'Brien, para flujos de detritos el valor de Cv, varía entre 0.20 para flujos bajos y 0.45 para flujos Altos				
<b>COMENTARIO:</b> Para el cálculo del caudal de flujo de huaycos se considera la metodología de O'Brien. En la cual toma como base el caudal fluido de 95.40 m3/s. Es así que obtiene los valores de 119.25 m3/s flujos bajos y de 173.45 m3/s para flujos altos.				
<b>CAUDAL DE FLUJO DE HUAYCOS 500 AÑOS</b>				
La metodología empleada es la propuesta por O'Brien (2000) donde el hidrograma de flujo de detritos se estima a partir del hidrograma de flujo de agua multiplicado por un factor que está en función de la concentración volumétrica de sedimentos (cv):				
$Q_t = BF * Q_1$				
Qt=caudal total del flujo de detritos (m3/s)	184.38	Flujos Bajos	268.18	Flujos Altos
Q1=Caudal líquido (m3/s)	147.50			
BF=Factor de volumen $BF = (1/1 - Cv)$	1.25		1.81818182	
Cv=Concentración Volumétrica de detritos	0.2	Flujos Bajos	0.45	Flujos Altos
Según la referencia de O'Brien, para flujos de detritos el valor de Cv, varía entre 0.20 (para flujos bajos) y 0.45 (para flujos Altos)				
<b>COMENTARIO:</b> Para el cálculo del caudal de flujo de huaycos se considera la metodología de O'Brien. En la cual toma como base el caudal fluido de 147.50 m3/s. Es así que obtiene los valores de 184.38 m3/s flujos bajos y de 268.18 m3/s para flujos altos.				

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.4. CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO MECÁNICAS DE LOS SUELOS

#### 3.6.4.1. Cálculo del Contenido de Humedad Natural NTP-339.129 – ASTM- D2216



INGENIERIA GEOTECNIA Y MATERIALES E.I.R.L.

- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

Proyecto: "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN"

Ubicación: OROPESA-QUISPICANCHIS - CUSCO

Muestra: Alterada

Fecha: febrero-2017

Solicita: BACH , Christiaan Gutierrez  
Baca

C	01
C-1, C2, C3	01

**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**  
NTP-339.127 - ASTM-D2216

	C-3	C-1	C-2
PESO DE CÁPSULA (gr)	150.20	106.30	80.80
PESO CAPS. + MATERIAL HÚMEDO (gr)	2000.00	2090.00	1000.00
PESO CAPS. + MATERIAL SECO (gr)	1706.40	1869.00	926.40
PESO DEL AGUA (gr)	293.60	221.00	73.60
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1556.20	1762.70	845.60
CONTENIDO DE AGUA (%)	<b>18.87</b>	<b>12.54</b>	<b>8.70</b>

Fuente: Ingeomat

- El contenido de humedad natural de la calicata (C-3, C-2, C-1) es de 18.87%, 12.54%, 8.70%, Respectivamente la cual representa en porcentaje el contenido de agua presente en una unidad de suelo expresada en términos de su peso seco.

### 3.6.4.2. Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E-107-200

#### 3.6.4.2.1. Análisis Granulométrico Calicata N° -1



- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

Proyecto: "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN"

Ubicación: OROPESA-QUISPICANCHIS - CUSCO

Alterad

Muestra: a

Fecha: febrero-2017

BACH , Christian Gutierrez

Solicitante: Baca

PESO INICIAL= 2483.43 gr

PESO FINAL= 2479.43 gr

% de perdidas= 0.16%

% Max de Perdida=

C	01
C-1	01

2.00%	OKiii
-------	-------

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E-107-200

Tamiz N°	Diam.(mm)	Peso retenido	%retenido	%que pasa
4"	100	0.00	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	0.00%	100.00%
3/8"	9.5	19.09	0.77%	99.23%
1/4"	6.3	21.91	0.88%	98.35%
N° 4	4.750	67.42	2.72%	95.63%
N° 10	2.000	17.40	0.70%	94.93%
N° 12	1.700	19.14	0.77%	94.15%
N° 20	0.850	114.56	4.62%	89.53%
N° 30	0.600	65.76	2.65%	86.88%
N° 40	0.425	50.91	2.05%	84.83%
N° 60	0.250	70.13	2.83%	82.00%
N° 100	0.149	64.19	2.59%	79.41%
N° 200	0.075	310.92	12.54%	66.87%
FONDO	0.00	1658.00	66.87%	0.00%
		2479.43	100.00%	

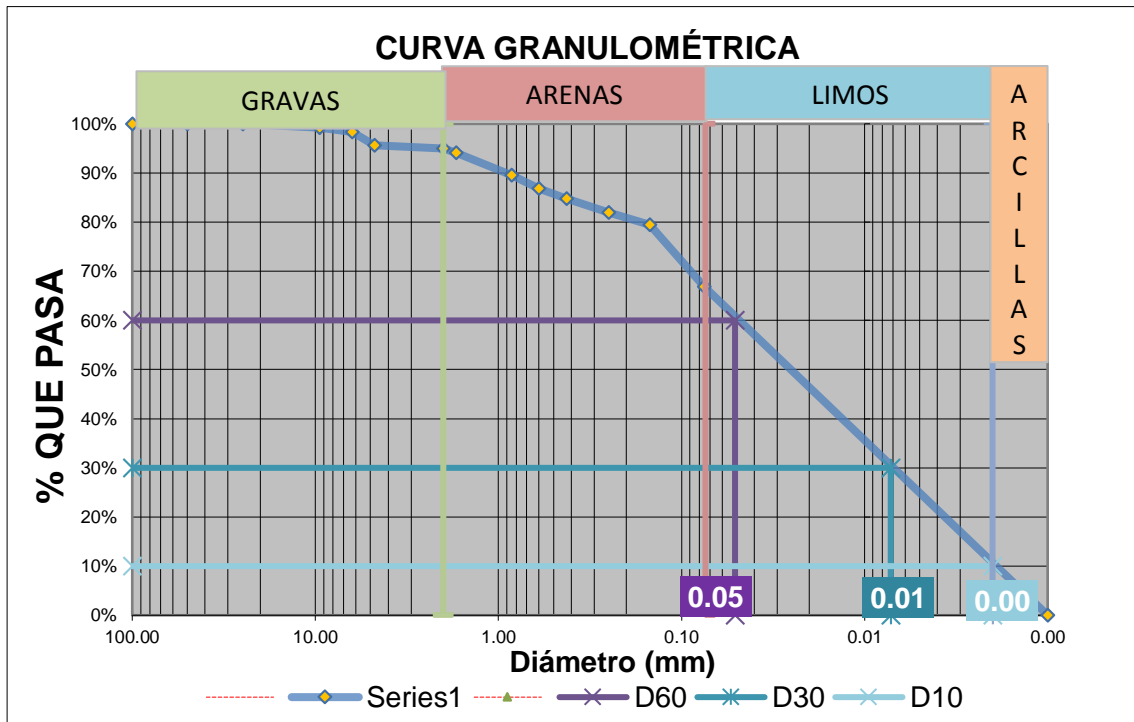


PAG 99 JUÁREZ BADILLO TOMO 1

% de gruesos=	33.13%	% de la fracción gruesa retenida en la malla N 10=15.32%(Grava)
% de finos=	66.87%	% de la fracción gruesa pasa la malla N 10=84.68%(Arena)
% de grava=	5.07%	
% de arena=	28.06%	

Fuente: Ingeomat

FIGURA N° 60: Curva Granulométrica Calicata N°-1



D 60=	0.0510	Cu=	25.50
D 30=	0.0072	Cc=	0.51
D 10=	0.0020		

Fuente: Ingeomat

- Del análisis granulométrico de la calicata N°-1 se determina que el suelo tiene características finas debido a que el porcentaje (%) de material que pasa a través de la malla N° 200 es de 66.87%.

### 3.6.4.2.2. Análisis Granulométrico Calicata N°-2



- LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.

Proyecto: "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN"

Ubicación: OROPESA-QUISPICANCHIS - CUSCO

Muestra: Alterada

Fecha: febrero-2017

Solicitante: BACH , Christian Gutierrez Baca

PESO INICIAL=

PESO FINAL=

% de Perdidas=

% Max de Perdida=

C	01
C-2	01
1900.00 gr	
1884.66 gr	
0.81%	
2.00%	OK <sub>iii</sub>

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E-107-200

Tamiz N°	Diam.(mm )	Peso retenido	%retenido	%que pasa
4"	100	0.00	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	0.00%	100.00%
1"	25	88.15	4.68%	95.32%
3/8"	9.5	200.36	10.63%	84.69%
1/4"	6.3	118.00	6.26%	78.43%
N°4	4.750	325.12	17.25%	61.18%
N°10	2.000	67.09	3.56%	57.62%
N°12	1.700	60.75	3.22%	54.40%
N°20	0.850	255.05	13.53%	40.86%
N°30	0.600	108.42	5.75%	35.11%
N°40	0.425	73.50	3.90%	31.21%
N°60	0.250	91.16	4.84%	26.37%
N°100	0.149	88.06	4.67%	21.70%
N°200	0.075	278.30	14.77%	6.93%
FONDO	0.00	130.70	6.93%	0.00%
		1884.66	100.00%	

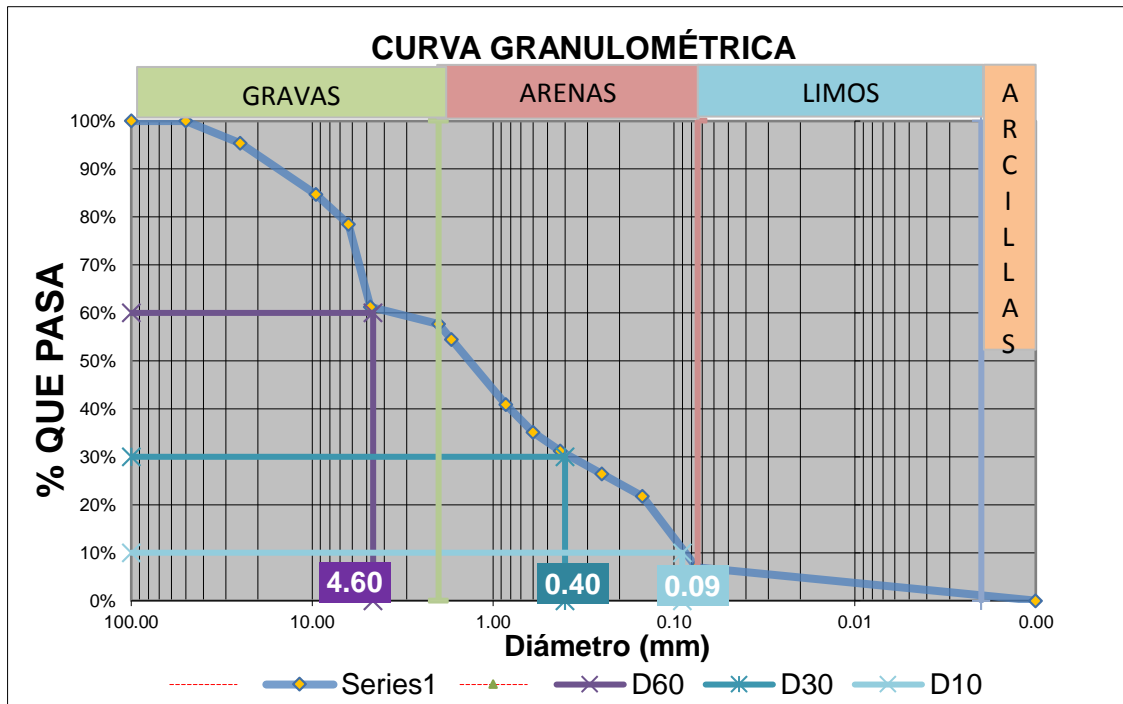
PÁG. 99 JUÁREZ BADILLO TOMO 1

% de gruesos=	93.07%	% de la fracción gruesa retenida en la malla N 10=	45.54%(Grava)
% de finos=	6.93%	% de la fracción gruesa pasa la malla N 10=	54.46%(Arena)
% de grava=	42.38%		
% de arena=	50.69%		

Fuente: Ingeomat



FIGURA N° 61: Curva Granulométrica Calicata N° -2



<b>D60=</b>	4.6000	<b>Cu=</b>	51.11
<b>D30=</b>	0.4000	<b>Cc=</b>	0.39
<b>D10=</b>	0.0900		

Fuente: Ingeomat

- Del análisis granulométrico de la calicata N°-2 se determina que el suelo tiene característica gruesa debido a que el porcentaje (%) de material retenido en la malla N° 8 es de 61.18%.

### 3.6.4.2.3. Análisis Granulométrico Calicata N°-3



**LABORATORIO DE SUELOS Y  
- MATERIALES.**

Urb. El Edén Lote C-3 , San Sebastián - Cusco, Telf.: 084 - 270342, Claro: 084-974279249, RPM: #998990111,  
Nextel: 947285580

Proyecto: "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN"

Ubicación: OROPESA-QUISPICANCHIS -CUSCO

Muestra: Alterada

Fecha: febrero-2017

Solicitante: BACH , Christiaan Gutierrez Baca

	<b>C</b>	<b>01</b>
	<b>C-3</b>	<b>01</b>
PESO INICIAL=	1500.00	gr
PESO FINAL=	1489.30	gr
% de Perdidas=	0.72%	
% Max de Perdida=	<b>2.00%</b>	<b>OKiii</b>

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E-107-200**

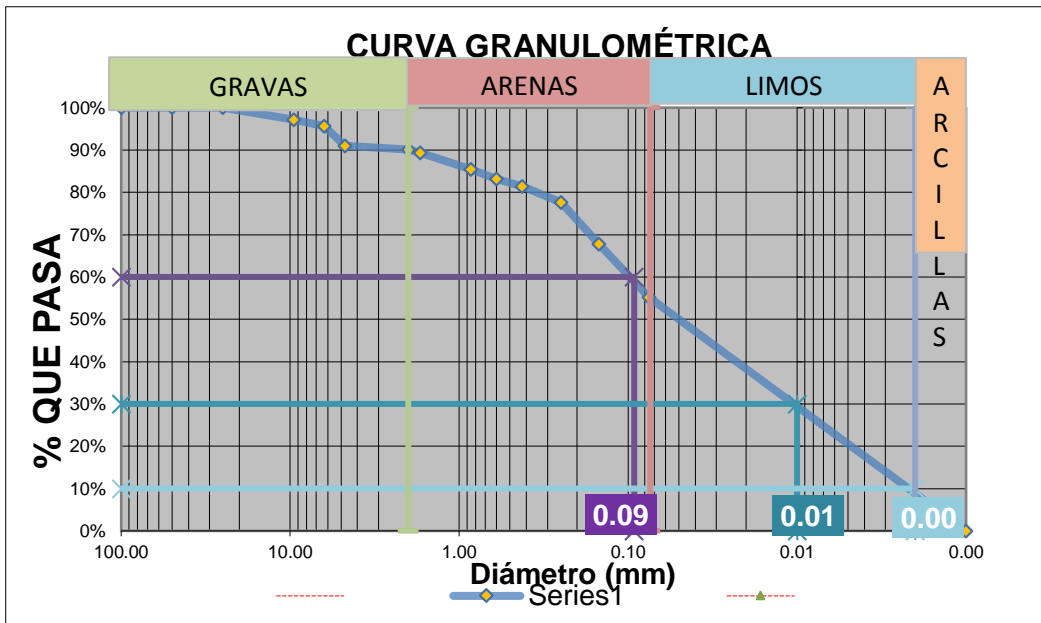
Tamiz N°	Diam.(mm)	Peso retenido	%retenido	%que pasa
4"	100	0.00	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	0.00%	100.00%
3/8"	9.5	42.34	2.84%	97.16%
1/4"	6.3	22.50	1.51%	95.65%
N°4	4.750	68.97	4.63%	91.02%
N°10	2.000	12.79	0.86%	90.16%
N°12	1.700	12.43	0.83%	89.32%
N°20	0.850	57.47	3.86%	85.46%
N°30	0.600	33.39	2.24%	83.22%
N°40	0.425	27.63	1.86%	81.37%
N°60	0.250	54.79	3.68%	77.69%
N°100	0.149	146.93	9.87%	67.82%
N°200	0.075	187.77	12.61%	55.21%
FONDO	0.00	822.29	55.21%	0.00%
		1489.3	100.00%	

PAG 99 JUARES BADILLO TOMO 1

% de Gruesos=44.79%	% de la fracción gruesa retenida en la malla N 10=21.98%(Grava)
% de finos=55.21%	
% de grava=9.84%	% de la fracción gruesa pasa la malla N 10=78.02%(Arena)
% de arena=34.94%	

Fuente: Ingeomat

FIGURA N° 62: Curva Granulométrica Calicata N°-3



<b>D60=</b>	0.0920	<b>Cu=</b>	46.00
<b>D30=</b>	0.0100	<b>Cc=</b>	0.54
<b>D10=</b>	0.0020		

Fuente: Ingeomat

- Del análisis granulométrico de la calicata N°-3 se determina que el suelo tiene características finas debido a que el porcentaje (%) de material que pasa a través de la malla N° 200 es de 55.21%.

### 3.6.4.3. Cálculo de Límites de Atterberg (MTC – E 110, MTC – E111)

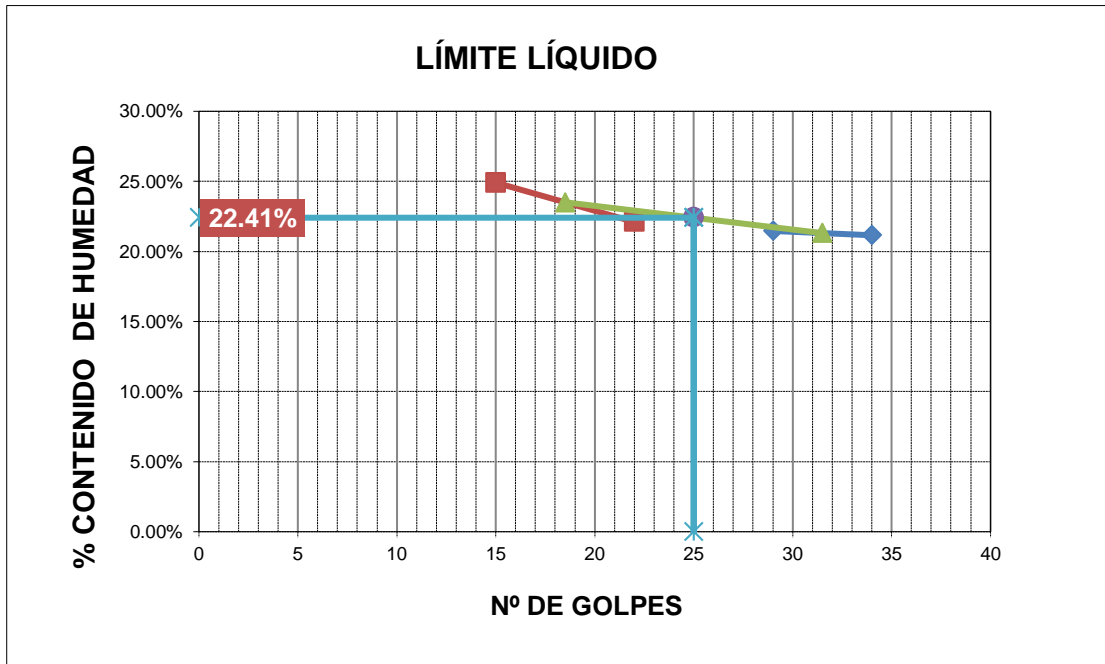
#### 3.6.4.3.1. Límites de Atteberg Calicata N°-1

<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA LÍMITE PLÁSTICO E – 111.</b>				
N° de lata	1	2	3	4
Peso de suelo húmedo + lata(gr)	69.32	66.99	30.31	34.22
Peso de suelo seco + lata(gr)	67.95	65.36	29.23	32.57
Peso de lata(gr)	60.90	56.33	22.85	22.41
Peso de suelo seco(gr)	7.05	9.03	6.38	10.16
Peso de suelo húmedo(gr)	8.42	10.66	7.46	11.81
Peso de agua(gr)	1.37	1.63	1.08	1.65
Contenido de humedad	19.43%	18.05%	16.93%	16.24%
<b>LÍMITE LÍQUIDO MTC E-110.</b>				
N° de lata	1	2	3	4
Peso de suelo húmedo + lata(gr)	76.29	76.35	74.77	37.61
Peso de suelo seco + lata(gr)	73.14	73.15	71.68	34.89
Peso de lata(gr)	58.25	58.24	57.70	23.97
Peso de suelo seco(gr)	14.89	14.91	13.98	10.92
Peso de suelo húmedo(gr)	18.04	18.11	17.07	13.64
Peso de agua(gr)	3.15	3.20	3.09	2.72
Contenido de humedad	21.16%	21.46%	22.10%	24.91%
Número de golpes	34	29	22	15
LL aproximado	21.96%	21.85%	21.76%	23.42%



Fuente: Ingeomat

FIGURA Nº 63: Límite Líquido Calicata Nº-1



LL=	22.41%
LP=	17.07 %
IP=	5.33%

Fuente: Ingeomat

- El límite líquido de 22.41 % de la calicata Nº-1 nos indica que por debajo de este porcentaje de agua el suelo se comportara como material plástico. Si superamos este porcentaje el suelo se comportará como un fluido viscoso.
- El límite plástico 17.07 % de la calicata Nº-1 nos indica que por debajo de este porcentaje se considerara al suelo como material no plástico.
- El índice de plasticidad de 5.33 % de la calicata Nº-1 indica la finura del suelo y se indica también que el suelo tiene ligera plasticidad.