

### 3.6.4.3.2. Límites de Atterberg Calicata N°-2

| LÍMITES DE CONSISTENCIA<br>LÍMITE PLÁSTICO |        |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|--------|
| N° de lata                                 | 1      | 2      | 3      | 4      |
| Peso de suelo húmedo + lata(gr)            | 64.16  | 73.52  | 32.18  | 28.68  |
| Peso de suelo seco + lata(gr)              | 62.88  | 71.5   | 30.63  | 27.67  |
| Peso de lata(gr)                           | 56.33  | 60.9   | 22.85  | 22.41  |
| Peso de suelo seco(gr)                     | 6.55   | 10.60  | 7.78   | 5.26   |
| Peso de suelo húmedo(gr)                   | 7.83   | 12.62  | 9.33   | 6.27   |
| Peso de agua(gr)                           | 1.28   | 2.02   | 1.55   | 1.01   |
| Contenido de humedad                       | 19.54% | 19.06% | 19.92% | 19.20% |

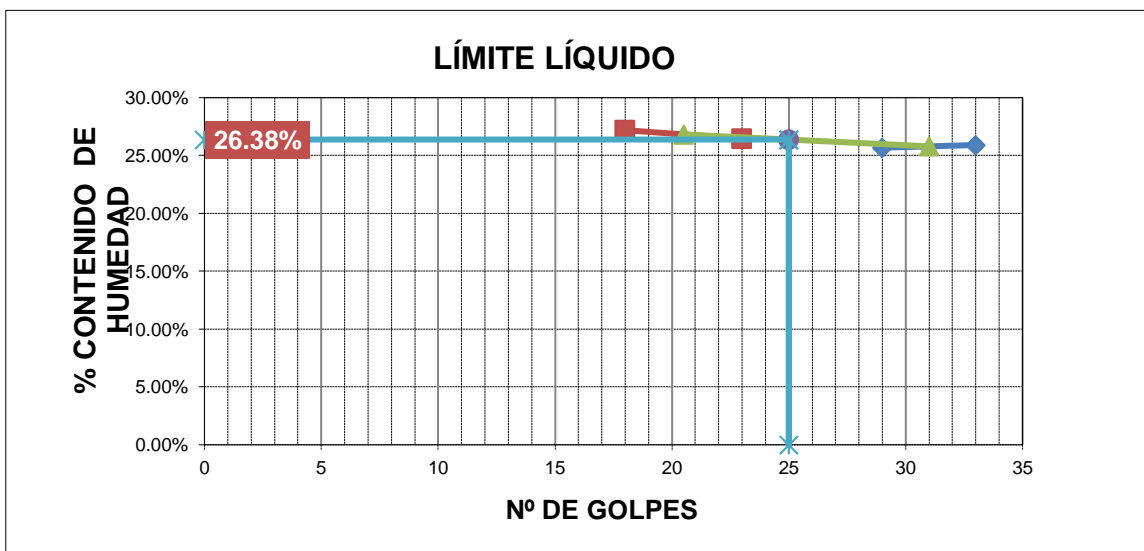
  

| LÍMITE LÍQUIDO MTC E-110        |        |        |        |        |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| N° de lata                      | 1      | 2      | 3      | 4      |
| Peso de suelo húmedo + lata(gr) | 66.56  | 76.35  | 82.86  | 33.71  |
| Peso de suelo seco + lata(gr)   | 64.85  | 72.65  | 81.00  | 31.63  |
| Peso de lata(gr)                | 58.25  | 58.24  | 73.97  | 23.98  |
| Peso de suelo seco(gr)          | 6.60   | 14.41  | 7.03   | 7.65   |
| Peso de suelo húmedo(gr)        | 8.31   | 18.11  | 8.89   | 9.73   |
| Peso de agua(gr)                | 1.71   | 3.70   | 1.86   | 2.08   |
| Contenido de humedad            | 25.91% | 25.68% | 26.46% | 27.19% |
| Número de golpes: N°            | 33     | 29     | 23     | 18     |
| LL aproximado                   | 26.79% | 26.14% | 26.19% | 26.13% |



Fuente: Ingeomat


FIGURA N° 64: Límite Líquido Calicata N°-2



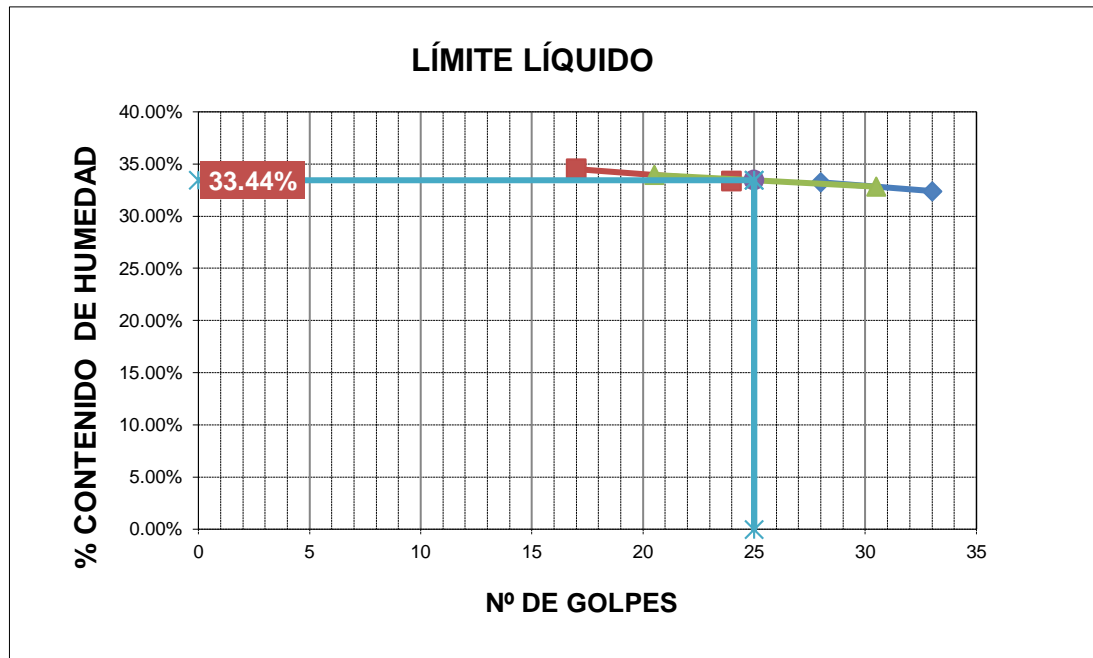
|     |        |
|-----|--------|
| LL= | 26.38% |
| LP= | 19.43% |
| IP= | 6.95%  |

- El límite líquido de 26.38 % de la calicata N°-2 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 19.43 % de la calicata N°-2 nos indica que por debajo de este porcentaje se considerara al suelo como material no plástico.
- El índice de plasticidad de 6.95 % de la calicata N°-2 indica la finura del suelo y se indica también que el suelo tiene ligera plasticidad.

### 3.6.4.3.3. Límites de Atterberg calicata N°-3.

| <b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>  |   |          |          |          |
|---------------------------------|---|----------|----------|----------|
| <b>LÍMITE PLÁSTICO</b>          |   |          |          |          |
|                                 |  |          |          |          |
| Nº de lata                      | <b>1</b>  | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> |
| Peso de suelo húmedo + lata(gr) | 66.19   | 64.93    | 29.18    | 28.28    |
| Peso de suelo seco + lata(gr)   | 65.36   | 63.43    | 28.14    | 27.43    |
| Peso de lata(gr)                | 60.93   | 56.35    | 22.41    | 22.81    |
| Peso de suelo seco(gr)          | 4.43  | 7.08     | 5.73     | 4.62     |
| Peso de suelo húmedo(gr)        | 5.26  | 8.58     | 6.77     | 5.47     |
| Peso de agua(gr)                | 0.83  | 1.50     | 1.04     | 0.85     |
| Contenido de humedad            | 18.74%  | 21.19%   | 18.15%   | 18.40%   |
| <b>LÍMITE LÍQUIDO MTC E-110</b> |   |          |          |          |
| Nº de lata                      | <b>1</b>  | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> |
| Peso de suelo húmedo + lata(gr) | 68.77   | 68.76    | 83.15    | 34.64    |
| Peso de suelo seco + lata(gr)   | 66.20   | 66.10    | 80.86    | 31.91    |
| Peso de lata(gr)                | 58.27   | 58.10    | 74.00    | 24.00    |
| Peso de suelo seco(gr)          | 7.93  | 8.00     | 6.86     | 7.91     |
| Peso de suelo húmedo(gr)        | 10.50   | 10.66    | 9.15     | 10.64    |
| Peso de agua(gr)                | 2.57  | 2.66     | 2.29     | 2.73     |
| Contenido de humedad            | 32.41%  | 33.25%   | 33.38%   | 34.51%   |
| Número de golpes                | 33  | 28       | 24       | 17       |
| LL aproximado                   | 33.52%  | 33.71%   | 33.22%   | 32.94%   |

Fuente: Ingeomat




Fuente: Ingeomat

|     |        |
|-----|--------|
| LL= | 33.44% |
| LP= | 19.12% |
| IP= | 14.33% |

- El límite líquido de 33.44 % de la calicata N<sup>o</sup>-3 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 19.12 % de la calicata N<sup>o</sup>-3 nos indica que por debajo de este porcentaje se considerara al suelo como material no plástico.
- El índice de plasticidad de 14.33 % de la calicata N<sup>o</sup>-3 indica la finura del suelo y se indica también que el suelo tiene mediana plasticidad.

### 3.6.4.4. Ensayo de Peso Específico de los Suelos

Tabla 58: Ensayo de Peso Específico Calicatas N°-1, N°-2, N°-3

|  |               |               |               |
|--|---------------|---------------|---------------|
| <br>INGENIERIA, GEOTECNIA Y MATERIALES E.I.R.L.                                     |               |               |               |
| - LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.<br>- Urb. El Edén Lote C-3, San Sebastián - Cusco, Tlf: 084 - 270342, Claro: 084-974279249, RPM: #998990111, Nextel: 947285580 |               |               |               |
| Proyecto:<br>Ubicación:<br>Muestra: Alterada<br>Fecha:<br>Solicita:  |               |               |               |
|  |               |               | <b>C</b>      |
|  |               |               | <b>01</b>     |
| <b>ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO</b><br><b>ASTM D854-02 AASHTO T100-70</b>   |               |               |               |
|  | <b>N°-1</b>   | <b>N°-2</b>   | <b>N°-3</b>   |
| <b>CAPACIDAD DEL PICNÓMETRO</b>  | 250.00 ml     | 250.00 ml     | 250.00 ml     |
| <b>PESO DE PROBETA + AGUA + SUELO =(WBWS)</b>  | 401.60 gr     | 392.30 gr     | 402.50 gr     |
| <b>PESO DE PROBETA + AGUA =(WBW)</b>   | 352.10 gr     | 351.10 gr     | 350.00 gr     |
| <b>PESO RECIPIENTE + SUELO SECO</b>  | 700.00 gr     | 513.00 gr     | 627.00 gr     |
| <b>PESO RECIPIENTE</b>   | 620.00 gr     | 445.00 gr     | 543.30 gr     |
| <b>PESO DEL SUELO SECO (WS)</b>  | 80.10 gr      | 68.00 gr      | 83.70 gr      |
| <b>WS+WBW-WBWS</b>   | 30.50 gr      | 26.80 gr      | 31.20 gr      |
| <b>PESO ESPECÍFICO =(ws/(ws+wbw-wbws)</b>  | <b>2.62</b>   | <b>2.54</b>   | <b>2.68</b>   |
|  | <b>gr/cm3</b> | <b>gr/cm3</b> | <b>gr/cm3</b> |

- En este ensayo se determinó el peso específico para las calicatas N°-1 cuyo peso específico es de 2.62 gr/cm<sup>3</sup> y para la calicata N°-2 el peso específico es de 2.54 gr/cm<sup>3</sup>, por ultimo para la calicata N°-3 el peso específico es de 2.68 gr/cm<sup>3</sup>.



### 3.6.4.5. Clasificación Unificada de Suelos (Sucs)

#### 3.6.4.5.1. Clasificación de Suelos 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

Muestra: Alterada

Fecha: febrero-2017

Solicitante: BACH , Christiaan Gutierrez Baca



|     |    |
|-----|----|
| C   | 01 |
| C-1 | 01 |

#### SISTEMA DE CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

##### Datos para la clasificación

##### De la granulometría

% de gruesos= 33.13%  
 % de finos= 66.87%  
 % de grava= 5.07%  
 % de arena= 28.06%

Retenido en malla N 200= 33.13%  
 Retenido en malla N 10= 5.07%

% 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= 25.00

Cc= 0.40

##### De los límites de consistencia

LL= 22.41%

LP= 17.07%

IP= 5.33%

Fuente: Ingeomat

FIGURA N° 65: Criterios de Asignación de Símbolos de Grupo y Nombre con el Uso de Ensayos de Laboratorio (ASTM D 2487).

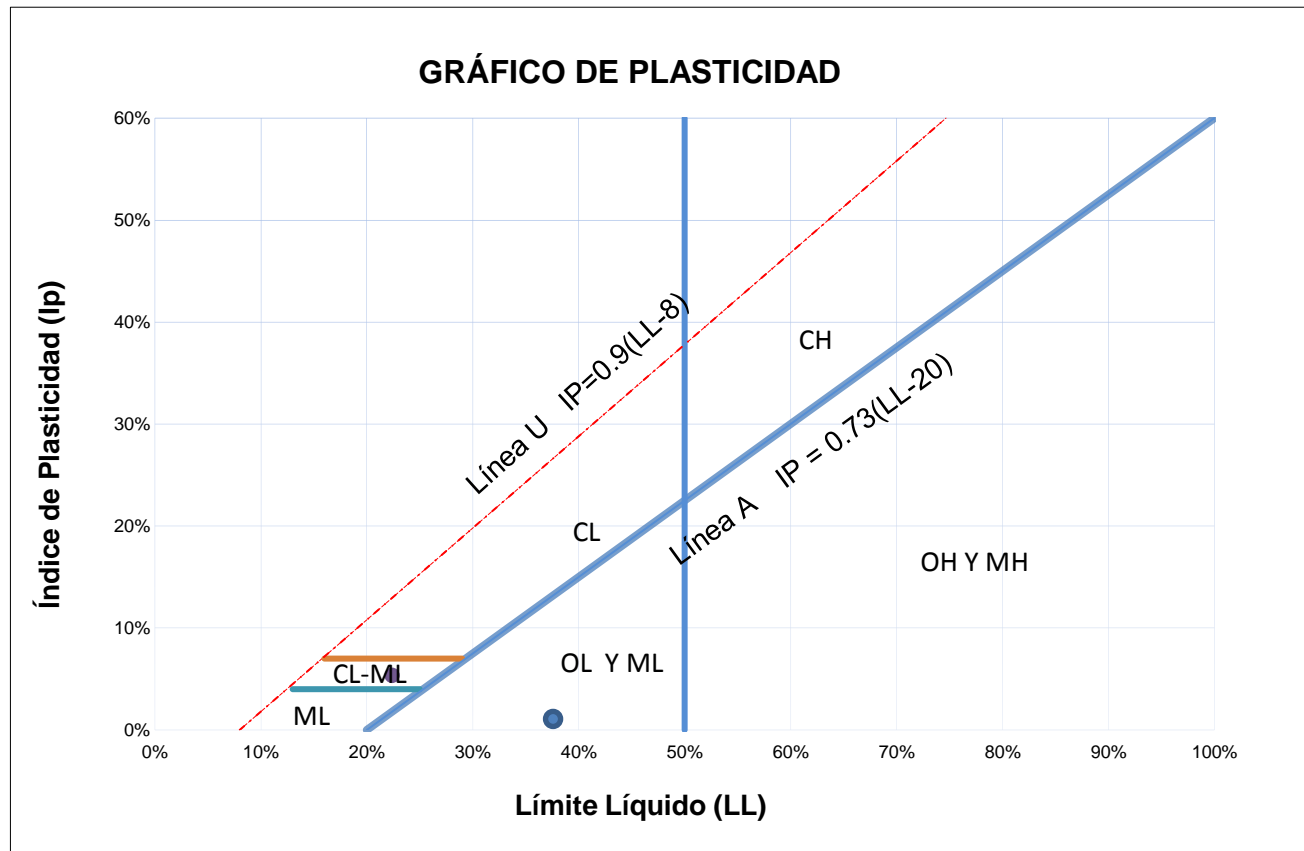
| Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio |  |   | Clasificación de suelos        |                                 |                  |
|--|--|---|--------------------------------|---------------------------------|------------------|
|  |  |   | Símbolo de grupo               | Nombre del grupo                |                  |
| Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200                                 | Gravas limpias<br>Menos del 5% pasa la malla No. 200             | $Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$                                      | GW                             | Grava bien graduada             |                  |
|  |  | $Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$   | GP                             | Grava mal graduada              |                  |
|  | Gravas con finos<br>Mas del 12% pasa la malla No. 200            | IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad            | GM                             | Grava limosa                    |                  |
|  |  | IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad            | GC                             | Grava arcillosa                 |                  |
|  | Gravas limpias y con finos<br>Entre el 5 y 12% pasa malla No.200 | Cumple los criterios para GW y GM                                     | GW-GM                          | Grava bien graduada con limo    |                  |
|  |  | Cumple los criterios para GW y GC                                     | GW-GC                          | Grava bien graduada con arcilla |                  |
|  |  | Cumple los criterios para GP y GM                                     | GP-GM                          | Grava mal graduada con limo     |                  |
|  |  | Cumple los criterios para GP y GC                                     | GP-GC                          | Grava mal graduada con arcilla  |                  |
|  | Arenas limpias<br>Menos del 5% pasa la malla No. 200             | $Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$                                      | SW                             | Arena bien graduada             |                  |
|  |  | $Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$   | SP                             | Arena mal graduada              |                  |
| Arenas con finos<br>Mas del 12% pasa la malla No. 200  |  | IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad            | SM                             | Arena limosa                    |                  |
|  |  | IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad            | SC                             | Arena arcillosa                 |                  |
| Arenas limpias y con finos<br>Entre el 5 y 12% pasa malla No.200   |  | Cumple los criterios para SW y SM                                     | SW-SM                          | Arena bien graduada con limo    |                  |
|  |  | Cumple los criterios para SW y SC                                     | SW-SC                          | Arena bien graduada con arcilla |                  |
|  | Cumple los criterios para SP y SM                                | SP-SM   | Arena mal graduada con limo    |                                 |                  |
|  | Cumple los criterios para SP y SC                                | SP-SC   | Arena mal graduada con arcilla |                                 |                  |
| Suelos de partículas finas<br>El 50% o mas pasa la malla No. 200   | Inorgánicos  | IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" | CL                             | Arcilla de baja plasticidad     |                  |
|  |  | IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"  | ML                             | Limo de baja plasticidad        |                  |
|  | Orgánicos  | Limite liquido - secado al horno                                      | ----- < 0.75                   | OL                              | Arcilla orgánica |
|  |  | limite liquido - no secado  |                                | Limo orgánico                   |                  |
|  | Inorgánicos  | IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" | CH                             | Arcilla de alta plasticidad     |                  |
|  |  | IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"  | MH                             | Limo de alta plasticidad        |                  |
|  | Orgánicos  | Limite liquido - secado al horno                                      | ----- < 0.75                   | OH                              | Arcilla orgánica |
|  |  | limite liquido - no secado  |                                | Limo orgánica                   |                  |
| Suelos altamente orgánicos   | Principalmente materia orgánica de color oscuro                  | PT  | Turba                          |                                 |                  |

Realizado por: Ing. Iván Matos Lazo-Marvin Blanco

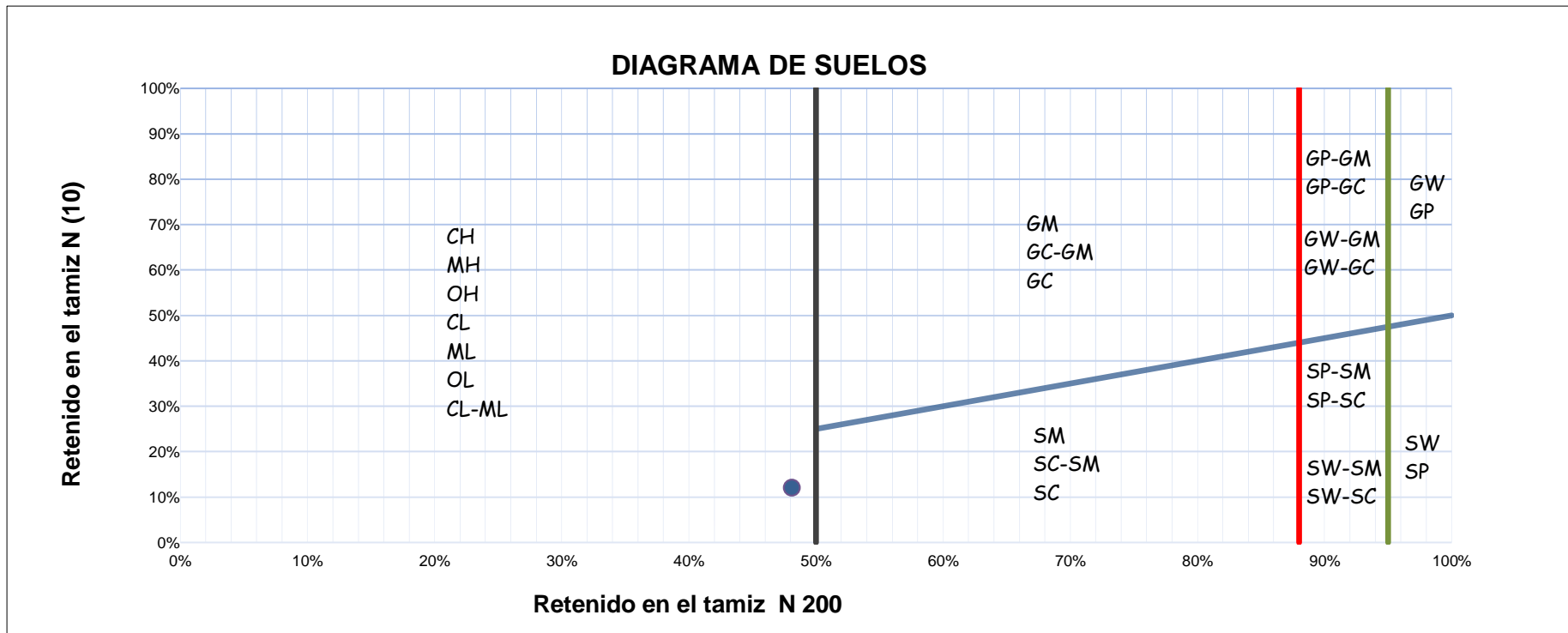


| DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS |    |               |       |       |       |           |    |         |    |               |       |  |       |           |    |        |       |                |        |    |    |    |    |    |    |
|--|----|---------------|-------|-------|-------|-----------|----|---------|----|---------------|-------|--|-------|-----------|----|--------|-------|----------------|--------|----|----|----|----|----|----|
| SUELOS   |    |               |       |       |       |           |    |         |    |               |       |  |       |           |    |        |       |                |        |    |    |    |    |    |    |
| GRUESOS<br>MENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200  |    |               |       |       |       |           |    |         |    |               |       | FINOS<br>MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200                        |       |           |    |        |       |                |        |    |    |    |    |    |    |
| GRAVAS   |    |               |       |       |       | ARENAS    |    |         |    |               |       | LIMOS Y ARCILLAS   |       |           |    |        |       | ORG<br>(Turba) |        |    |    |    |    |    |    |
| LIMPIAS  |    | COMBINACIONES |       |       |       | CON FINOS |    | LIMPIAS |    | COMBINACIONES |       |  |       | CON FINOS |    | LL<50% |       |                | LL>50% |    |    |    |    |    |    |
| GW   | GP | GW-GM         | GW-GC | GP-GM | GP-GC | GM        | GC | GC-GM   | SW | SP            | SW-SM | SW-SC  | SP-SM | SP-SC     | SM | SC     | SC-SM | CL             | CL-ML  | ML | OL | CH | MH | OH | Pt |
|  |    |               |       |       |       |           |    |         |    |               |       | <b>CL-ML (SUCS) Arcilla Limosa de baja Plasticidad con Arena</b> |       |           |    |        |       |                |        |    |    |    |    |    |    |

FIGURA N° 66: Carta de Plasticidad



FUENTE: ASTM D2487



FUENTE: ASTM D2487

- De acuerdo al sistema unificado de clasificación, El suelo que se obtuvo de la calicata N<sup>o</sup>-1 se clasifica como Arcilla Limosa de baja Plasticidad con Arena (CL-ML).



### 3.6.4.5.2. Clasificación de suelos 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, Christiaan Gutierrez Baca



|     |    |
|-----|----|
| C   | 01 |
| C-2 | 01 |

#### SISTEMA DE CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

##### Datos para la clasificación

##### De la granulometría

% de gruesos= 93.07%

% de finos= 6.93%

% de grava= 42.38%

% de arena= 50.69%

Retenido en  
malla N 200= 93.07%  
Retenido en  
malla N 10= 42.38%

% de la fracción gruesa  
retenida en la malla N  
10= 45.54% (Grava)  
% de la fracción gruesa  
pasa la malla N 10= 54.46% (Arena)

Cu= 51.11

Cc= 0.39

##### De los límites de consistencia

LL= 26.38%

LP= 19.43%

IP= 6.95%



FIGURA N° 67: Criterios de Asignación de Símbolos de Grupo y Nombre con el Uso de Ensayos de Laboratorio (ASTM D 2487).

| Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio |  |  | Clasificación de suelos   |                                 |                                 |                  |
|--|--|--|---|---------------------------------|---------------------------------|------------------|
|  |  |  | Símbolo de grupo  | Nombre del grupo                |                                 |                  |
| Suelos de partículas gruesas mas del 50% es retenido en la malla No. 200                                 | Gravas limpias<br>Menos del 5% pasa la malla No. 200             | $Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$                                 | GW  | Grava bien graduada             |                                 |                  |
|  |  | $Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$  | GP  | Grava mal graduada              |                                 |                  |
|  | Gravas con finos<br>Mas del 12% pasa la malla No. 200            | IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad       | GM  | Grava limosa                    |                                 |                  |
|  |  | IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad       | GC  | Grava arcillosa                 |                                 |                  |
|  | Gravas limpias y con finos<br>Entre el 5 y 12% pasa malla No.200 | Cumple los criterios para GW y GM                                | GW-GM   | Grava bien graduada con limo    |                                 |                  |
|  |  | Cumple los criterios para GW y GC                                | GW-GC   | Grava bien graduada con arcilla |                                 |                  |
|  |  | Cumple los criterios para GP y GM                                | GP-GM   | Grava mal graduada con limo     |                                 |                  |
|  |  | Cumple los criterios para GP y GC                                | GP-GC   | Grava mal graduada con arcilla  |                                 |                  |
|  | Arenas limpias<br>Menos del 5% pasa la malla No. 200             | $Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$                                 | SW  | Arena bien graduada             |                                 |                  |
|  |  | $Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$  | SP  | Arena mal graduada              |                                 |                  |
|  |  | Arenas con finos<br>Mas del 12% pasa la malla No. 200            | IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad            | SM                              | Arena limosa                    |                  |
|  |  |  | IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad            | SC                              | Arena arcillosa                 |                  |
|  |  | Arenas limpias y con finos<br>Entre el 5 y 12% pasa malla No.200 | Cumple los criterios para SW y SM                                     | SW-SM                           | Arena bien graduada con limo    |                  |
|  |  |  | Cumple los criterios para SW y SC                                     | SW-SC                           | Arena bien graduada con arcilla |                  |
| Cumple los criterios para SP y SM  | SP-SM  |  | Arena mal graduada con limo   |                                 |                                 |                  |
|  | Cumple los criterios para SP y SC                                | SP-SC  | Arena mal graduada con arcilla  |                                 |                                 |                  |
| Suelos de partículas finas<br>El 50% o mas pasa la malla No. 200   | Limos y arcillas<br>Limite Liquido menor que 50                  | Inorgánicos  | IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" | CL                              | Arcilla de baja plasticidad     |                  |
|  |  |  | IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"  | ML                              | Limo de baja plasticidad        |                  |
|  | Orgánicos  | Limite liquido - secado al horno                                 | $< 0.75$  |                                 |                                 | Arcilla orgánica |
|  |  | limite liquido - no secado                                       |   |                                 |                                 | Limo orgánico    |
|  | Limos y arcillas<br>Limite Liquido mayor que 50                  | Inorgánicos  | IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" | CH                              | Arcilla de alta plasticidad     |                  |
|  |  |  | IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"  | MH                              | Limo de alta plasticidad        |                  |
|  | Orgánicos  | Limite liquido - secado al horno                                 | $< 0.75$  |                                 |                                 | Arcilla orgánica |
|  |  | limite liquido - no secado                                       |   |                                 |                                 | Limo orgánica    |
| Suelos altamente orgánicos   | Principalmente materia orgánica de color oscuro                  |  | PT  | Turba                           |                                 |                  |

Realizado por: Ing. Iván Matos Lazo-Marvin Blanco

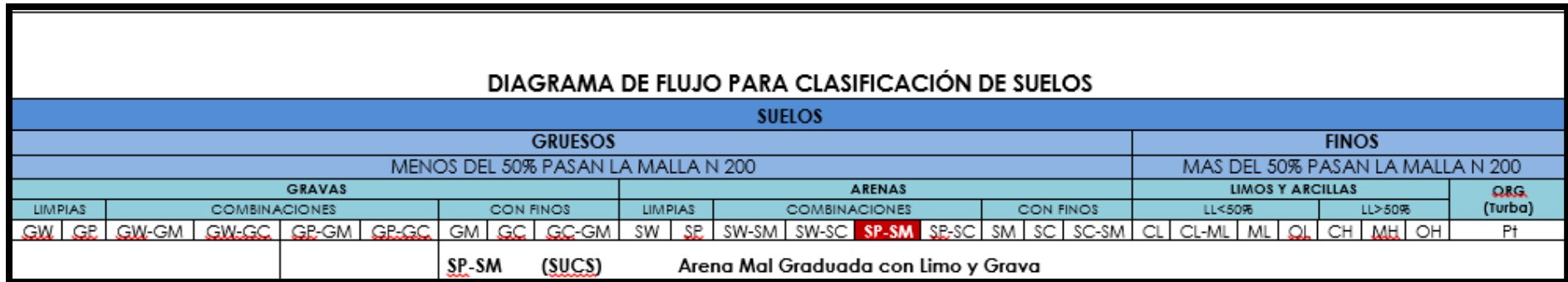
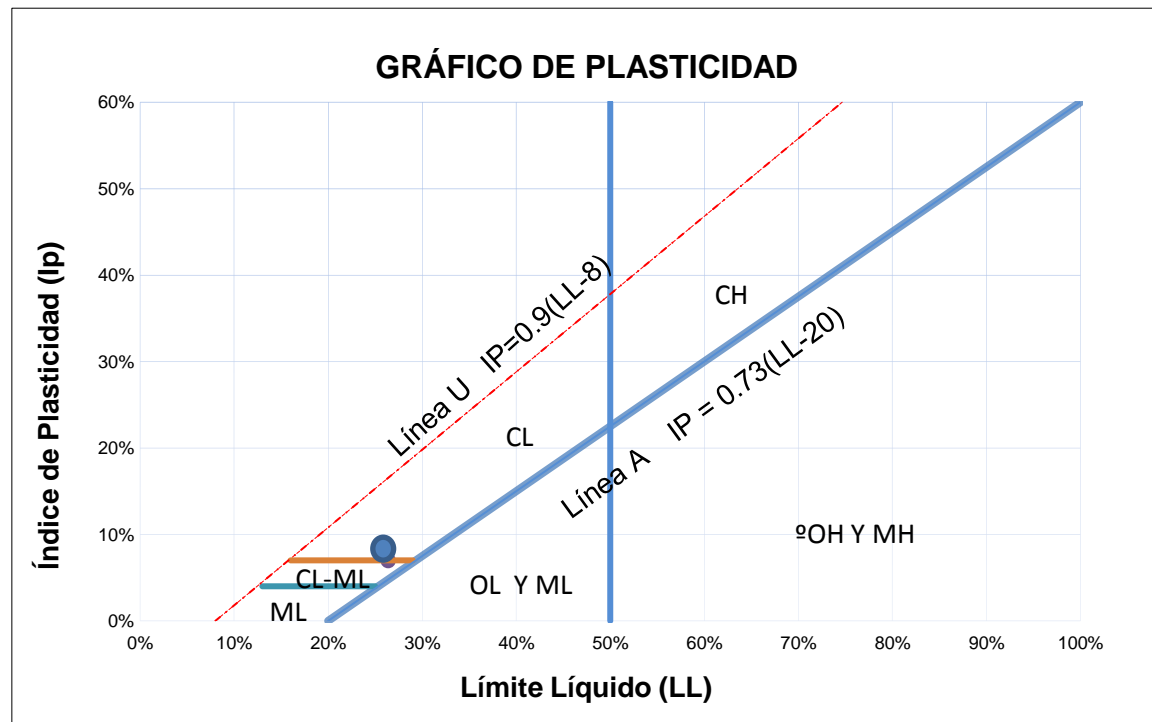
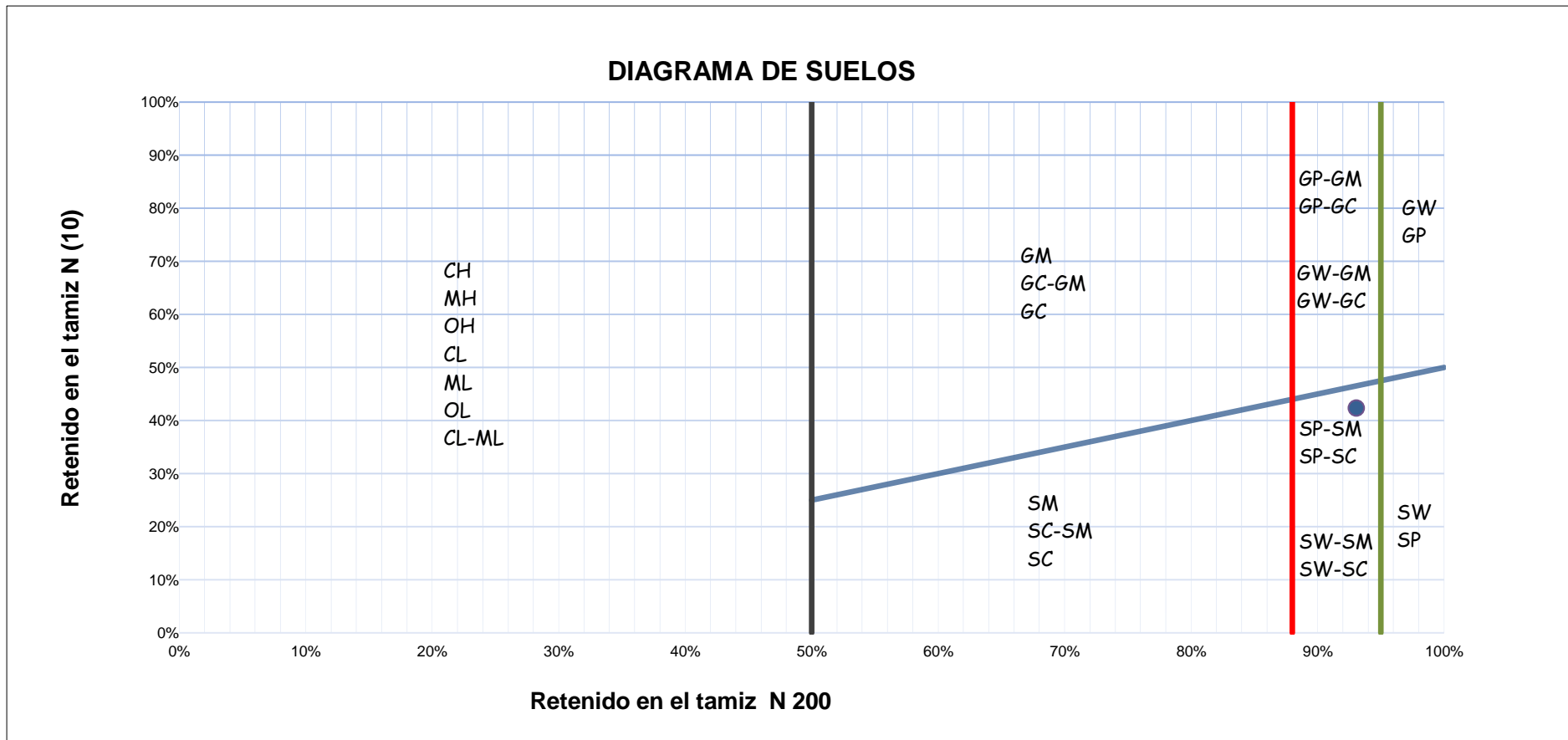


FIGURA Nº 68: Carta de Plasticidad



FUENTE: ASTM D2487



FUENTE: ASTM D2487

- De acuerdo al sistema unificado de clasificación, El suelo que Se obtuvo de la calicata N<sup>o</sup>-2 se clasifica como Arena mal Graduada con Limo y Grava (SP-SM).

### 3.6.4.5.3. Clasificación de Suelos calicata N°-3

- 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 , Christiaan Gutierrez Baca

#### SISTEMA DE CLASIFICACIÓN UNIFICADA DE SUELOS (SUCS)

##### Datos para la clasificación

##### De la granulometría

% de gruesos= 44.79%  
% de finos= 55.21%  
% de grava= 9.84%  
% de arena= 34.94%

Retenido en malla N 200= 44.79%  
Retenido en malla N 4= 9.84%

% de la fracción gruesa retenida en la malla N 10= 21.98% (Grava)  
% de la fracción gruesa pasa la malla N 10= 78.02% (Arena)

Cu= 46.00  
Cc= 0.54

##### De los límites de consistencia

LL= 33.44%  
LP= 19.12%  
IP= 14.33%



|     |    |
|-----|----|
| C   | 01 |
| C-3 | 01 |

FIGURA Nº 69: Criterios de Asignación de Símbolos de Grupo y Nombre con el Uso de Ensayos de Laboratorio

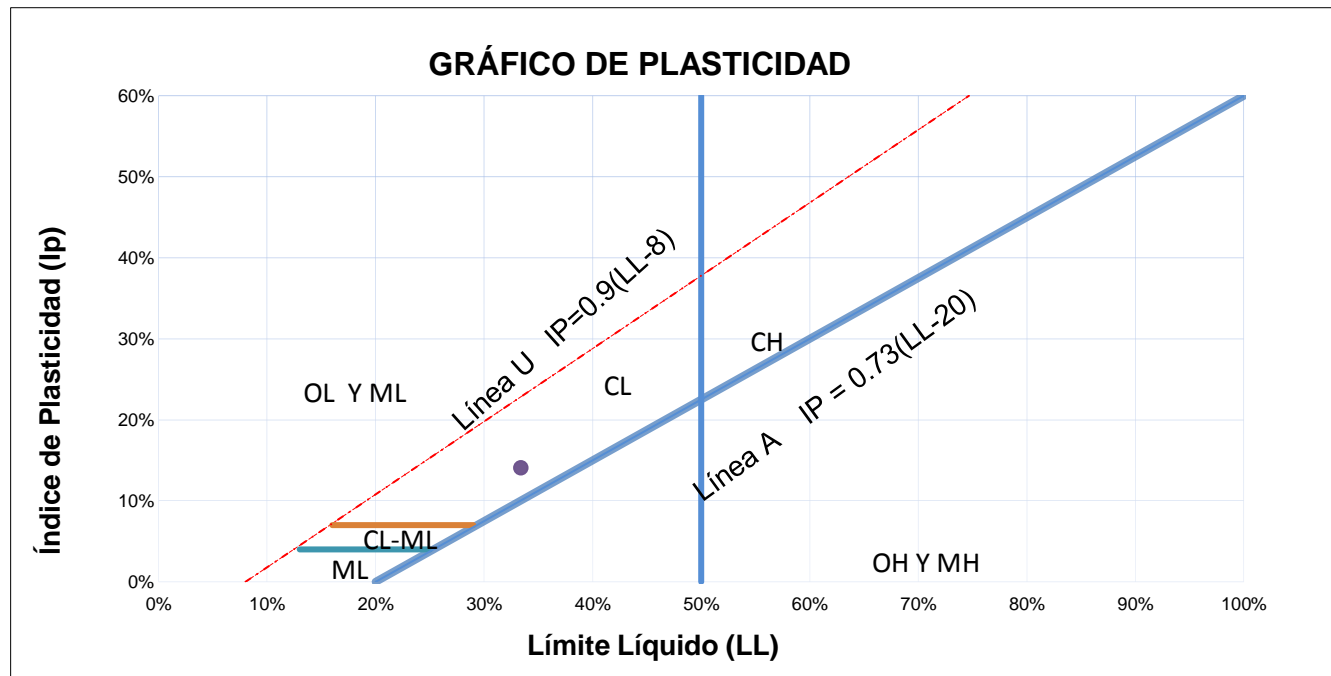
SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) ASTM D 2487

| Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio |  |   | Clasificación de suelos   |                                   |                                  |                                 |                     |
|--|--|---|---|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------|
|  |  |   | Símbolo de grupo  | Nombre del grupo                  |                                  |                                 |                     |
| <b>Suelos de partículas gruesas</b><br>mas del 50% es retenido en la malla No. 200                       | <b>Gravas</b><br>Menos del 5% pasa la malla No. 200                              | Gravas limpias  | $Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$                                      | GW                                | Grava bien graduada              |                                 |                     |
|  |  | Gravas con finos  | $Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$   | GP                                | Grava mal graduada               |                                 |                     |
|  | <b>Arenas</b><br>Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4 | Mas del 12% pasa la malla No. 200                                       | IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad            |                                   | GM                               | Grava limosa                    |                     |
|  |  |   | IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad            |                                   | GC                               | Grava arcillosa                 |                     |
|  |  | Entre el 5 y 12% pasa malla No.200                                      | Cumple los criterios para GW y GM                                     |                                   | GW-GM                            | Grava bien graduada con limo    |                     |
|  |  |   | Cumple los criterios para GW y GC                                     |                                   | GW-GC                            | Grava bien graduada con arcilla |                     |
|  | <b>Suelos de partículas finas</b><br>El 50% o mas pasa la malla No. 200          | Arenas limpias<br>Menos del 5% pasa la malla No. 200                    | Gravas limpias y con finos  | Cumple los criterios para GP y GM | GP-GM                            | Grava mal graduada con limo     |                     |
|  |  |   | Gravas limpias y con finos  | Cumple los criterios para GP y GC | GP-GC                            | Grava mal graduada con arcilla  |                     |
|  |  | <b>Arenas</b><br>El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4 | Mas del 12% pasa la malla No. 200                                     | Arenas limpias                    | $Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$ | SW                              | Arena bien graduada |
|  |  |   |   | Arenas con finos                  | $Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$          | SP                              | Arena mal graduada  |
| Entre el 5 y 12% pasa malla No.200   |  | IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad              | IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad            |                                   | SM                               | Arena limosa                    |                     |
|  |  |   | IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad            |                                   | SC                               | Arena arcillosa                 |                     |
|  |  | Arenas limpias y con finos  | Cumple los criterios para SW y SM                                     |                                   | SW-SM                            | Arena bien graduada con limo    |                     |
|  |  |   | Cumple los criterios para SW y SC                                     |                                   | SW-SC                            | Arena bien graduada con arcilla |                     |
| Arenas limpias y con finos   | Cumple los criterios para SP y SM  |   | SP-SM   | Arena mal graduada con limo       |                                  |                                 |                     |
|  | Cumple los criterios para SP y SC  |   | SP-SC   | Arena mal graduada con arcilla    |                                  |                                 |                     |
| Limos y arcillas<br>Limite Liquido menor que 50  | Inorgánicos  | IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"   |   | CL                                | Arcilla de baja plasticidad      |                                 |                     |
|  |  | IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"    |   | ML                                | Limo de baja plasticidad         |                                 |                     |
|  | Orgánicos  | Limite liquido - secado al horno  |   | OL                                | Arcilla orgánica                 |                                 |                     |
|  |  | limite liquido - no secado  | < 0.75  |                                   | Limo orgánico                    |                                 |                     |
|  | Limos y arcillas<br>Limite Liquido mayor que 50                                  | Inorgánicos   | IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A" |                                   | CH                               | Arcilla de alta plasticidad     |                     |
|  |  |   | IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"  |                                   | MH                               | Limo de alta plasticidad        |                     |
| Orgánicos  |  | Limite liquido - secado al horno  |   | OH                                | Arcilla orgánica                 |                                 |                     |
|  |  | limite liquido - no secado  | < 0.75  |                                   | Limo orgánica                    |                                 |                     |
| <b>Suelos altamente orgánicos</b>  | Principalmente materia orgánica de color oscuro                                  |   |   | PT                                | Turba                            |                                 |                     |

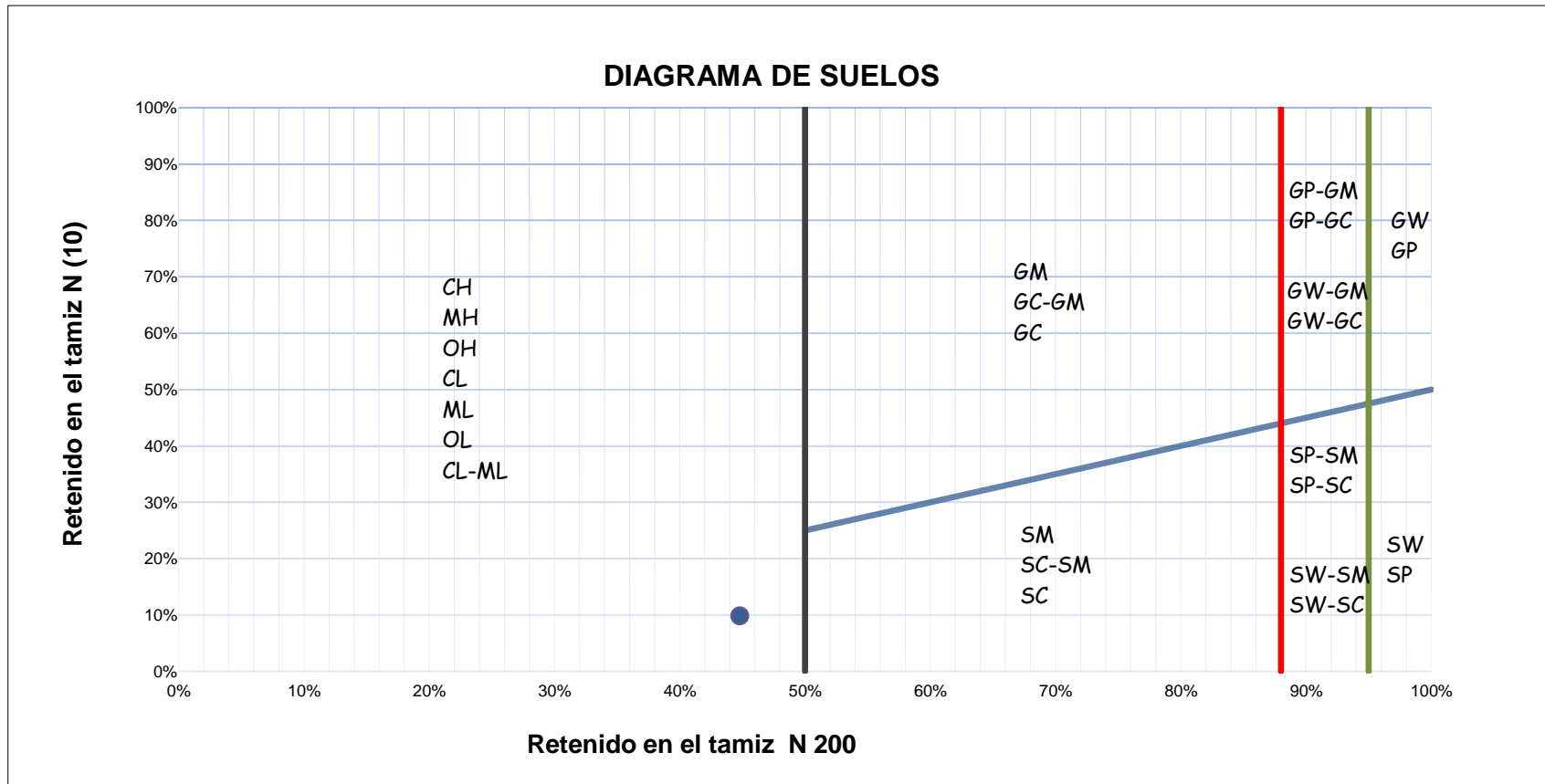
Realizado por: Ing. Iván Matos Lazo-Marvin Blanco Rodríguez.

| DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS |    |               |       |       |       |           |    |       |         |    |               |       |       |       |   |           |       |    |        |    |             |        |    |    |    |  |  |  |
|--|----|---------------|-------|-------|-------|-----------|----|-------|---------|----|---------------|-------|-------|-------|---|-----------|-------|----|--------|----|-------------|--------|----|----|----|--|--|--|
| SUELOS   |    |               |       |       |       |           |    |       |         |    |               |       |       |       |   |           |       |    |        |    |             |        |    |    |    |  |  |  |
| GRUESOS<br>MENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200  |    |               |       |       |       |           |    |       |         |    |               |       |       |       | FINOS<br>MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200 |           |       |    |        |    |             |        |    |    |    |  |  |  |
| GRAVAS   |    |               |       |       |       | ARENAS    |    |       |         |    |               |       |       |       | LIMOS Y ARCILLAS                          |           |       |    |        |    | ORG (Turba) |        |    |    |    |  |  |  |
| LIMPIAS  |    | COMBINACIONES |       |       |       | CON FINOS |    |       | LIMPIAS |    | COMBINACIONES |       |       |       |   | CON FINOS |       |    | LL<50% |    |             | LL>50% |    |    |    |  |  |  |
| GW   | GP | GW-GM         | GW-GC | GP-GM | GP-GC | GM        | GC | GC-GM | SW      | SP | SW-SM         | SW-SC | SP-SM | SP-SC | SM  | SC        | SC-SM | CL | CL-ML  | ML | OL          | CH     | MH | OH | Pt |  |  |  |
|  |    |               |       |       |       | CL (SUCS) |    |       |         |    |               |       |       |       | Arcilla de Baja Elasticidad con Arena     |           |       |    |        |    |             |        |    |    |    |  |  |  |

FIGURA Nº 70: Cartas de Plasticidad



FUENTE: ASTM- D2487





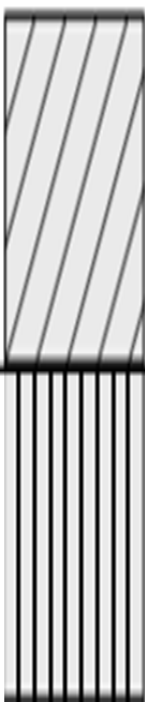
FUENTE: ASTM- D2487

- De acuerdo al sistema unificado de clasificación, El suelo que se obtuvo de la calicata N<sup>o</sup>-3 se clasifica como arcilla de baja plasticidad con arena (CL).



### 3.6.4.6. Determinación de la Estratigrafía del Suelo



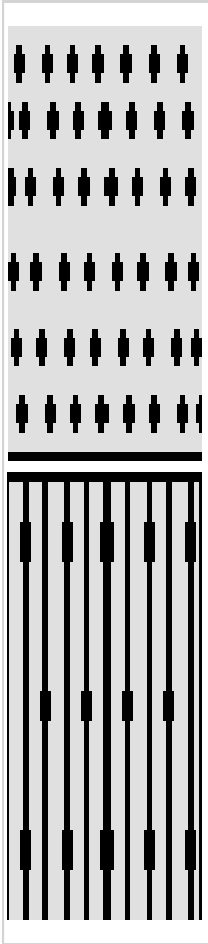
#### 3.6.4.6.1. Determinación de la Estratigrafía calicata N°-1

| LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.   |     |       |  |  |  |  |
|---|-----|-------|--|--|--|--|
|  <b>INGEOMAT</b> DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN" |     |       |  |  |  |  |
| Proyecto: OROPESA-QUISPICANCHIS   |     |       |  |  |  |  |
| Ubicación: -CUSCO   |     |       |  |  |  |  |
| Muestra: Alterada   |     |       |  |  |  |  |
| Fecha: febrero-2017   |     |       |  |  |  |  |
| Solicitante: BACH , Christiaan Gutierrez Baca   |     |       |  |  |  |  |
|   |     |       |  | C  | 01   |  |
|   |     |       |  | C-1  | 01   |  |
| Profundidad   | ESC | SUCS  | Estratigrafía  | Simbología SUCS  | Descripción SUCS                             | Observaciones  |
| 0.10 m  |     | CL-ML |  |  | ARCILLA LIMOSA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA | MATERIAL COHESIVO CON PRESENCIA DE ARENA DE COLOR ROJO OSCURO. |
| 0.20 m  |     |       |  |  |  |  |
| 0.30 m  |     |       |  |  |  |  |
| 0.40 m  |     |       |  |  |  |  |
| 0.50 m  |     |       |  |  |  |  |
| 0.60 m  |     |       |  |  |  |  |
| 0.70 m  |     |       |  |  |  |  |
| 0.80 m  |     |       |  |  |  |  |
| 0.90 m  |     |       |  |  |  |  |
| 1.00 m  |     |       |  |  |  |  |
| 1.10 m  |     |       |  |  |  |  |
| 1.20 m  |     |       |  |  |  |  |
| 1.30 m  |     |       |  |  |  |  |
| 1.40 m  |     |       |  |  |  |  |
| 1.50 m  |     |       |  |  |  |  |
| 1.60 m  |     |       |  |  |  |  |
| 1.70 m  |     |       |  |  |  |  |
| 1.80 m  |     |       |  |  |  |  |
| 1.90 m  |     |       |  |  |  |  |
| 2.00 m  |     |       |  |  |  |  |
| 2.10 m  |     |       |  |  |  |  |

Fuente: Ingeomat

La estratigrafía que se presenta en la calicata N° -1, Muestra que se tiene entre 15 a 20 cm de terreno agrícola y, a partir de 0.20 a 2.00 m se tiene Arcilla Limosa de baja plasticidad con Arena.

### 3.6.4.6.2. Determinación de la Estratigrafía Calicata N°-2

| LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.   |     |       |  |   |                                     |  |
|---|-----|-------|--|---|-------------------------------------|--|
|  <p>"DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN"</p> <p>Proyecto: PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN"</p> <p>Ubicación: OROPESA-QUISPICANCHIS - CUSCO</p> <p>Muestra: Alterada</p> <p>Fecha: febrero-2017</p> <p>Solicitante: BACH, Christian Gutierrez</p> <p>: Baca</p> |     |       |  |   |                                     |  |
|   |     |       |  |   | C                                   | 01   |
|   |     |       |  |   | C-2                                 | 01   |
| Profundidad   | ESC | SUCS  | Estratigrafía  | Simbología SUCS   | Descripción SUCS                    | Observaciones  |
| 0.10 m  |     | SP-SM |  |  | ARENA MAL GRADUADA CON LIMO Y GRAVA | MATERIAL COHESIVO CON PRESENCIA DE ARENA DE COLOR ROJO OSCURO. |
| 0.20 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 0.30 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 0.40 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 0.50 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 0.60 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 0.70 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 0.80 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 0.90 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 1.00 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 1.10 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 1.20 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 1.30 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 1.40 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 1.50 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 1.60 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 1.70 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 1.80 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 1.90 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| 2.00 m  |     |       |  |   |                                     |  |
| Fuente: Ingeomat  |     |       |  |   |                                     |  |

- La estratigrafía que se presenta en la calicata N° -2, Muestra que se tiene entre 0.10 a 0.15 m de terreno agrícola y, a partir de 0.15 a 2.00 m se tiene Arena mal Graduada con Limo y Grava.

### 3.6.4.6.3. Determinación de la Estratigrafía calicata N°-3

| LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES.   |      |       |               |                 |                                       |   |
|---|------|-------|---------------|-----------------|---------------------------------------|---|
| <p><b>INGEOMAT</b> "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LAS ZONAS ALEDAÑAS AL RÍO Pachatusan y sus propuestas de mitigación"</p> <p>Ubicación: OROPESA-QUISPICANCHIS<br/>: -CUSCO<br/>Alterad</p> <p>Muestra: a<br/>febrero-<br/>Fecha: 2017</p> <p>Solicitante: BACH, Christiaan Gutierrez<br/>: Baca</p> |      |       |               |                 |                                       |   |
|   |      |       |               | C               | 01                                    |   |
|   |      |       |               | C-3             | 01                                    |   |
| Profundidad   | ES C | SUC S | Estratigrafía | Simbología SUCS | Descripción SUCS                      | Observaciones   |
| 0.10 m  |      |       |               |                 | ARCILLA DE BAJA ELASTICIDAD CON ARENA | MATERIAL COHESIVO CON PRESENCIA DE ARENA EN PEQUEÑAS CANTIDADES DE COLOR ROJO CLARO |
| 0.20 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 0.30 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 0.40 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 0.50 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 0.60 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 0.70 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 0.80 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 0.90 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 1.00 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 1.10 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 1.20 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 1.30 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 1.40 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 1.50 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 1.60 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 1.70 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 1.80 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 1.90 m  |      |       |               |                 |                                       |   |
| 2.00 m  |      |       |               |                 |                                       |   |

- La estratigrafía que se presenta en la calicata N° -3, Muestra que se tiene entre 0.10 a 0.50 m de terreno agrícola y a partir de 0.50 a 2.00 m se Arcilla de Baja Plasticidad con Arena.

### 3.6.4.6.4. Proceso de Cálculo del Ensayo de Corte Directo Calicata N°-1



**INGEOMAT**  
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

Ubicación: OROPESA-QUISPICANCHIS -CUSCO

Fecha: junio-2017

Tipo de ensayo: CD = CONSOLIDADO DRENADO

|  |     |    |
|--|-----|----|
|  | C   | 01 |
|  | C-1 | 01 |

**DATOS DEL EQUIPO**

Diámetro o Lado D= 5.08 cm  
Área A= 20.27 m<sup>2</sup>

Altura H= 2.15 cm  
Volumen V= 43.58 m<sup>3</sup>

**Datos adicionales**

Peso= 117.5 gr  
Peso unitario húmedo 2.70 gr/cm<sup>3</sup>  
Contenido de Humedad= 16.18 %  
Peso unitario seco 2.68 gr/cm<sup>3</sup>

#### VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 4 kg

| DEFORMAC. HORIZON. mm | DEFORMA. C. VERTICAL mm | DEF. cm | CARGA CORTANTE E Kg-f | CARGA NORMAL L Kg-f | Diam. cm | ÁREA cm <sup>2</sup> | ÁREA CORREGIDA cm <sup>2</sup> | ESFUERZO CORTANTE E Kg/cm <sup>2</sup> | ESFUERZO NORMAL Kg/cm <sup>2</sup> |
|-----------------------|-------------------------|---------|-----------------------|---------------------|----------|----------------------|--------------------------------|--|------------------------------------|
| 0                     | 0.000                   | 0.00    | 0.000                 | 4.000               | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.000                                  | 0.197                              |
| 0.1                   | -0.003                  | 0.01    | 3.040                 | 4.000               | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.150                                  | 0.197                              |
| 0.2                   | -0.004                  | 0.02    | 4.052                 | 4.000               | 5.080    | 20.268               | 20.26                          | 0.200                                  | 0.197                              |
| 0.3                   | -0.004                  | 0.03    | 4.861                 | 4.000               | 5.080    | 20.268               | 20.25                          | 0.240                                  | 0.198                              |
| 0.4                   | -0.004                  | 0.04    | 5.264                 | 4.000               | 5.080    | 20.268               | 20.24                          | 0.260                                  | 0.198                              |
| 0.5                   | -0.004                  | 0.05    | 6.070                 | 4.000               | 5.080    | 20.268               | 20.23                          | 0.300                                  | 0.198                              |
| 0.6                   | -0.004                  | 0.06    | 7.281                 | 4.000               | 5.080    | 20.268               | 20.22                          | 0.360                                  | 0.198                              |
| 0.8                   | -0.004                  | 0.08    | 8.080                 | 4.000               | 5.080    | 20.268               | 20.20                          | 0.400                                  | 0.198                              |
| 1                     | -0.004                  | 0.10    | 8.473                 | 4.000               | 5.080    | 20.268               | 20.17                          | 0.420                                  | 0.198                              |
| 1.2                   | -0.004                  | 0.12    | 8.461                 | 4.000               | 5.080    | 20.268               | 20.14                          | 0.420                                  | 0.199                              |
| 1.4                   | -0.004                  | 0.14    | 8.447                 | 4.000               | 5.080    | 20.268               | 20.11                          | 0.420                                  | 0.199                              |
| 1.6                   | -0.004                  | 0.16    | 8.453                 | 4.000               | 5.080    | 20.268               | 20.08                          | <b>0.421</b>                           | <b>0.199</b>                       |

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

| DEFORMA C. HORIZON. mm | DEFORMAC. VERTICAL mm | DEF. cm | CARGA CORTANTE Kg-f | CARGA NORMAL Kg-f | 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> |
|------------------------|-----------------------|---------|---------------------|-------------------|----------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 0                      | 0.000                 | 0.00    | 0.000               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.000                                | 0.395                              |
| 0.1                    | -0.020                | 0.01    | 4.053               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.200                                | 0.395                              |
| 0.2                    | -0.037                | 0.02    | 4.862               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.26                          | 0.240                                | 0.395                              |
| 0.3                    | -0.051                | 0.03    | 5.468               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.25                          | 0.270                                | 0.395                              |
| 0.4                    | -0.063                | 0.04    | 6.478               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.24                          | 0.320                                | 0.395                              |
| 0.5                    | -0.070                | 0.05    | 6.880               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.23                          | 0.340                                | 0.395                              |
| 0.6                    | -0.084                | 0.06    | 8.090               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.22                          | 0.400                                | 0.396                              |
| 0.8                    | -0.095                | 0.08    | 9.090               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.20                          | 0.450                                | 0.396                              |
| 1                      | -0.106                | 0.10    | 10.289              | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.17                          | 0.510                                | 0.397                              |
| 1.2                    | -0.119                | 0.12    | 10.314              | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.14                          | 0.512                                | 0.397                              |
| 1.4                    | -0.128                | 0.14    | 10.318              | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.11                          | 0.513                                | 0.398                              |
| 1.6                    | -0.142                | 0.16    | 10.511              | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.08                          | <b>0.524</b>                         | <b>0.398</b>                       |

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

| DEFOR MAC. HORIZO N. mm | DEFOR MAC. VERTIC AL mm | DEF. cm | CARG A CORTA NTE Kg-f | CARGA NORMAL Kg-f | Diam. cm | ÁREA cm <sup>2</sup> | ÁREA CORREGIDA cm <sup>2</sup> | ESFUERZ O CORTAN TE Kg/cm <sup>2</sup> | ESFUERZ O NORMA L Kg/cm <sup>2</sup> |
|-------------------------|-------------------------|---------|-----------------------|-------------------|----------|----------------------|--------------------------------|--|--------------------------------------|
| 0                       | 0.000                   | 0.0000  | 0.000                 | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.000                                  | 0.592                                |
| 0.1                     | -0.003                  | 0.0100  | 5.674                 | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.280                                  | 0.592                                |
| 0.2                     | -0.009                  | 0.0200  | 7.496                 | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.26                          | 0.370                                  | 0.592                                |
| 0.3                     | -0.021                  | 0.0300  | 9.114                 | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.25                          | 0.450                                  | 0.593                                |
| 0.4                     | -0.035                  | 0.0400  | 10.932                | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.24                          | 0.540                                  | 0.593                                |
| 0.5                     | -0.052                  | 0.0500  | 13.355                | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.23                          | 0.660                                  | 0.593                                |
| 0.6                     | -0.065                  | 0.0600  | 13.786                | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.22                          | 0.682                                  | 0.593                                |
| 0.8                     | -0.087                  | 0.0800  | 13.938                | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.20                          | 0.690                                  | 0.594                                |
| 1                       | -0.105                  | 0.1000  | 14.424                | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.17                          | 0.715                                  | 0.595                                |
| 1.2                     | -0.120                  | 0.1200  | 14.316                | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.14                          | 0.711                                  | 0.596                                |
| 1.4                     | -0.128                  | 0.1400  | 14.280                | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.11                          | 0.710                                  | 0.597                                |
| 1.6                     | -0.137                  | 0.1600  | 14.376                | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.08                          | <b>0.716</b>                           | <b>0.598</b>                         |

Fuente: Ingeomat

FIGURA Nº 71: Esfuerzo Cortante v/s Deformación Calicata Nº-1

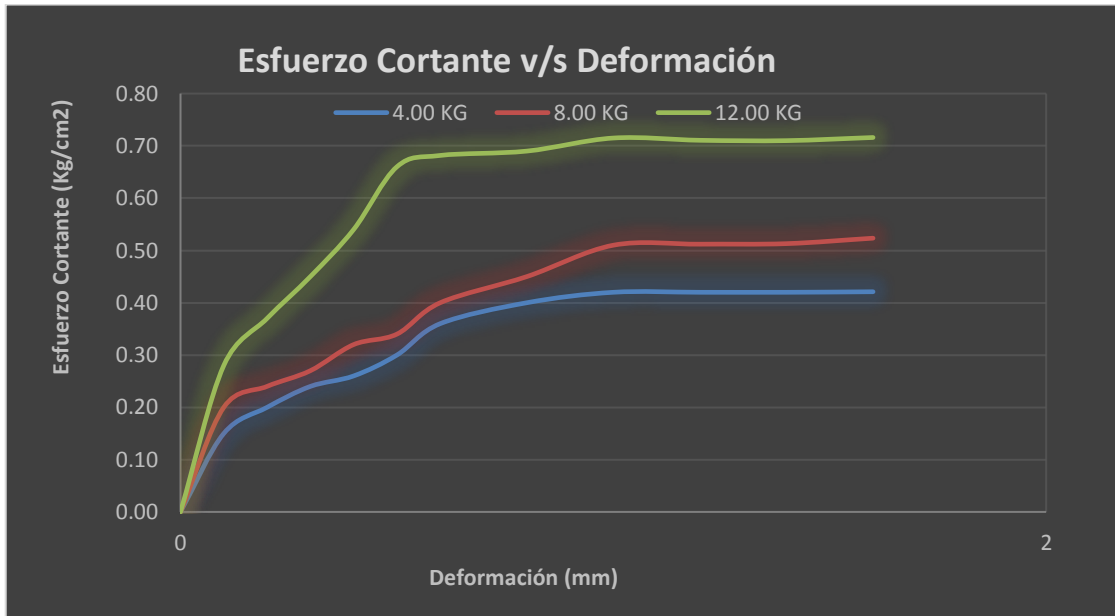
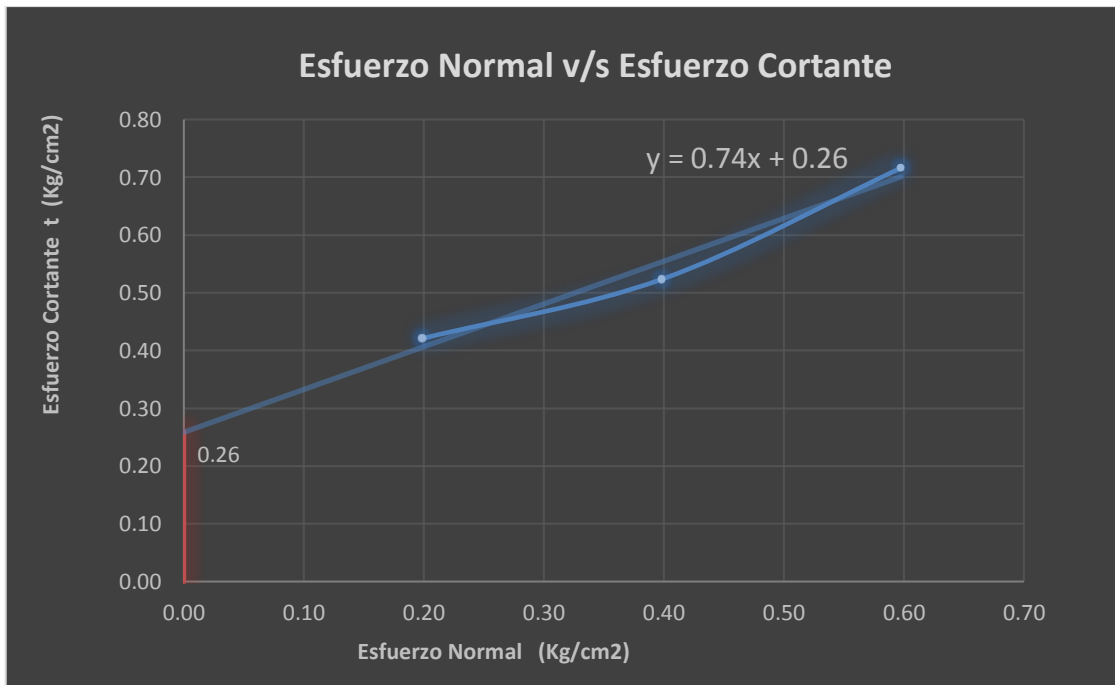



FIGURA Nº 72: Esfuerzo Normal v/s Esfuerzo Cortante Calicata Nº-1



|  |                               |
|--|-------------------------------|
| <p><b>Cohesión</b><br/> <b>(C)= 0.26 Kg/cm2</b><br/> <b>tg(φ) = 0.740</b><br/> <b>φ= 0.64 radianes</b><br/> <b>φ= 36.5 °</b></p> | $\tau = c + \sigma.tg \theta$ |
|--|-------------------------------|

### 3.6.4.6.5. Proceso de Cálculo del Ensayo de Corte Directo Calicata N°-2



**INGEOMAT**  
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

Ubicación: OROPESA-QUISPICANCHIS -CUSCO

Fecha: junio-2017

Tipo de ensayo: CD = CONSOLIDADO DRENADO

|  |     |    |
|--|-----|----|
|  | C   | 01 |
|  | C-2 | 01 |

**DATOS DEL EQUIPO**

Diámetro o Lado D= 5.08 cm

Área A= 20.27 m<sup>2</sup>

Altura H= 2.15 cm

Volumen V= 43.58 m<sup>3</sup>

**DATOS ADICIONALES**

Peso= 111.50 gr

Peso unitario húmedo= 2.56 gr/cm<sup>3</sup>

Contenido de Humedad= 10.54%

Peso unitario seco 2.54 gr/cm<sup>3</sup>

#### VALORES DE ESFUERZOS CORTANTES Y NORMALES PARA LA CARGA APLICADA DE 4 kg

| DEFORMAC. HORIZON. mm | DEFORMA C. VERTICAL mm | DEF. cm | CARGA CORTANTE Kg-f | CARGA NORMAL Kg-f | 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> |
|-----------------------|------------------------|---------|---------------------|-------------------|----------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 0                     | 0.000                  | 0.0000  | 0.00                | 4.000             | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.000                                | 0.197                              |
| 0.1                   | -0.003                 | 0.0100  | 1.42                | 4.000             | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.070                                | 0.197                              |
| 0.2                   | -0.004                 | 0.0200  | 1.62                | 4.000             | 5.080    | 20.268               | 20.26                          | 0.080                                | 0.197                              |
| 0.3                   | -0.004                 | 0.0300  | 2.43                | 4.000             | 5.080    | 20.268               | 20.25                          | 0.120                                | 0.198                              |
| 0.4                   | -0.004                 | 0.0400  | 2.83                | 4.000             | 5.080    | 20.268               | 20.24                          | 0.140                                | 0.198                              |
| 0.5                   | -0.004                 | 0.0500  | 3.44                | 4.000             | 5.080    | 20.268               | 20.23                          | 0.170                                | 0.198                              |
| 0.6                   | -0.004                 | 0.0600  | 4.25                | 4.000             | 5.080    | 20.268               | 20.22                          | 0.210                                | 0.198                              |
| 0.8                   | -0.004                 | 0.0800  | 4.65                | 4.000             | 5.080    | 20.268               | 20.20                          | 0.230                                | 0.198                              |
| 1                     | -0.004                 | 0.1000  | 5.25                | 4.000             | 5.080    | 20.268               | 20.17                          | 0.260                                | 0.198                              |
| 1.2                   | -0.004                 | 0.1200  | 5.85                | 4.000             | 5.080    | 20.268               | 20.14                          | 0.290                                | 0.199                              |
| 1.4                   | -0.004                 | 0.1400  | 6.22                | 4.000             | 5.080    | 20.268               | 20.11                          | 0.309                                | 0.199                              |
| 1.6                   | -0.004                 | 0.1600  | 6.06                | 4.000             | 5.080    | 20.268               | 20.08                          | 0.302                                | 0.199                              |
| 1.8                   | -0.004                 | 0.1800  | 6.16                | 4.000             | 5.080    | 20.268               | 20.04                          | 0.307                                | 0.200                              |
| 2                     | -0.004                 | 0.2000  | 6.28                | 4.000             | 5.080    | 20.268               | 20.00                          | 0.314                                | 0.200                              |
| 2.2                   | -0.004                 | 0.2200  | 6.37                | 4.000             | 5.080    | 20.268               | 19.96                          | <b>0.319</b>                         | <b>0.200</b>                       |

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

| DEFORMA C. HORIZON. mm | DEFORMA C. VERTICAL mm | DEF. cm | CARGA CORTANTE Kg-f | CARGA NORMAL Kg-f | 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> |
|------------------------|------------------------|---------|---------------------|-------------------|----------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 0                      | 0.000                  | 0.00    | 0.000               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.000                                | 0.395                              |
| 0.1                    | -0.020                 | 0.01    | 3.445               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.170                                | 0.395                              |
| 0.2                    | -0.037                 | 0.02    | 4.052               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.26                          | 0.200                                | 0.395                              |
| 0.3                    | -0.051                 | 0.03    | 5.063               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.25                          | 0.250                                | 0.395                              |
| 0.4                    | -0.063                 | 0.04    | 5.871               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.24                          | 0.290                                | 0.395                              |
| 0.5                    | -0.070                 | 0.05    | 6.880               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.23                          | 0.340                                | 0.395                              |
| 0.6                    | -0.084                 | 0.06    | 7.270               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.22                          | 0.359                                | 0.396                              |
| 0.8                    | -0.095                 | 0.08    | 7.370               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.20                          | 0.365                                | 0.396                              |
| 1                      | -0.106                 | 0.10    | 7.450               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.17                          | 0.369                                | 0.397                              |
| 1.2                    | -0.119                 | 0.12    | 7.550               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.14                          | 0.375                                | 0.397                              |
| 1.4                    | -0.128                 | 0.14    | 7.660               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.11                          | 0.381                                | 0.398                              |
| 1.6                    | -0.142                 | 0.16    | 7.770               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.08                          | <b>0.387</b>                         | <b>0.398</b>                       |

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

| DEFORMAC. HORIZON. mm | DEFORMAC. VERTICAL mm | DEF. cm | CARGA CORTANTE Kg-f | CARGA NORMAL Kg-f | 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> |
|-----------------------|-----------------------|---------|---------------------|-------------------|----------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 0                     | 0.000                 | 0.00    | 0.000               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.000                                | 0.592                              |
| 0.1                   | -0.003                | 0.01    | 6.080               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.300                                | 0.592                              |
| 0.2                   | -0.009                | 0.02    | 7.496               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.26                          | 0.370                                | 0.592                              |
| 0.3                   | -0.021                | 0.03    | 8.101               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.25                          | 0.400                                | 0.593                              |
| 0.4                   | -0.035                | 0.04    | 8.907               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.24                          | 0.440                                | 0.593                              |
| 0.5                   | -0.052                | 0.05    | 9.915               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.23                          | 0.490                                | 0.593                              |
| 0.6                   | -0.065                | 0.06    | 10.719              | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.22                          | 0.530                                | 0.593                              |
| 0.8                   | -0.087                | 0.08    | 10.930              | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.20                          | 0.541                                | 0.594                              |
| 1                     | -0.105                | 0.10    | 11.060              | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.17                          | 0.548                                | 0.595                              |
| 1.2                   | -0.120                | 0.12    | 11.190              | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.14                          | 0.555                                | 0.596                              |
| 1.4                   | -0.128                | 0.14    | 11.310              | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.11                          | <b>0.562</b>                         | <b>0.597</b>                       |



FIGURA Nº 73: Esfuerzo Cortante v/s Deformación Calicata N°-2

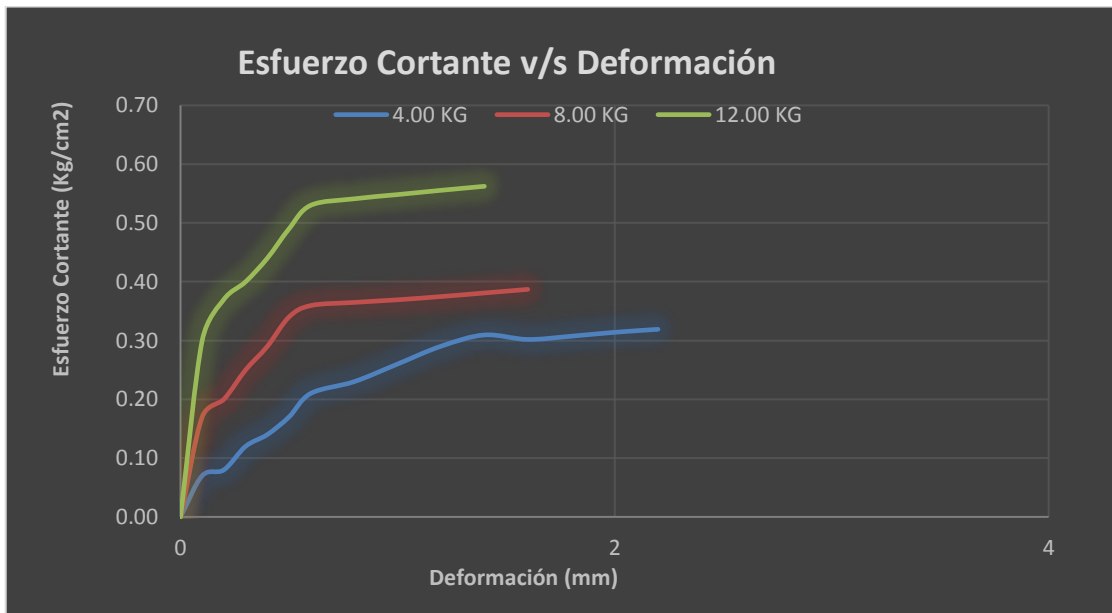
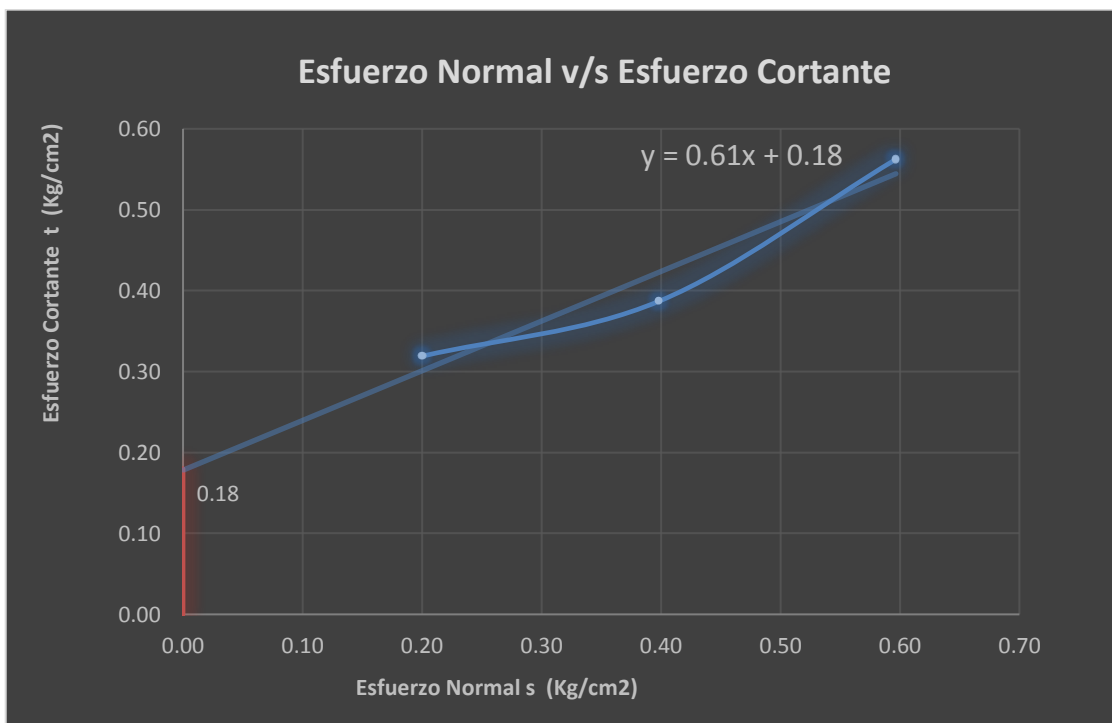


FIGURA Nº 74: Esfuerzo Normal v/s Esfuerzo Cortante Calicata N°-2



Fuente: Elaboración Propia

**Cohesión**

(C)= 0.18 Kg/cm²


tg(φ) = 0.610

φ = 0.55 radianes

φ = 31.4 °

$$\tau = c + \sigma.tg \theta$$

### 3.6.4.6.6. Proceso de Cálculo del Ensayo de Corte Directo calicata N°-3



**INGEOMAT**  
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

Ubicación: OROPESA-QUISPICANCHIS -CUSCO

Fecha: junio-2017

Tipo de ensayo: CD = CONSOLIDADO DRENADO

|  |     |    |
|--|-----|----|
|  | C   | 01 |
|  | C-3 | 01 |

**DATOS DEL EQUIPO**

Diámetro o Lado D= 5.08 cm  
Área A= 20.27 m<sup>2</sup>

Altura H= 2.15 cm  
Volumen V= 43.58 m<sup>3</sup>

**DATOS ADICIONALES**

Peso= 80.62 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 4kg

| DEFORM. HORIZON. mm | DEFORM. VERTICAL L mm | DEF. cm | CARGA CORTANTE E Kg-f | CARGA NORMA L Kg-f | Diam. cm | ÁREA cm <sup>2</sup> | ÁREA CORREGIDA A cm <sup>2</sup> | ESFUERZO CORTANTE E Kg/cm <sup>2</sup> | ESFUERZO NORMAL Kg/cm <sup>2</sup> |
|---------------------|-----------------------|---------|-----------------------|--------------------|----------|----------------------|----------------------------------|--|------------------------------------|
| 0                   | 0.000                 | 0.0000  | 0.000                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 20.27                            | 0.000                                  | 0.197                              |
| 0.1                 | -0.003                | 0.0100  | 2.634                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 20.27                            | 0.130                                  | 0.197                              |
| 0.2                 | -0.004                | 0.0200  | 3.241                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 20.26                            | 0.160                                  | 0.197                              |
| 0.3                 | -0.004                | 0.0300  | 4.050                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 20.25                            | 0.200                                  | 0.198                              |
| 0.4                 | -0.004                | 0.0400  | 4.858                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 20.24                            | 0.240                                  | 0.198                              |
| 0.5                 | -0.004                | 0.0500  | 5.261                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 20.23                            | 0.260                                  | 0.198                              |
| 0.6                 | -0.004                | 0.0600  | 6.067                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 20.22                            | 0.300                                  | 0.198                              |
| 0.8                 | -0.004                | 0.0800  | 6.666                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 20.20                            | 0.330                                  | 0.198                              |
| 1                   | -0.004                | 0.1000  | 7.262                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 20.17                            | 0.360                                  | 0.198                              |
| 1.2                 | -0.004                | 0.1200  | 7.654                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 20.14                            | 0.380                                  | 0.199                              |
| 1.4                 | -0.004                | 0.1400  | 8.044                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 20.11                            | 0.400                                  | 0.199                              |
| 1.6                 | -0.004                | 0.1600  | 8.432                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 20.08                            | 0.420                                  | 0.199                              |
| 1.8                 | -0.004                | 0.1800  | 8.818                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 20.04                            | 0.440                                  | 0.200                              |
| 2                   | -0.004                | 0.2000  | 9.201                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 20.00                            | 0.460                                  | 0.200                              |
| 2.2                 | -0.004                | 0.2200  | 9.581                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 19.96                            | 0.480                                  | 0.200                              |
| 2.4                 | -0.004                | 0.2400  | 9.563                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 19.92                            | 0.480                                  | 0.201                              |
| 2.6                 | -0.004                | 0.2600  | 9.739                 | 4.000              | 5.080    | 20.268               | 19.88                            | <b>0.490</b>                           | <b>0.201</b>                       |

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

| DEFORMA C. HORIZON. mm | DEFORMA C. VERTICAL mm | DEF. cm | CARGA CORTANTE Kg-f | CARGA NORMAL Kg-f | 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> |
|------------------------|------------------------|---------|---------------------|-------------------|----------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 0                      | 0.000                  | 0.0000  | 0.000               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.000                                | 0.395                              |
| 0.1                    | -0.020                 | 0.0100  | 4.053               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.200                                | 0.395                              |
| 0.2                    | -0.037                 | 0.0200  | 4.862               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.26                          | 0.240                                | 0.395                              |
| 0.3                    | -0.051                 | 0.0300  | 5.468               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.25                          | 0.270                                | 0.395                              |
| 0.4                    | -0.063                 | 0.0400  | 6.883               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.24                          | 0.340                                | 0.395                              |
| 0.5                    | -0.070                 | 0.0500  | 8.088               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.23                          | 0.400                                | 0.395                              |
| 0.6                    | -0.084                 | 0.0600  | 8.270               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.22                          | 0.409                                | 0.396                              |
| 0.8                    | -0.095                 | 0.0800  | 8.686               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.20                          | 0.430                                | 0.396                              |
| 1                      | -0.106                 | 0.1000  | 8.876               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.17                          | 0.440                                | 0.397                              |
| 1.2                    | -0.119                 | 0.1200  | 9.064               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.14                          | 0.450                                | 0.397                              |
| 1.4                    | -0.128                 | 0.1400  | 9.452               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.11                          | 0.470                                | 0.398                              |
| 1.6                    | -0.142                 | 0.1600  | 9.838               | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.08                          | 0.490                                | 0.398                              |
| 1.8                    | -0.154                 | 0.1800  | 10.221              | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.04                          | 0.510                                | 0.399                              |
| 2                      | -0.163                 | 0.2000  | 10.205              | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 20.00                          | 0.510                                | 0.400                              |
| 2.2                    | -0.177                 | 0.2200  | 10.380              | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 19.96                          | 0.520                                | 0.401                              |
| 2.4                    | -0.186                 | 0.2400  | 10.360              | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 19.92                          | 0.520                                | 0.402                              |
| 2.6                    | -0.197                 | 0.2600  | 10.339              | 8.000             | 5.080    | 20.268               | 19.88                          | 0.520                                | 0.402                              |

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

| DEFORMA C. HORIZON. mm | DEFORMA C. VERTICAL mm | DEF. cm | CARGA CORTANTE Kg-f | CARGA NORMAL Kg-f | 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> |
|------------------------|------------------------|---------|---------------------|-------------------|----------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 0                      | 0.000                  | 0.0000  | 0.00                | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.000                                | 0.592                              |
| 0.1                    | -0.003                 | 0.0100  | 5.67                | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.27                          | 0.280                                | 0.592                              |
| 0.2                    | -0.009                 | 0.0200  | 7.50                | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.26                          | 0.370                                | 0.592                              |
| 0.3                    | -0.021                 | 0.0300  | 9.11                | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.25                          | 0.450                                | 0.593                              |
| 0.4                    | -0.035                 | 0.0400  | 9.31                | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.24                          | 0.460                                | 0.593                              |
| 0.5                    | -0.052                 | 0.0500  | 9.71                | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.23                          | 0.480                                | 0.593                              |
| 0.6                    | -0.065                 | 0.0600  | 9.91                | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.22                          | 0.490                                | 0.593                              |
| 0.8                    | -0.087                 | 0.0800  | 10.30               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.20                          | 0.510                                | 0.594                              |
| 1                      | -0.105                 | 0.1000  | 10.59               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.17                          | 0.525                                | 0.595                              |
| 1.2                    | -0.120                 | 0.1200  | 10.68               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.14                          | 0.530                                | 0.596                              |
| 1.4                    | -0.128                 | 0.1400  | 10.86               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.11                          | 0.540                                | 0.597                              |
| 1.6                    | -0.137                 | 0.1600  | 11.24               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.08                          | 0.560                                | 0.598                              |
| 1.8                    | -0.153                 | 0.1800  | 11.22               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.04                          | 0.560                                | 0.599                              |
| 2                      | -0.164                 | 0.2000  | 11.60               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 20.00                          | 0.580                                | 0.600                              |
| 2.2                    | -0.167                 | 0.2200  | 11.78               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 19.96                          | 0.590                                | 0.601                              |
| 2.4                    | -0.171                 | 0.2400  | 11.76               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 19.92                          | 0.590                                | 0.602                              |
| 2.6                    | -0.172                 | 0.2600  | 11.83               | 12.000            | 5.080    | 20.268               | 19.88                          | 0.595                                | 0.604                              |

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 75: Esfuerzo Cortante v/s Deformación Calicata Nº-3

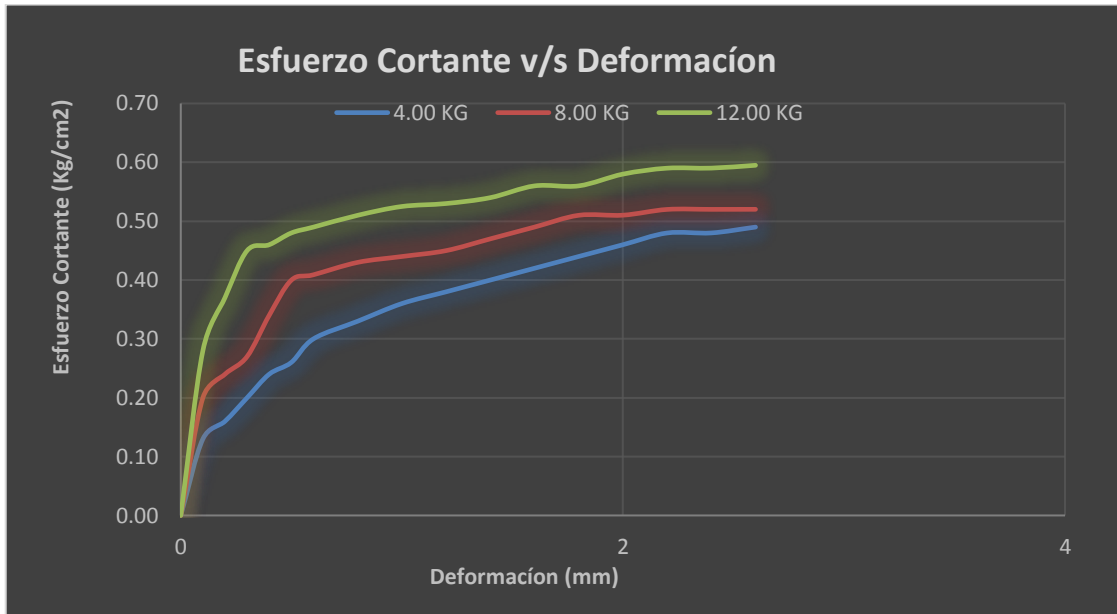
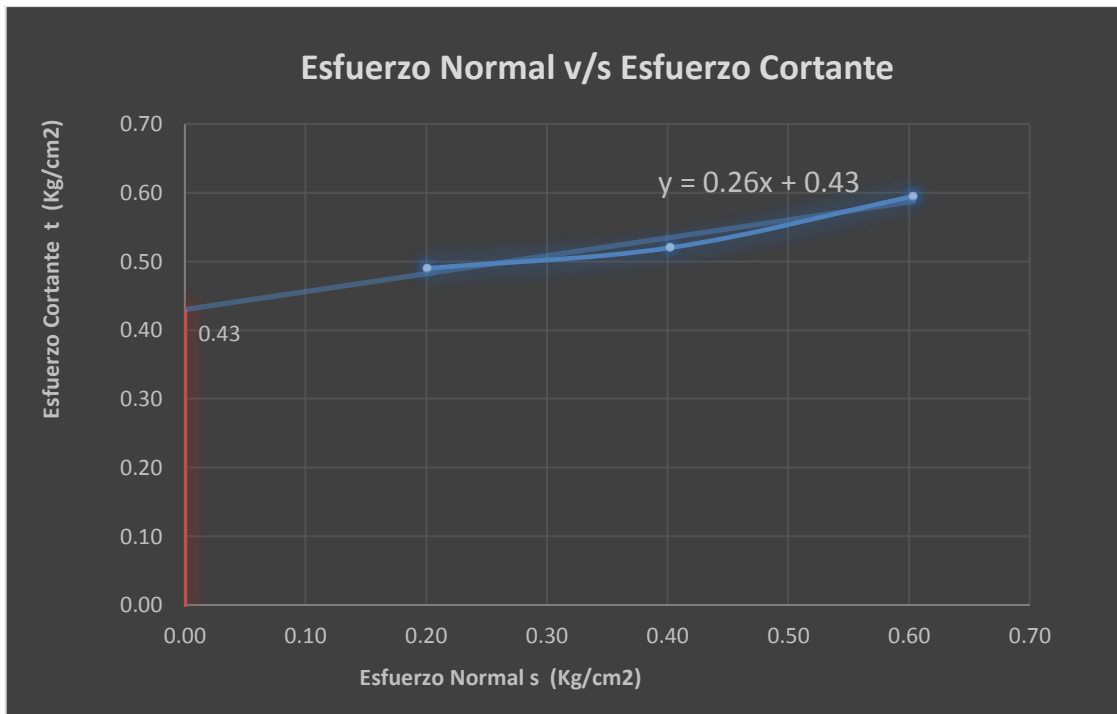


FIGURA Nº 76: Esfuerzo Normal v/s Esfuerzo Cortante Calicata Nº-3



|  |   |
|--|---|
| <p><b>Cohesión</b><br/> (C)= 0.43 Kg/cm2<br/> tg(φ) = 0.250<br/> φ = 0.25 radianes<br/> φ = 14.6 °</p> | $\tau = c + \sigma \cdot \text{tg } \theta$ |
|--|---|

### 3.6.5. ESTIMACIÓN DE LAS SECCIONES DEL PUENTE PARA LOS CAUDALES CÁLCULOS PARA EL PERÍODO DE RETORNO DE 50, 100 y 500 AÑOS.

Se procede a realizar mediciones del puente en el área de estudio, para luego por medio de la utilización de la fórmula de Manning se calcula las nuevas secciones y tirante correspondiente para los caudales calculados para los distintos períodos de retorno.

Tabla 59: Estimación de la Sección del Puente T=50 AÑOS

| ESTIMACIÓN DE LA SECCIÓN DEL PUENTE |              |                |
|-------------------------------------|--------------|----------------|
| SECCIÓN RECTANGULAR                 |              |                |
| CAUDAL PERÍODO DE RETORNO 50 AÑOS   |              |                |
| <b>CAUDAL</b>                       | <b>77.40</b> |                |
| Q= A* V                             | 77.40        | m3/s           |
| V: Velocidad                        | 5.50         | m/s            |
| $V = (R^{2/3} S^{1/5}) / (n)$       |              |                |
| <b>tirante: y</b>                   | <b>2.50</b>  | m              |
| Área: <b>by</b>                     | 14.08        | m <sup>2</sup> |
| Perímetro Mojado: <b>(b+2y)</b>     | 10.63        | m              |
| Radio Hidráulico: <b>by/(2y+b)</b>  | 1.32         | m              |
| T, b: Espejo de Agua                | 5.63         | m              |
| S: Pendiente                        | 0.05         |                |
| n: Rugosidad                        | 0.05         |                |

|                        |      |
|------------------------|------|
| ASUMIR TIRANTE (NAMO)  | 2.50 |
| ASUMIR ANCHO DE SOLERA | 6.50 |

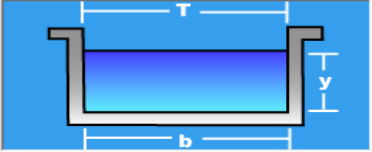
  

**Datos:**

Caudal (Q):  m3/s

Ancho de solera (b):  m

Talud (Z):



**Resultados:**

Tirante crítico (y):  m

Área hidráulica (A):  m<sup>2</sup>

Espejo de agua (T):  m

Número de Froude (F):

Perímetro (p):  m

Radio hidráulico (R):  m

Velocidad (v):  m/s

Energía específica (E):  m-Kg/Kg

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 60: Estimación de la Sección del Puente T=100 AÑOS**

| ESTIMACIÓN DE LA SECCIÓN DEL PUENTE |              |      |
|-------------------------------------|--------------|------|
| SECCIÓN RECTANGULAR                 |              |      |
| CAUDAL PERÍODO DE RETORNO 100 AÑOS  |              |      |
| <b>CAUDAL</b>                       | <b>95.40</b> |      |
| Q= A* V                             | 95.40        | m3/s |
| V: Velocidad                        | 5.77         | m/s  |
| $V = (R^{(2/3)} S^{(1/5)}) / (n)$   |              |      |
| <b>tirante: y</b>                   | <b>2.50</b>  | m    |
| Área: <b>by</b>                     | 16.54        | m2   |
| Perímetro Mojado: <b>(b+2y)</b>     | 11.62        | m    |
| Radio Hidráulico: <b>by/(2y+b)</b>  | 1.42         | m    |
| T, b: Espejo de Agua                | 6.62         | m    |
| S: Pendiente                        | 0.054        |      |
| n: rugosidad                        | 0.05         |      |

|                      |                                    |      |
|----------------------|------------------------------------|------|
| <b>Datos:</b>        |                                    |      |
| Caudal (Q):          | <input type="text" value="95.40"/> | m3/s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="7"/>     | m    |
| Talud (Z):           | <input type="text" value="0"/>     |      |

|                       |                                      |    |
|-----------------------|--------------------------------------|----|
| <b>Resultados:</b>    |                                      |    |
| Tirante crítico (y):  | <input type="text" value="2.6653"/>  | m  |
| Área hidráulica (A):  | <input type="text" value="18.6570"/> | m2 |
| Espejo de agua (T):   | <input type="text" value="7.0000"/>  | m  |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="1.0000"/>  |    |

|                         |                                      |         |
|-------------------------|--------------------------------------|---------|
| Perímetro (p):          | <input type="text" value="12.3306"/> | m       |
| Radio hidráulico (R):   | <input type="text" value="1.5131"/>  | m       |
| Velocidad (v):          | <input type="text" value="5.1134"/>  | m/s     |
| Energía específica (E): | <input type="text" value="3.9979"/>  | m-Kg/Kg |

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 61: Estimación de la Sección del Puente T=500 AÑOS**

| ESTIMACIÓN DE LA SECCIÓN DEL PUENTE |               |      |
|-------------------------------------|---------------|------|
| SECCIÓN RECTANGULAR                 |               |      |
| CAUDAL PERÍODO DE RETORNO 500 AÑOS  |               |      |
| <b>CAUDAL</b>                       | <b>147.50</b> |      |
| Q= A* V                             | 147.50        | m3/s |
| V: Velocidad                        | 6.44          | m/s  |
| $V = (R^{(2/3)} S^{(1/5)}) / (n)$   |               |      |
| <b>tirante: y</b>                   | <b>3.00</b>   | m    |
| Área: <b>by</b>                     | 22.91         | m2   |
| Perímetro Mojado: <b>(b+2y)</b>     | 13.64         | m    |
| Radio Hidráulico: <b>by/(2y+b)</b>  | 1.68          | m    |
| T, b: Espejo de Agua (solera)       | 7.64          | m    |
| S: Pendiente                        | 0.054         |      |
| n: Rugosidad                        | 0.05          |      |

|                      |                                     |      |
|----------------------|-------------------------------------|------|
| <b>Datos:</b>        |                                     |      |
| Caudal (Q):          | <input type="text" value="147.50"/> | m3/s |
| Ancho de solera (b): | <input type="text" value="8"/>      | m    |
| Talud (Z):           | <input type="text" value="0"/>      |      |

|                       |                                      |    |
|-----------------------|--------------------------------------|----|
| <b>Resultados:</b>    |                                      |    |
| Tirante crítico (y):  | <input type="text" value="3.2602"/>  | m  |
| Área hidráulica (A):  | <input type="text" value="26.0816"/> | m2 |
| Espejo de agua (T):   | <input type="text" value="8.0000"/>  | m  |
| Número de Froude (F): | <input type="text" value="1.0000"/>  |    |

|                         |                                      |         |
|-------------------------|--------------------------------------|---------|
| Perímetro (p):          | <input type="text" value="14.5204"/> | m       |
| Radio hidráulico (R):   | <input type="text" value="1.7962"/>  | m       |
| Velocidad (v):          | <input type="text" value="5.6553"/>  | m/s     |
| Energía específica (E): | <input type="text" value="4.8903"/>  | m-Kg/Kg |

Fuente: Elaboración Propia

### 3.6.6. ESTIMACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES

Se realizó la inspección ocular del área de estudio en el cual se realizó mediciones y muestras para poder realizar el correspondiente análisis de estabilidad de taludes y determinar el factor de seguridad de estabilidad de taludes.

A continuación, se muestra el cálculo del factor de seguridad:

#### 3.6.6.1. Cálculo de Estabilidad del Talud N°-1

FIGURA N° 77: Imagen Satelital de la Zona de Estudio Talud N°-1

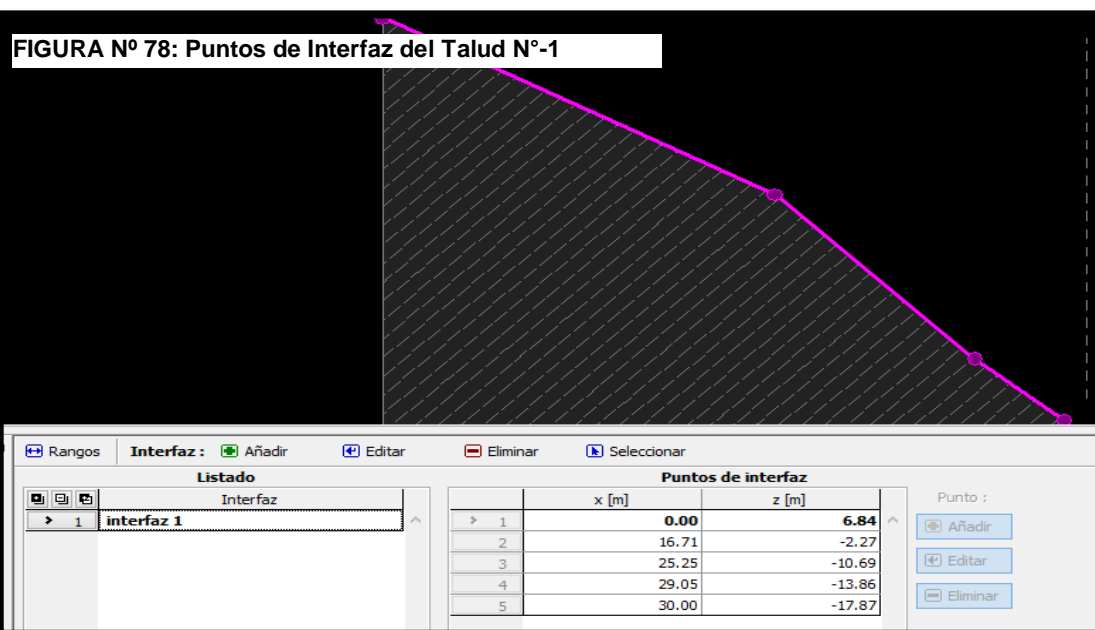
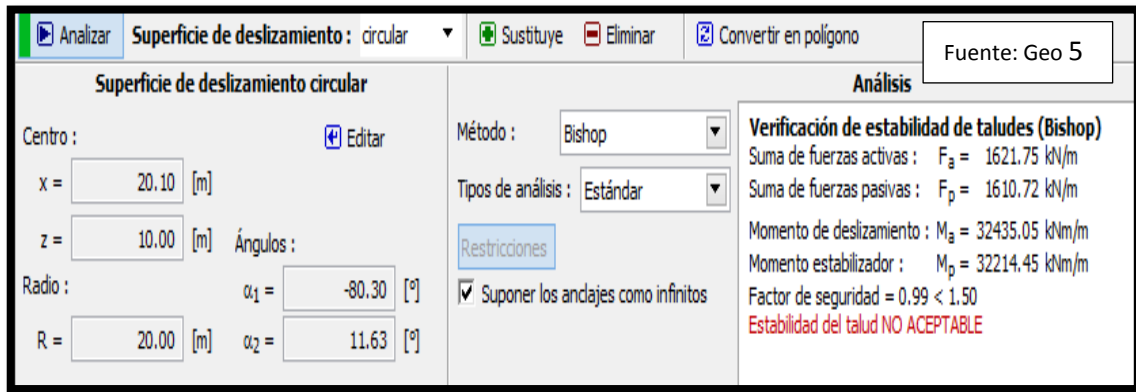


FIGURA N° 79: Cálculo del Factor de Seguridad del Talud N°-1



### 3.6.6.2. Cálculo de Estabilidad del Talud N°-2

FIGURA N° 80: Imagen Satelital del Talud N°-2

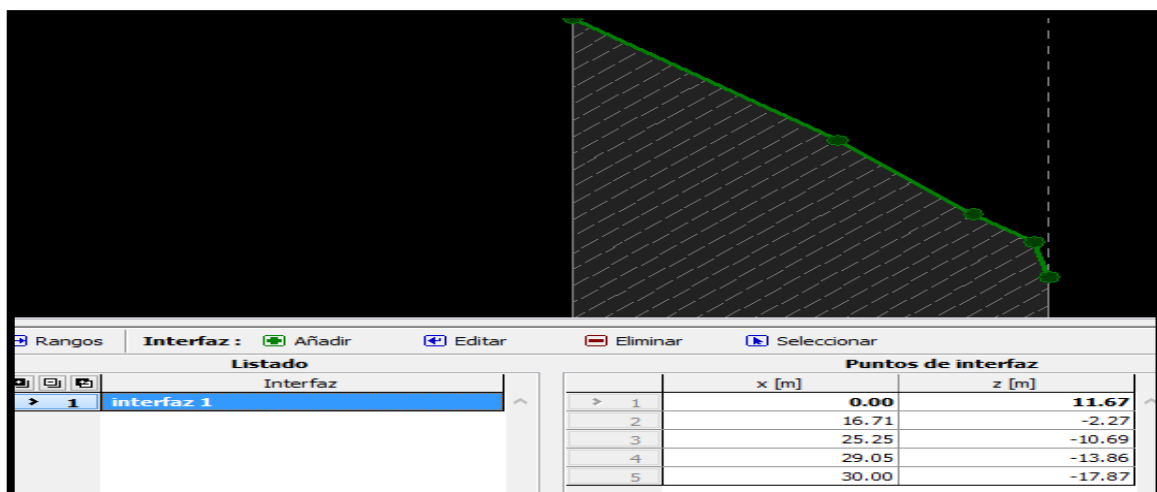
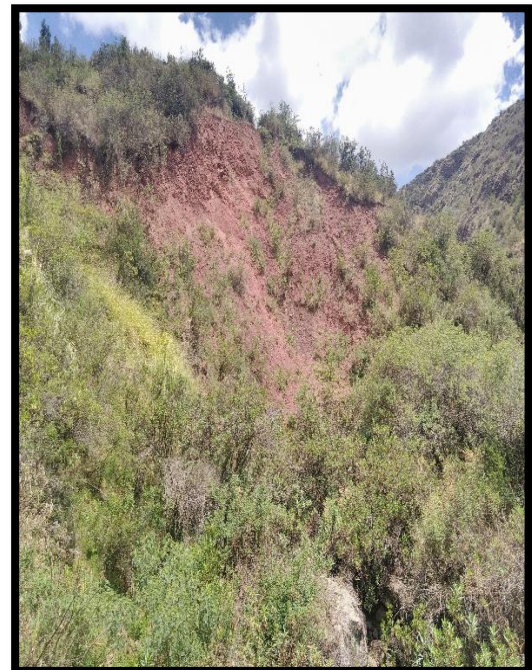
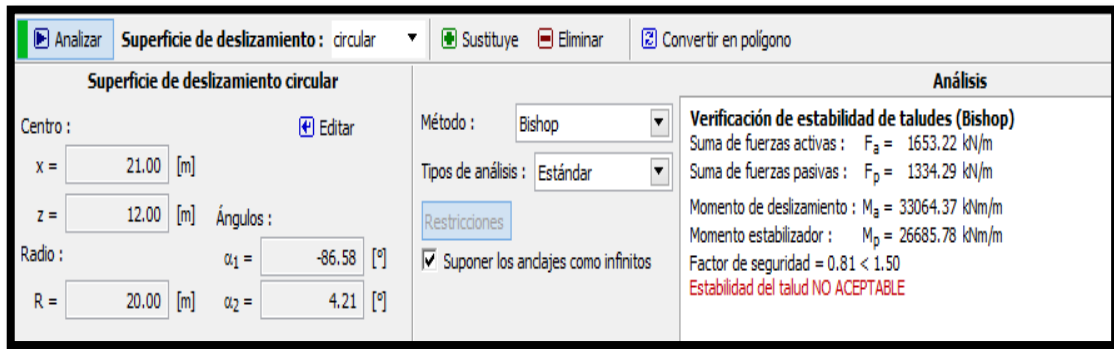


FIGURA N° 81: Puntos de Interfaz del Talud N°-2



FIGURA N° 82: Cálculo del Factor de Seguridad del Talud N°-2



### 3.6.6.3. Cálculo de estabilidad del talud N°-3

FIGURA N° 83: Imagen Satelital del Talud N°-3



FIGURA N° 84: Puntos de Interfaz del Talud N° 3

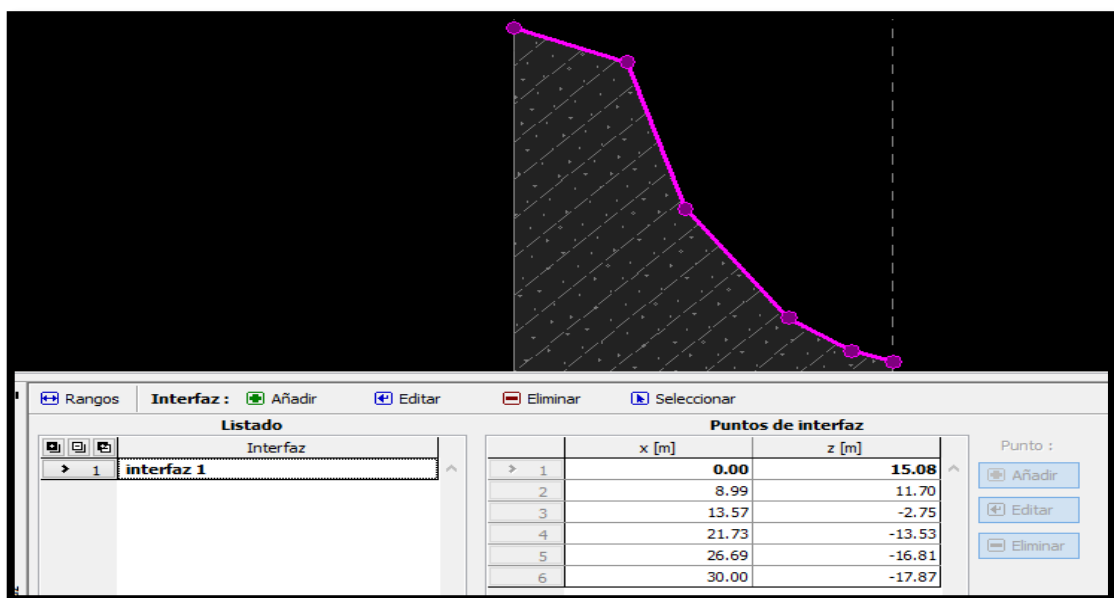


FIGURA Nº 85: Cálculo del Factor de Seguridad del Talud Nº-3

|  |  |   |
|--|--|---|
| Centro : <input type="button" value="Editar"/> | Método : Bishop  | <b>Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)</b><br>Suma de fuerzas activas : $F_a = 1490.73 \text{ kN/m}$<br>Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 1201.78 \text{ kN/m}$<br>Momento de deslizamiento : $M_a = 25342.46 \text{ kNm/m}$<br>Momento estabilizador : $M_p = 20430.34 \text{ kNm/m}$<br>Factor de seguridad = $0.81 < 1.50$<br><b>Estabilidad del talud NO ACEPTABLE</b> |
| x = 18.00 [m]                                  | Tipos de análisis : Estándar   |   |
| z = 15.00 [m]    Ángulos :                     | <input type="button" value="Restricciones"/>                           |   |
| Radio : $\alpha_1 = -89.00 [^\circ]$           | <input checked="" type="checkbox"/> Suponer los andajes como infinitos |   |
| R = 17.00 [m] $\alpha_2 = -16.74 [^\circ]$     |  |   |

### 3.6.7. ESTIMACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES.

#### 3.6.7.1. Estimación del Peligro.

- Se realizó la visita al área de estudio que probablemente será afectada por la inundación o huayco, y se estimó el riesgo que estas áreas corren para lo cual se procede a:
  - Identificar el peligro de acuerdo a los distintos niveles como son Bajo, Medio, Alto y Muy alto.
  - Se procede a describir las características de la zona de peligro.

A continuación se muestra el cuadro de valoración del peligro.

Tabla 62: Valoración del Peligro Progresiva 00+000 - 00-300 Metros

| DESCRIPCIÓN Y VALOR DEL PELIGRO |   |       |
|---------------------------------|---|-------|
| PROGRESIVA                      | (00+000 - 00+300)   |       |
| ESTRATO/NIVEL                   | CARACTERÍSTICAS   | VALOR |
| PELIGRO BAJO (PB)               |   |       |
| PELIGRO MEDIO (PM)              |   |       |
| PELIGRO ALTO (PA)               |   |       |
| PELIGRO MUY ALTO (PMA)          | Sector que es amenazado por flujo de lodo (huayco), y deposición del mismo así mismo es amenazado por inundaciones se observa que hay viviendas que se encuentran establecidas a una distancia (menor de 150 m del cauce del río) | 98%   |
| COMENTARIO:                     | El sector de la población que se encuentra establecida dentro de la progresiva (00+00 - 00+300) se clasifica como sector de PELIGRO ALTO en un porcentaje de 98%.   |       |



Fuente: Adaptado del Manual Básico Para la Estimación de Riesgo

Tabla 63: Valoración del Peligro Progresiva 00+300 – 00+600 Metros

| DESCRIPCIÓN Y VALOR DEL PELIGRO |  |                   |
|---------------------------------|--|-------------------|
| PROGRESIVA                      |  | (00+000 - 00+600) |
| ESTRATO/NIVEL                   | CARACTERÍSTICAS  | VALOR             |
| PELIGRO BAJO (PB)               |  |                   |
| PELIGRO MEDIO (PM)              |  |                   |
| PELIGRO ALTO (PA)               |  |                   |
| PELIGRO MUY ALTO (PMA)          | Sector que es amenazado por inundaciones y el flujo a gran velocidad además se observa que hay viviendas que se encuentran establecidas a una distancia (menor de 150 m del cauce del río) | 95%               |




|             |   |
|-------------|---|
| COMENTARIO: | El sector de la población que se encuentra establecida dentro de la progresiva 00+00 - 00+300 se clasifica como sector de PELIGRO ALTO en un porcentaje de 95%. |
|-------------|---|

Fuente: Adaptado del Manual Básico Para la Estimación de Riesgo

**Tabla 64: Valoración del Peligro Progresiva 00+600 - 00+900 Metros**

| DESCRIPCIÓN Y VALOR DEL PELIGRO |  |       |
|---------------------------------|--|-------|
| PROGRESIVA                      | (00+600 - 00+900)  |       |
| ESTRATO /NIVEL                  | CARACTERÍSTICAS  | VALOR |
| PELIGRO BAJO (PB)               |  |       |
| PELIGRO MEDIO (PM)              |  |       |
| PELIGRO ALTO (PA)               |  |       |
| PELIGRO MUY ALTO (PMA)          | Sector que es amenazado por flujo de lodo (huayco), así mismo es amenazado por inundaciones y el flujo del agua a gran velocidad se observa que hay viviendas, institución educativa y terreno agrícola los cuales que se encuentran establecidas a una distancia (menor de 150 m del cauce del río) | 90%   |



|             |  |
|-------------|--|
| COMENTARIO: | El sector de la población que se encuentra establecida dentro de la progresiva 00+600 - 00+900 se clasifica como sector de PELIGRO ALTO en un porcentaje de 90%. |
|-------------|--|

Fuente: Adaptado del Manual Básico Para la Estimación de Riesgo

### 3.6.7.2. Estimación de la Vulnerabilidad

Se realizó la visita correspondiente al área de estudio que probablemente sea afectado por la inundación o huayco, es así que se estimó el nivel de vulnerabilidad de acuerdo a los distintos niveles (Vulnerabilidad Baja, Vulnerabilidad Media, Vulnerabilidad alta y Vulnerabilidad Muy Alta). A continuación, se muestra el cuadro de valoración de las distintas vulnerabilidades que presenta el área de estudio.



Tabla 65: Valoración de la Vulnerabilidad Progresiva 0+000 - 0+300 Metros

| TIPO DE VULNERABILIDAD   | NIVEL DE VULNERABILIDAD PROGRESIVA (0+000 - 0+300) |             |           |   |           |   |            |   | TOTAL |
|--------------------------|--|-------------|-----------|---|-----------|---|------------|---|-------|
|                          | VB   |             | VM        |   | VA        |   | VMA        |   |       |
|                          | < 25 %   | DESCRIPCIÓN | 26 a 50 % | DESCRIPCIÓN   | 51 a 75 % | DESCRIPCIÓN   | 76 a 100 % | DESCRIPCIÓN   |       |
| AMBIENTAL Y ECOLÓGICA    |  |             |           |   | 75%       | Alto nivel de explotación de los recursos naturales e incremento de la población y del nivel de contaminación.  |            |   | 75%   |
| FÍSICA                   |  |             |           |   | 75%       | Viviendas con estructura de adobe, piedra y madera sin refuerzos estructurales que se encuentran dentro del rango de 150 m medidos a partir del cauce del río.  |            |   | 75%   |
| ECONÓMICA                |  |             | 50%       | La población es medianamente productiva y presenta una distribución regular de los recursos para el comercio interior, así mismo se indica que la población tiene un nivel menor de pobreza |           |   |            |   | 50%   |
| SOCIAL                   |  |             | 50%       | Población organizada con participación de la mayoría pero medianamente relacionada con las instituciones gubernamentales por lo cual presenta una integración parcial.                      |           |   |            |   | 50%   |
| EDUCATIVA                |  |             |           |   | 75%       | Insuficiente desarrollo en temas de prevención de desastres, población escasamente capacitada y preparada, cobertura insuficiente menos de la mitad de la población al alcance de programas estratégicos. |            |   | 75%   |
| CULTURAL E IDEOLÓGICA    |  |             |           |   | 75%       | La mayoría de la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres, pero a pesar de ello tiene una escasa actitud previsor.  |            |   | 75%   |
| POLÍTICA E INSTITUCIONAL |  |             | 50%       | La población tiene una autonomía parcial, y una participación ciudadana mayoritaria pero no cuenta con recursos para las acciones de prevención.  |           |   |            |   | 50%   |
| CIENTÍFICA Y TÉCNICA     |  |             |           |   |           |   | 100%       | No existen estudios de ningún tipo de peligro así mismo no cuenta con instrumentos de medición o de alerta y además desconoce la existencia de algún estudio relacionado a desastres. | 100%  |
| <b>TOTAL PROMEDIO</b>    |  |             |           |   |           |   |            |   | 69%   |

COMENTARIO: El sector de la población que se encuentra establecida dentro de la progresiva 00+00 - 00+300 se clasifica como sector de vulnerabilidad alta en un porcentaje de 69%.

Fuente: Adaptado del Manual Básico Para la Estimación de Riesgo



Tabla 66: Valoración de la Vulnerabilidad Progresiva 0+300 - 0+600 Metros

| TIPO DE VULNERABILIDAD  | NIVEL DE VULNERABILIDAD PROGRESIVA (0+000 - 0+300) |             |           |   |           |   |            |   |       |
|---|--|-------------|-----------|---|-----------|---|------------|---|-------|
|   | VB   |             | VM        |   | VA        |   | VMA        |   | TOTAL |
|   | < 25 %   | DESCRIPCIÓN | 26 a 50 % | DESCRIPCIÓN   | 51 a 75 % | DESCRIPCIÓN   | 76 a 100 % | DESCRIPCIÓN   |       |
| AMBIENTAL Y ECOLÓGICA   |  |             |           |   | 75%       | Alto nivel de explotación de los recursos naturales e incremento de la población y del nivel de contaminación.  |            |   | 75%   |
| FÍSICA  |  |             |           |   | 75%       | Viviendas con estructura de adobe, piedra y madera sin refuerzos estructurales que se encuentran dentro del rango de 150 m medidos a partir del cauce del río.  |            |   | 75%   |
| ECONÓMICA   |  |             | 50%       | La población es medianamente productiva y presenta una distribución regular de los recursos para el comercio interior, así mismo se indica que la población tiene un nivel menor de pobreza |           |   |            |   | 50%   |
| SOCIAL  |  |             | 50%       | Población organizada con participación de la mayoría pero medianamente relacionada con las instituciones gubernamentales por lo cual presenta una integración parcial.                      |           |   |            |   | 50%   |
| EDUCATIVA   |  |             |           |   | 75%       | Insuficiente desarrollo en temas de prevención de desastres, población escasamente capacitada y preparada, cobertura insuficiente menos de la mitad de la población al alcance de programas estratégicos. |            |   | 75%   |
| CULTURAL E IDEOLÓGICA   |  |             |           |   | 75%       | La mayoría de la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres, pero a pesar de ello tiene una escasa actitud previsor.  |            |   | 75%   |
| POLÍTICA E INSTITUCIONAL  |  |             | 50%       | La población tiene una autonomía parcial, y una participación ciudadana mayoritaria pero no cuenta con recursos para las acciones de prevención.  |           |   |            |   | 50%   |
| CIENTÍFICA Y TÉCNICA  |  |             |           |   |           |   | 100%       | No existen estudios de ningún tipo ni mucho menos de los peligros así mismo no cuenta con instrumentos de medición o de alerta temprana y además desconocen la existencia de algún estudio relacionado a desastres. | 100%  |
| <b>TOTAL PROMEDIO</b>   |  |             |           |   |           |   |            |   | 69%   |
| COMENTARIO: El sector de la población que se encuentra establecida dentro de la progresiva 00+300 - 00+600 se clasifica como sector de vulnerabilidad alta en un porcentaje de 69%. |  |             |           |   |           |   |            |   |       |

Fuente: Adaptado del Manual Básico Para la Estimación de Riesgo



Tabla 67: Valoración de la Vulnerabilidad Progresiva 0+600 – 0+900 Metros

| TIPO DE VULNERABILIDAD  | NIVEL DE VULNERABILIDAD PROGRESIVA (0+000 - 0+300) |             |           |   |           |   |            |   | TOTAL |
|---|--|-------------|-----------|---|-----------|---|------------|---|-------|
|   | VB   |             | VM        |   | VA        |   | VMA        |   |       |
|   | < 25 %   | DESCRIPCIÓN | 26 a 50 % | DESCRIPCIÓN   | 51 a 75 % | DESCRIPCIÓN   | 76 a 100 % | DESCRIPCIÓN   |       |
| AMBIENTAL Y ECOLÓGICA   |  |             |           |   | 75%       | Alto nivel de explotación de los recursos naturales e incremento de la población y del nivel de contaminación.  |            |   | 75%   |
| FÍSICA  |  |             |           |   | 75%       | Viviendas con estructura de adobe, piedra y madera sin refuerzos estructurales que se encuentran dentro del rango de 150 m medidos a partir del cauce del río.  |            |   | 75%   |
| ECONÓMICA   |  |             | 50%       | La población es medianamente productiva y presenta una distribución regular de los recursos para el comercio interior, así mismo se indica que la población tiene un nivel menor de pobreza |           |   |            |   | 50%   |
| SOCIAL  |  |             | 50%       | Población organizada con participación de la mayoría pero medianamente relacionada con las instituciones gubernamentales por lo cual presenta una integración parcial.                      |           |   |            |   | 50%   |
| EDUCATIVA   |  |             |           |   | 75%       | Insuficiente desarrollo en temas de prevención de desastres, población escasamente capacitada y preparada, cobertura insuficiente menos de la mitad de la población al alcance de programas estratégicos. |            |   | 75%   |
| CULTURAL E IDEOLÓGICA   |  |             |           |   | 75%       | La mayoría de la población tiene conocimiento sobre las causas y consecuencias de los desastres, pero a pesar de ello tiene una escasa actitud previsor.  |            |   | 75%   |
| POLÍTICA E INSTITUCIONAL  |  |             | 50%       | La población tiene una autonomía parcial, y una participación ciudadana mayoritaria pero no cuenta con recursos para las acciones de prevención.  |           |   |            |   | 50%   |
| CIENTÍFICA Y TÉCNICA  |  |             |           |   |           |   | 100%       | No existen estudios de ningún tipo de peligro así mismo no cuenta con instrumentos de medición o de alerta y además desconoce la existencia de algún estudio relacionado a desastres. | 100%  |
| <b>TOTAL PROMEDIO</b>   |  |             |           |   |           |   |            |   | 69%   |
| COMENTARIO: El sector de la población que se encuentra establecida dentro de la progresiva 00+600 - 00+900 se clasifica como sector de vulnerabilidad alta en un porcentaje de 69%. |  |             |           |   |           |   |            |   |       |

Fuente: Adaptado del Manual Básico Para la Estimación de Riesgo

### 3.6.7.3. Estimación del Riesgo

Se realizó la visita al área de estudio que probablemente sea afectado por la inundación o huayco para estimar el nivel de riesgo que a continuación se muestra en la matriz peligro vulnerabilidad.

**Tabla 68: Estimación del Riesgo Progresiva 0+00 - 0+300**

|   |  |                      |                     |                         |
|---|--|----------------------|---------------------|-------------------------|
| VALOR DEL PELIGRO                         | <b>98%</b>   | PELIGRO MUY ALTO     |                     |                         |
| VALOR DE LA VULNERABILIDAD                | <b>69%</b>   | VULNERABILIDAD ALTA  |                     |                         |
| <b>MATRIZ DE PELIGRO Y VULNERABILIDAD</b> |  |                      |                     |                         |
| PELIGRO MUY ALTO                          | RIESGO ALTO  | RIESGO ALTO          | RIESGO MUY ALTO     | RIESGO MUY ALTO         |
| PELIGRO ALTO                              | RIESGO MEDIO   | RIESGO MEDIO         | RIESGO ALTO         | RIESGO MUY ALTO         |
| PELIGRO MEDIO                             | RIESGO BAJO  | RIESGO MEDIO         | RIESGO MEDIO        | RIESGO ALTO             |
| PELIGRO BAJO                              | RIESGO BAJO  | RIESGO BAJO          | RIESGO MEDIO        | RIESGO ALTO             |
|   | VULNERABILIDAD BAJA  | VULNERABILIDAD MEDIA | VULNERABILIDAD ALTA | VULNERABILIDAD MUY ALTA |
|   |  |                      | <b>RIESGO</b>       | <b>RIESGO ALTO</b>      |
|   |  |                      |                     | <b>67%</b>              |
| COMENTARIO:                               | El sector de la población que se encuentra establecida dentro de la progresiva 00+00 - 00+300 se clasifica como sector de RIESGO ALTO en un porcentaje de 67%. |                      |                     |                         |

Fuente: Adaptado del Manual Básico Para la Estimación de Riesgo

**Tabla 69: Estimación del Riesgo Progresiva 0+300 - 0+600.**

|   |  |                      |                     |                         |
|---|--|----------------------|---------------------|-------------------------|
| VALOR DEL PELIGRO                         | <b>95%</b>   | PELIGRO MUY ALTO     |                     |                         |
| VALOR DE LA VULNERABILIDAD                | <b>69%</b>   | VULNERABILIDAD ALTA  |                     |                         |
| <b>MATRIZ DE PELIGRO Y VULNERABILIDAD</b> |  |                      |                     |                         |
| PELIGRO MUY ALTO                          | RIESGO ALTO  | RIESGO ALTO          | RIESGO MUY ALTO     | RIESGO MUY ALTO         |
| PELIGRO ALTO                              | RIESGO MEDIO   | RIESGO MEDIO         | RIESGO ALTO         | RIESGO MUY ALTO         |
| PELIGRO MEDIO                             | RIESGO BAJO  | RIESGO MEDIO         | RIESGO MEDIO        | RIESGO ALTO             |
| PELIGRO BAJO                              | RIESGO BAJO  | RIESGO BAJO          | RIESGO MEDIO        | RIESGO ALTO             |
|   | VULNERABILIDAD BAJA  | VULNERABILIDAD MEDIA | VULNERABILIDAD ALTA | VULNERABILIDAD MUY ALTA |
|   |  |                      | <b>RIESGO</b>       | <b>RIESGO ALTO</b>      |
|   |  |                      |                     | <b>65%</b>              |
| COMENTARIO:                               | El sector de la población que se encuentra establecida dentro de la progresiva 00+00 - 00+300 se clasifica como sector de RIESGO ALTO en un porcentaje de 65%. |                      |                     |                         |

Fuente: Adaptado del Manual Básico Para la Estimación de Riesgo



**Tabla 70: Estimación del Riesgo Progresiva 0+600 - 0+900**

|   |                     |                      |                     |                         |
|---|---------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| VALOR DEL PELIGRO                         | <b>90%</b>          | PELIGRO MUY ALTO     |                     |                         |
| VALOR DE LA VULNERABILIDAD                | <b>69%</b>          | VULNERABILIDAD ALTA  |                     |                         |
| <b>MATRIZ DE PELIGRO Y VULNERABILIDAD</b> |                     |                      |                     |                         |
| PELIGRO MUY ALTO                          | RIESGO ALTO         | RIESGO ALTO          | RIESGO MUY ALTO     | RIESGO MUY ALTO         |
| PELIGRO ALTO                              | RIESGO MEDIO        | RIESGO MEDIO         | RIESGO ALTO         | RIESGO MUY ALTO         |
| PELIGRO MEDIO                             | RIESGO BAJO         | RIESGO MEDIO         | RIESGO MEDIO        | RIESGO ALTO             |
| PELIGRO BAJO                              | RIESGO BAJO         | RIESGO BAJO          | RIESGO MEDIO        | RIESGO ALTO             |
|   | VULNERABILIDAD BAJA | VULNERABILIDAD MEDIA | VULNERABILIDAD ALTA | VULNERABILIDAD MUY ALTA |
|   |                     |                      | <b>RIESGO</b>       | <b>RIESGO ALTO</b>      |
|   |                     |                      |                     | <b>62%</b>              |

|             |  |
|-------------|--|
| COMENTARIO: | El sector de la población que se encuentra establecida dentro de la progresiva 00+00 - 00+300 se clasifica como sector de RIESGO ALTO en un porcentaje de 62%. |
|-------------|--|

Fuente: Adaptado del Manual Básico Para la Estimación de Riesgo

**CAPÍTULO IV: RESULTADOS****4. RESULTADOS****4.1. RESULTADOS DEL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN  
DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS.**

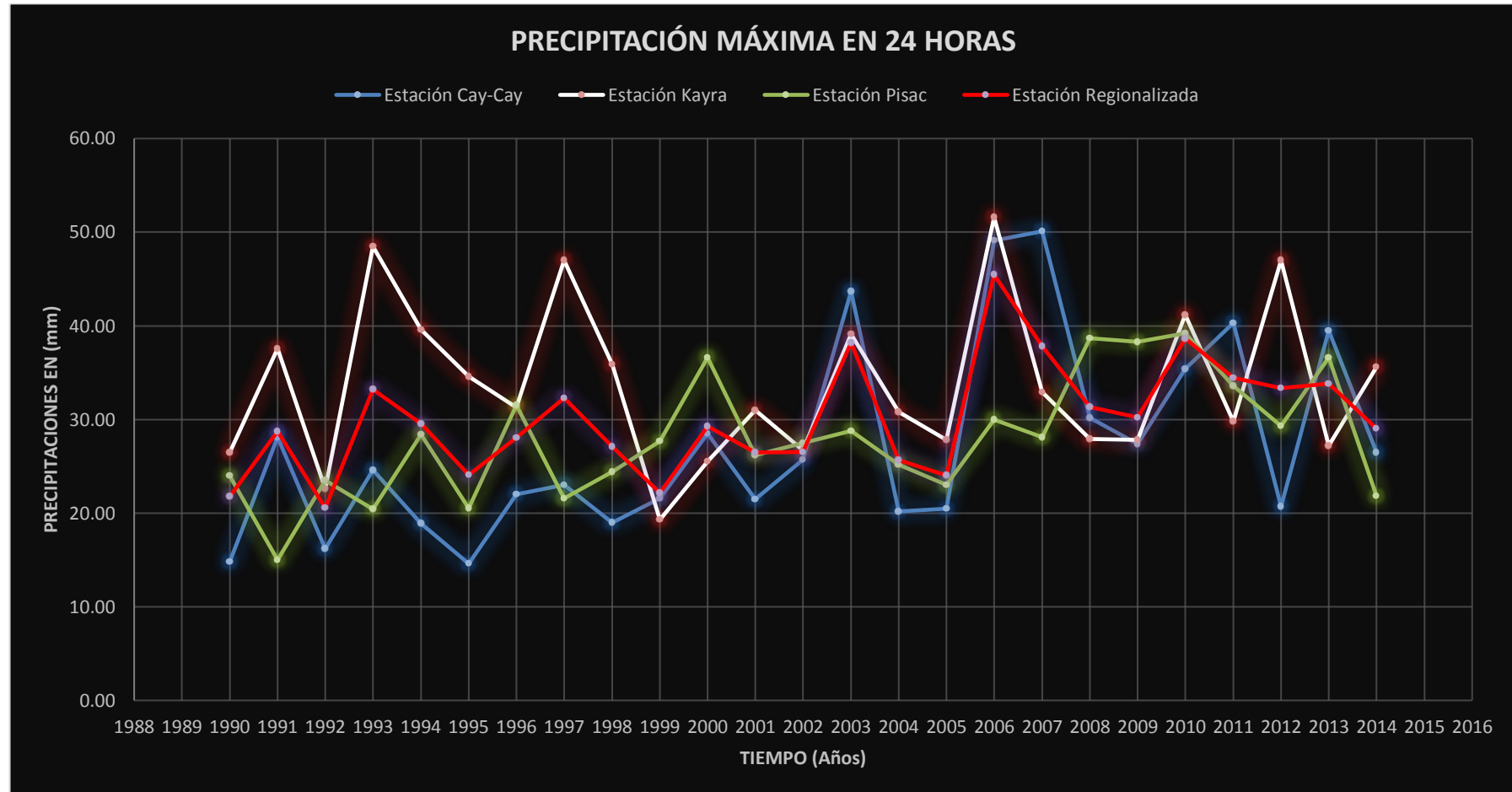
- a) Se determinó la precipitación máxima en 24 horas del área de estudio, usando el método de regionalización por distancia de los años 1990 al 2014, que a continuación se muestra.

**Tabla 71: 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 86: Dispersión de los Datos de Precipitación Regionalizada con Respecto a las Estaciones Pluviométricas Analizadas**



Fuente: Elaboración Propia

## 4.2. RESULTADO DE ESTIMACIÓN DE LAS CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN Y PERÍODO DE RETORNO (IDT)

El resultado de la estimación de las curvas de Intensidad-Duración y Período de retorno. De la estación regionalizada es la siguiente.

**Tabla 72: Resultados de Estimación de Curvas Intensidad-Duración y Período de Retorno (IDT)**

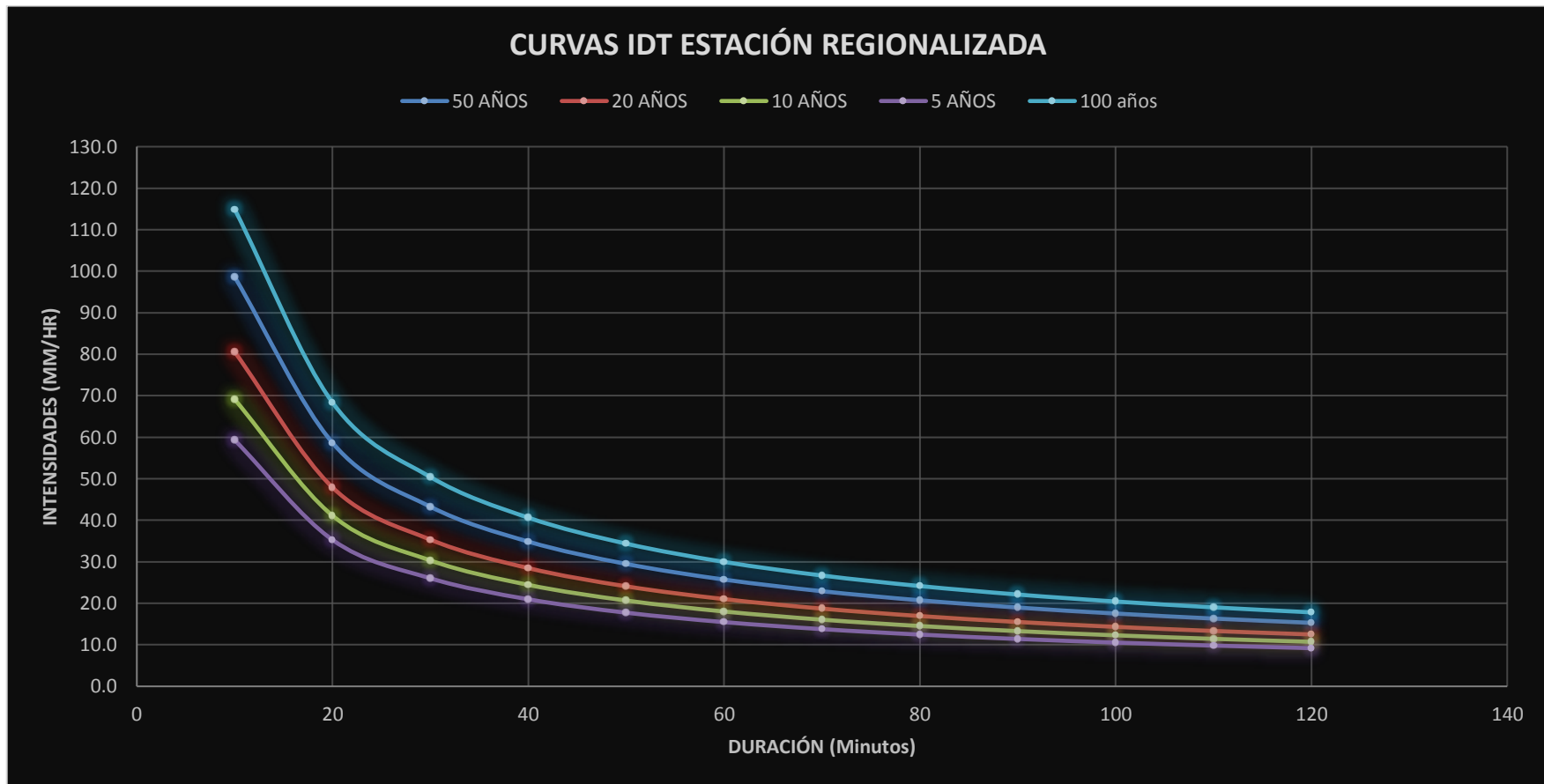
| <b><math>I_{max}=kT^aD^b</math></b>    |                                     |                       |              |                       |               |             |
|--|-------------------------------------|-----------------------|--------------|-----------------------|---------------|-------------|
| <b>cálculo de las curvas I-D-T</b>     |                                     |                       |              |                       |               |             |
| <b><math>I_{max}=</math></b>           | <b>233.83</b>                       | <b>*T<sup>a</sup></b> | <b>0.221</b> | <b>*D<sup>b</sup></b> | <b>-0.750</b> |             |
| <b>INTENSIDADES MÁXIMAS EN (mm/Hr)</b> |                                     |                       |              |                       |               |             |
| <b>DURACIÓN</b>                        | <b>Período de Retorno (Años, T)</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          |
| 50                                     | 17.7                                | 20.7                  | 24.1         | 29.5                  | 34.4          | 49          |
| 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</b>             | <b>37.3</b>  | <b>45.7</b>           | <b>53.2</b>   | <b>75.9</b> |

*\*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.

A. En la tabla N° 72 se muestra el resultado de las intensidades en mm/hr para diferentes períodos de retorno es así que para un período de retorno de 100 años y una duración igual al tiempo de concentración la intensidad será de 53.2 mm/hr.

FIGURA Nº 87: Curva (IDT) Estación Regionalizada.



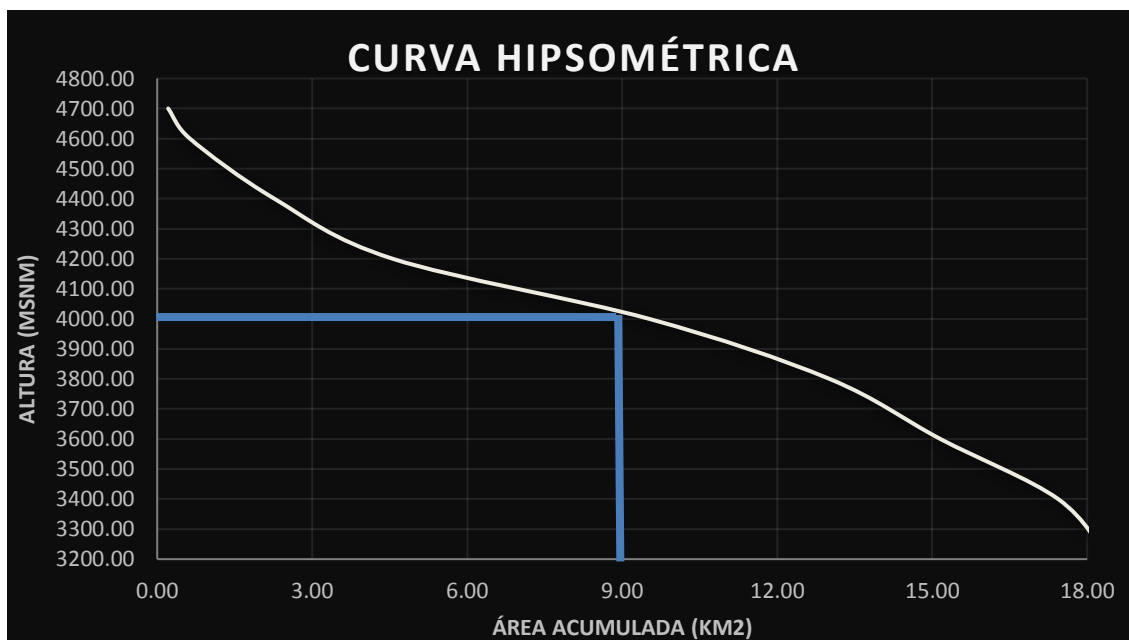
Fuente: Elaboración Propia

La figura Nº 82: Nos muestra las intensidades en (mm/hr), para los diferentes períodos de retorno y de este grafico podemos deducir que si la duración es corta la intensidad es mayor.

### 4.3. RESULTADO DE DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS DE LA CUENCA

|                        |             |                   |       |                 |
|------------------------|-------------|-------------------|-------|-----------------|
| ÁREA DE LA CUENCA      | 18542942.50 | (m <sup>2</sup> ) | 18.54 | Km <sup>2</sup> |
| PERÍMETRO DE LA CUENCA | 19390.00    | (m)               | 19.39 | Km              |

FIGURA Nº 88: Curva Hipsométrica



Fuente: Elaboración Propia

- La figura Nº 83. Nos muestra la curva hipsometrica de la cual podemos indicar que el río se encuentra en la fase de madures con un potencial de erosión y sedimentación media.

|  |          |      |
|--|----------|------|
| ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA                           | 4020.00  | msnm |
| ALTITUD MÁS FRECUENTE (%)                            | 26.77    | %    |
| ALTITUD DE FRECUENCIA 1/2                            | 4020.00  | msnm |
| ÍNDICE DE COMPACIDAD O COEFICIENTE DE GRAVELIUS (Kc) | 1.270    |      |
| PENDIENTE DE CAUCE                                   | 16.04 %  |      |
| PENDIENTE DE LA CUENCA                               | 11.022 % |      |

- La altitud media de la cuenca nos representa y se deduce que el 50% de la cuenca se encuentra por debajo de los 4020 msnm.



- La altitud más frecuente indica que el 26.77 % se encuentra dentro del intervalo de altitudes de 4000-4200 msnm.
- La altitud de frecuencia media es de 4020 msnm la cual indica la elevación media de la cuenca del río Pachatusan.
- El factor forma de la cuenca es de 0.44, el cual representa la relación existente entre el ancho promedio y la longitud de la cuenca. Con respecto a este valor se indica que si comparamos con el valor de otra cuenca y este es menor hay menor tendencia a concentrar intensidades de lluvias, que una cuenca de igual área, pero con un valor mayor al anterior.
- El índice de Gravelius de la cuenca es de 1.27 el cual indica que la cuenca es alargada debido a que es mayor a 1. Se puede indicar también que hay menos probabilidad de que esta cuenca sea cubierta en su totalidad por una tormenta.
- La pendiente de la cuenca es de 11.02 %, de acuerdo a este valor se indica que hay una relación compleja entre la infiltración, la escorrentía superficial, humedad del suelo. Valor que ayuda y controla el tiempo de escurrimiento y concentración de lluvia, importancia directa en relación a la magnitud de las crecidas.
- La pendiente del cauce de la cuenca del Pachatusan es de 16.04 %, del cual podemos deducir cual será el comportamiento del río valor importante en el análisis de los problemas de inundaciones.

#### 4.4. RESULTADOS DE CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS

Tabla 73: Resultados de Caudales Máximos Período de Retorno de 50 Años.

|  |   |               |                   |
|--|---|---------------|-------------------|
| <b>MÉTODO RACIONAL MODIFICADO</b>                                    | Q: Descarga Máxima de Diseño m <sup>3</sup> /s                              | <b>19.62</b>  | m <sup>3</sup> /s |
| <b>MÉTODO DE BURKLI ZIEGER</b>                                       | Q: Caudal Máximo, en m <sup>3</sup> /s                                      | <b>29.33</b>  | m <sup>3</sup> /s |
| <b>MÉTODO SCS</b>  | Q: Caudal Máximo, en m <sup>3</sup> /s                                      | <b>46.64</b>  | m <sup>3</sup> /s |
| <b>CÁLCULO DE CAUDAL PROPUESTO (ING DE MONTES SR. GARCÍA NÁJERA)</b> | Q: Caudal Máximo, en m <sup>3</sup> /s                                      | <b>56.13</b>  | m <sup>3</sup> /s |
| <b>HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR</b>                                | Q= Caudal Máximo, en m <sup>3</sup> /s                                      | <b>74.52</b>  | m <sup>3</sup> /s |
| <b>HEC- HMS</b>  | Q: Caudal Máximo con un período de retorno en T años, m <sup>3</sup> /s     | <b>77.40</b>  | m <sup>3</sup> /s |
| <b>MÉTODO RACIONAL</b>   | Q= Caudal Máximo, en m <sup>3</sup> /s                                      | <b>115.29</b> | m <sup>3</sup> /s |
| <b>FÓRMULA DE KRESNIK</b>  | Qp: Caudal Pico (m <sup>3</sup> /s) una vez transcurrida el tiempo Pico(Hr) | <b>135.81</b> | m <sup>3</sup> /s |
| <b>MÉTODO MAC MATH</b>   | Q: Caudal Máximo con un período de retorno en T años, m <sup>3</sup> /s     | <b>197.84</b> | m <sup>3</sup> /s |

Fuente: Elaboración Propia

- El resultado de caudal es de 77.40 m<sup>3</sup>/s para una duración igual al tiempo de concentración de 27.89 Minutos y un período de retorno de 50 años calculado por el método de HEC-HMS. Se considera este caudal para el análisis de inundación debido a que es el mayor frente a otros resultados que guardan una relación que no supera los 30 m<sup>3</sup> entre uno y otro valor calculado con las diferentes fórmulas Empíricas



**Tabla 74: Resultados de Caudales Máximos Período de Retorno de 100 Años.**

|                                       |  |        |      |
|---------------------------------------|--|--------|------|
| <b>MÉTODO RACIONAL MODIFICADO</b>     | Q: Descarga Máxima de Diseño m3/s                              | 24.92  | m3/s |
| <b>MÉTODO DE BURKLI ZIEGER</b>        | Q: Caudal Máximo, en m3/s                                      | 34.18  | 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                                      | 74.08  | 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 con un período de retorno en T años, 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     | 236.72 | m3/s |

Fuente: Elaboración Propia

- El resultado de caudal es de 95.40 m3/s para una duración igual al tiempo de concentración de 27.89 Minutos y un período de retorno de 100 años calculado por el método de HEC-HMS. Se considera este caudal para el análisis de inundación debido a que es el mayor frente a otros resultados que guardan una relación que no supera los 30 m3/s entre uno y otro valor calculado con las diferentes fórmulas Empíricas.

**Tabla 75: Resultados de Caudales Máximos Período de Retorno de 500 Años.**

|                                       |  |        |      |
|---------------------------------------|--|--------|------|
| <b>MÉTODO RACIONAL MODIFICADO</b>     | Q: Descarga Máxima de Diseño m3/s                              | 41.79  | m3/s |
| <b>MÉTODO DE BURKLI ZIEGER</b>        | Q: Caudal Máximo, en m3/s                                      | 50.40  | 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     | 337.70 | m3/s |

Fuente: Elaboración Propia

- El resultado de caudal es de 147.50 m3/s para una duración igual al tiempo de concentración de 27.90 Minutos y un período de retorno de 500 años calculado por el método de HEC-HMS. Se considera este caudal para el análisis de inundación debido a que es el mayor frente a otros resultados que guardan una relación que no supera los 30 m3/s entre uno y otro valor calculado con las diferentes fórmulas Empíricas
- Caudales máximos a considerar en el estudio son los siguientes:

| PERÍODO DE RETORNO | 50 AÑOS    | 100 AÑOS   | 500 AÑOS    |
|--------------------|------------|------------|-------------|
| CAUDALES MÁXIMOS   | 77.40 m3/s | 95.40 m3/s | 147.50 m3/s |

#### 4.5. RESULTADO DEL CÁLCULO DE CAUDALES DEL FLUJO DE HUAYCOS

El caudal de flujo de huaycos para los diferentes períodos de retorno son los siguientes, tomando en cuenta la metodología usada por O'BRIEN.

Los flujos altos y bajos difieren de acuerdo al tipo de material de arrastre y la velocidad de esta es por ello que a mayor velocidad mayor flujo y mayor caudal.

**Tabla 76: Resultado de Caudales de Flujo de Huaycos**

| PERÍODO DE RETORNO | FLUJOS BAJOS<br>(m3/s) | FLUJOS ALTOS<br>(m3/s) |
|--------------------|------------------------|------------------------|
| 50 AÑOS            | 96.75                  | 140.73                 |
| 100 AÑOS           | 119.25                 | 173.45                 |
| 500 AÑOS           | 184.38                 | 268.18                 |

#### 4.6. RESULTADO DEL CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS SUELOS.

Los contenidos de humedad natural de las distintas calicatas son de:

| CONTENIDO DE HUMEDAD |         |        |
|----------------------|---------|--------|
| N°-3                 | N°-2    | N°-1   |
| 18.87 %              | 12.54 % | 8.70 % |

La calicata N°-3, está ubicada dentro del área del deslizamiento y su correspondiente contenido de humedad es de 18.87 %.

Las calicatas N°-1, N°-2, Se encuentran alrededor de afloramientos de manantes los cuales tienen los siguientes contenidos de humedad, 8.70%, 12.54%.


Los distintos porcentajes de contenido de agua representan la cantidad de agua presente en una unidad de suelo expresada en términos de su peso seco.

#### 4.7. RESULTADOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

El resultado concerniente al análisis granulométrico por tamizado de la calicata N°-1 es el siguiente:

Tabla 77: Resultado de Análisis Granulométrico Calicata N°-1

| 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=0.70%(Grava)

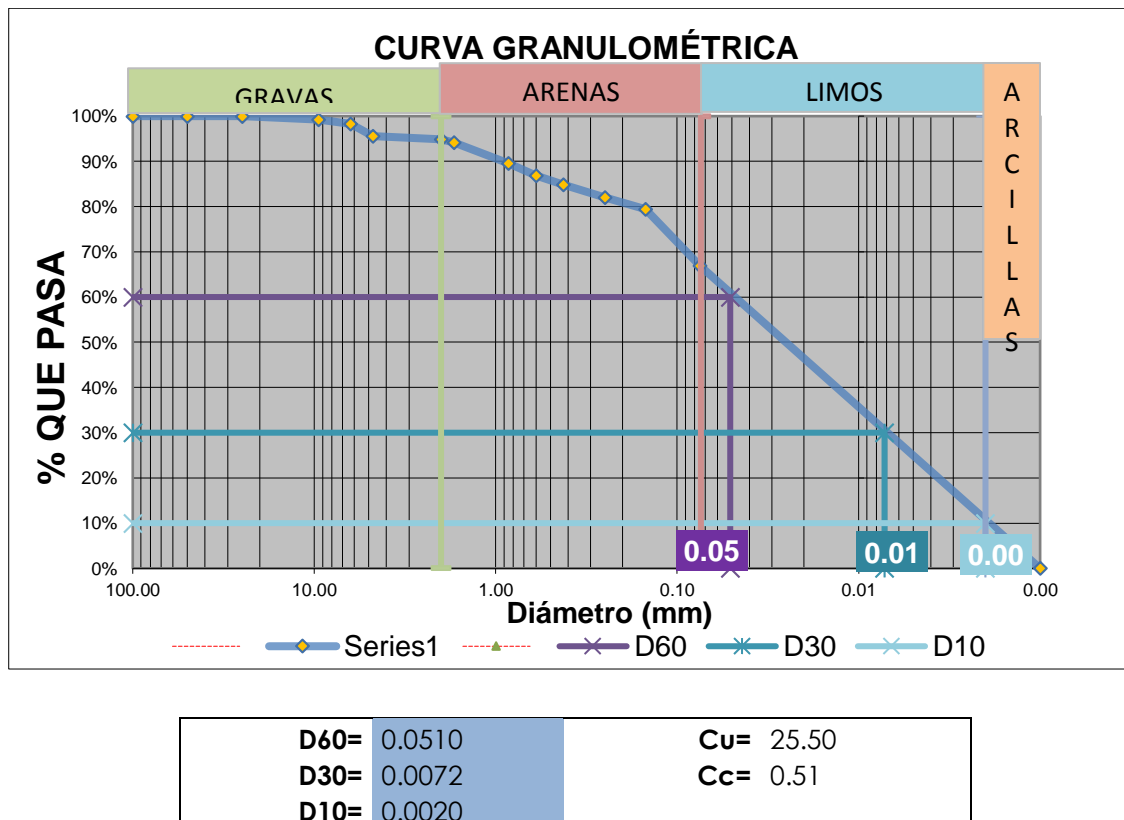
% de finos= 66.87%      % de la fracción gruesa pasa la malla N 10=94.93(Arena)

% de grava= 5.07%

% de arena= 28.06%

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 89: Curva Granulométrica Calicata N°-1




Fuente: Ingeomat

De la tabla 77. Se deduce que el material obtenido en la calicata N°-1, es de características finas debido a que el 66.87 % del material pasa por la malla N° 200.

El porcentaje de fracción gruesa retenida en la malla N° 10 es de 0.70 %

**Tabla 78: Resultado de Análisis Granulométrico Calicata N°-2**

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E-107-200 |            |               |           |           |
|--|------------|---------------|-----------|-----------|
| Tamiz N°   | Diam.(m m) | 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%   |           |



PAG 99 JUÁREZ BADILLO TOMO 1

|   |  |
|---|--|
| % de gruesos= 93.07%<br>% de finos= 6.93%<br>% de grava= 42.38%<br>% de arena= 50.69% | % de la fracción gruesa retenida en la malla N 10=3.56%(Grava)<br>% de la fracción gruesa pasa la malla N 10=57.62%(Arena) |
|---|--|

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 90: Curva Granulométrica Calicata N°-2

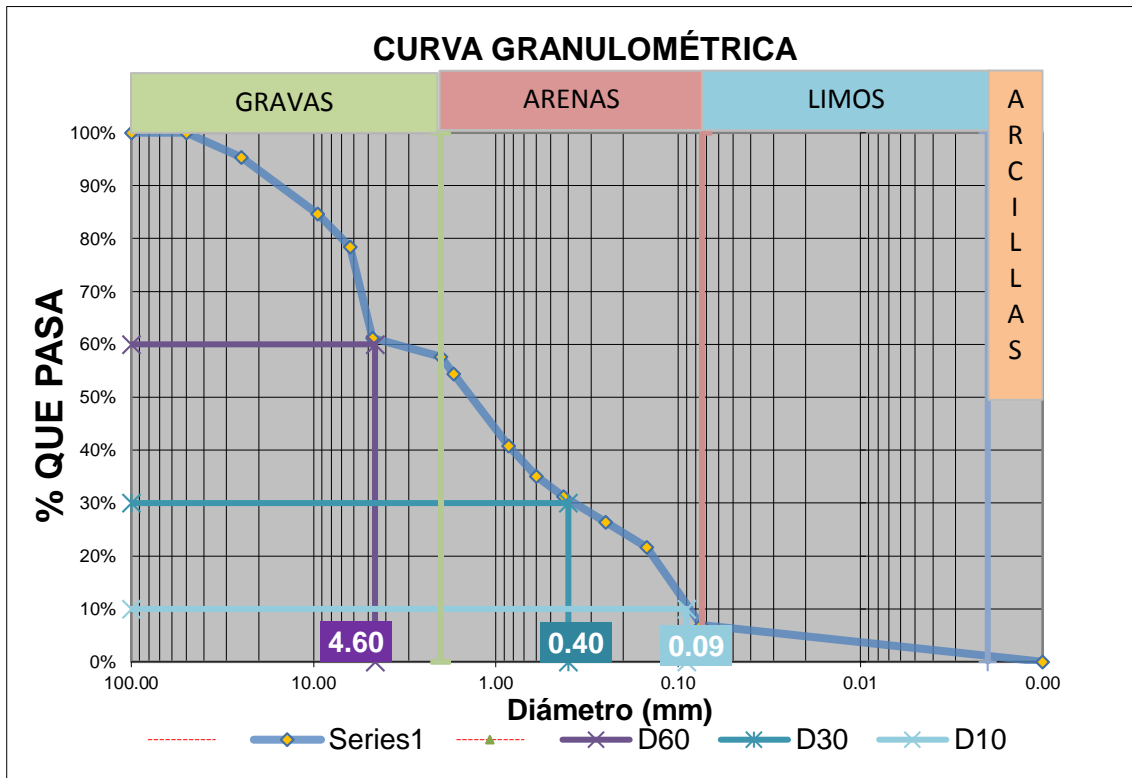



Tabla 79: Resultado de Análisis Granulométrico Calicata N°-3

| 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%   |           |

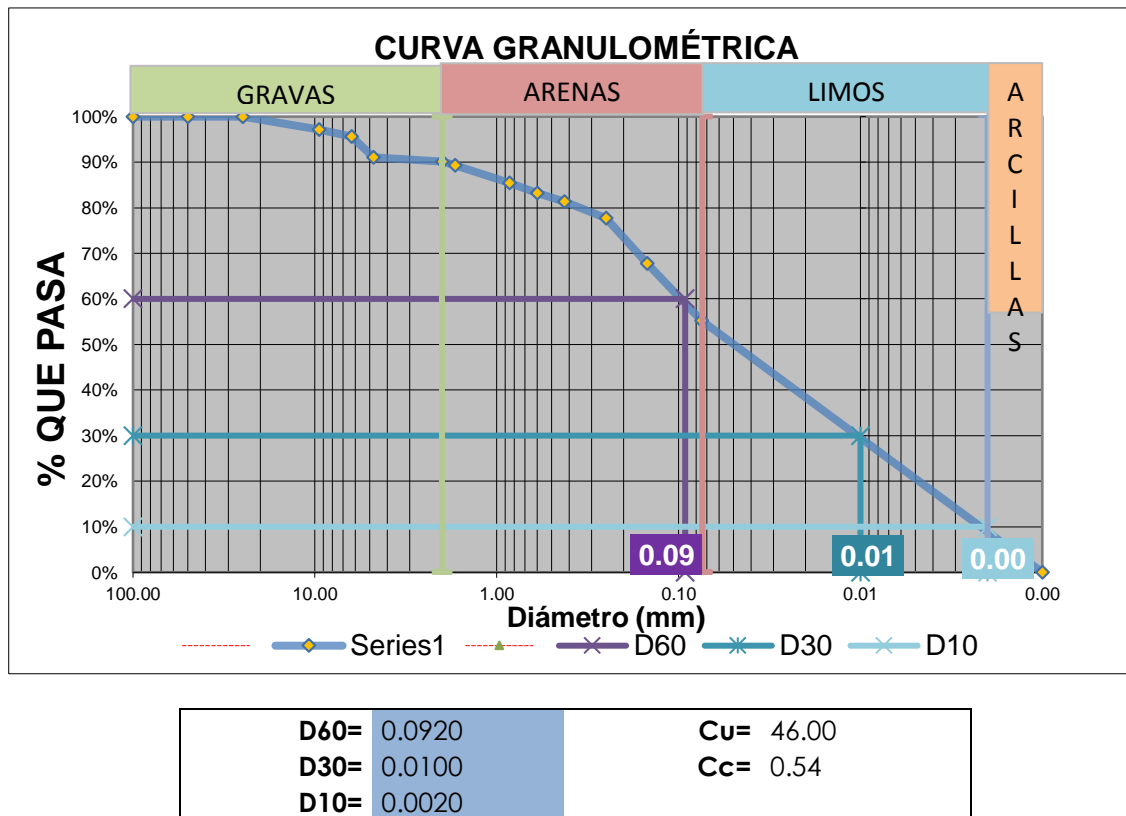


PAG 99 JUÁREZ BADILLO TOMO 1

% de gruesos= 44.79%      % de la fracción gruesa retenida en la malla N 10= 0.86% (Grava)  
 % de finos= 55.21%      % de la fracción gruesa pasa la malla N 10= 90.16% (Arena)  
 % de grava= 9.84%  
 % de arena= 34.94%

Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 91: Curva Granulométrica Calicata N°-3



Fuente: Ingeomat

- De la tabla 80 se deduce que el material obtenido de la calicata N°-3, tiene características finas (arcillas) debido a que el 55.21 % pasa la malla N° 200.

#### 4.8. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LÍMITES DE ATTERBERG

**Tabla 80: Resultado del Ensayo de límites de Atterberg Calicata N°-1**

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

El resultado de 22.41% representa al límite líquido, del cual se deduce que por debajo de este porcentaje el suelo se comportara como material plástico y si superamos este porcentaje el suelo se comporta como un fluido viscoso.

El resultado de 17.07 % representa al límite plástico, del cual se deduce que por debajo de este porcentaje el suelo se comporta como material no plástico.

El resultado 5.33 % representa al índice de plasticidad. El cual indica la finura del suelo, y a la vez indica la característica de ligera plasticidad.

**Tabla 81: Resultado del Ensayo de límites de Atterberg Calicata N°-2**

|     |        |
|-----|--------|
| LL= | 26.38% |
| LP= | 19.43% |
| IP= | 6.95%  |

El resultado de 26.38% representa al límite líquido, del cual se deduce que por debajo de este porcentaje el suelo se comportara como material plástico y si superamos este porcentaje el suelo se comporta como un fluido viscoso.

El resultado de 19.43 % representa al límite plástico, del cual se deduce que por debajo de este porcentaje el suelo se comporta como material no plástico.

El resultado 6.95 % representa al índice de plasticidad. El cual indica la finura del suelo, y a la vez indica la característica de ligera plasticidad.



**Tabla 82: Resultado del Ensayo de límites de Atterberg Calicata N°-3**

|     |        |
|-----|--------|
| LL= | 33.44% |
| LP= | 19.12% |
| IP= | 14.33% |

El resultado de 33.34% representa al límite líquido, del cual se deduce que por debajo de este porcentaje el suelo se comportara como material plástico y si superamos este porcentaje el suelo se comporta como un fluido viscoso.

El resultado de 19.12 % representa al límite plástico, del cual se deduce que por debajo de este porcentaje el suelo se comporta como material no plástico.

El resultado 14.33 % representa al índice de plasticidad. El cual indica la finura del suelo, y a la vez indica la característica de mediana plasticidad.

### 4.9. RESULTADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

Tabla 83: Resultado de clasificación de Suelos (SUCS) Calicata N°-1

| DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS                   |    |               |       |       |       |           |    |       |         |    |               |       |       |       |           |   |       |    |        |    |             |        |    |    |    |
|--|----|---------------|-------|-------|-------|-----------|----|-------|---------|----|---------------|-------|-------|-------|-----------|---|-------|----|--------|----|-------------|--------|----|----|----|
| SUELOS   |    |               |       |       |       |           |    |       |         |    |               |       |       |       |           |   |       |    |        |    |             |        |    |    |    |
| GRUESOS<br>MENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200                    |    |               |       |       |       |           |    |       |         |    |               |       |       |       |           | FINOS<br>MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200 |       |    |        |    |             |        |    |    |    |
| GRAVAS   |    |               |       |       |       | ARENAS    |    |       |         |    |               |       |       |       |           | LIMOS Y ARCILLAS                          |       |    |        |    | ORG (Turba) |        |    |    |    |
| LIMPIAS  |    | COMBINACIONES |       |       |       | CON FINOS |    |       | LIMPIAS |    | COMBINACIONES |       |       |       | CON FINOS |   |       |    | LL<50% |    |             | LL>50% |    |    |    |
| GW   | GP | GW-GM         | GW-GC | GP-GM | GP-GC | GM        | GC | GC-GM | SW      | SP | SW-SM         | SW-SC | SP-SM | SP-SC | SM        | SC  | SC-SM | CL | CL-ML  | ML | OL          | CH     | MH | OH | Pt |
| <b>CL-ML (SUCS) Arcilla Limosa de baja Plasticidad con Arena</b> |    |               |       |       |       |           |    |       |         |    |               |       |       |       |           |   |       |    |        |    |             |        |    |    |    |
| Fuente: Ingeomat   |    |               |       |       |       |           |    |       |         |    |               |       |       |       |           |   |       |    |        |    |             |        |    |    |    |

El suelo se clasificó como Arcilla Limosa de baja Plasticidad con Arena (CL-ML). Esta clasificación se realizó de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Tabla 84: Resultado de clasificación de Suelos (SUCS) Calicata N°-2

| DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS |   |               |       |       |       |   |    |    |         |    |               |       |       |       |           |   |    |       |        |       |             |        |    |    |    |    |
|--|---|---------------|-------|-------|-------|---|----|----|---------|----|---------------|-------|-------|-------|-----------|---|----|-------|--------|-------|-------------|--------|----|----|----|----|
| SUELOS   |   |               |       |       |       |   |    |    |         |    |               |       |       |       |           |   |    |       |        |       |             |        |    |    |    |    |
| GRUESOS<br>MENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200  |   |               |       |       |       |   |    |    |         |    |               |       |       |       |           | FINOS<br>MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200 |    |       |        |       |             |        |    |    |    |    |
| GRAVAS   |   |               |       |       |       | ARENAS  |    |    |         |    |               |       |       |       |           | LIMOS Y ARCILLAS                          |    |       |        |       | ORG (Turba) |        |    |    |    |    |
| LIMPIAS  |   | COMBINACIONES |       |       |       | CON FINOS   |    |    | LIMPIAS |    | COMBINACIONES |       |       |       | CON FINOS |   |    |       | LL<50% |       |             | LL>50% |    |    |    |    |
| G  | W | GP            | GW-GM | GW-GC | GP-GM | GP-GC   | GM | GC | GC-GM   | SW | SP            | SW-SM | SW-SC | SP-SM | SP-SC     | SM  | SC | SC-SM | CL     | CL-ML | ML          | OL     | CH | MH | OH | Pt |
|  |   |               |       |       |       | <b>SP-SM (SUCS) Arena mal Graduada con Limo y Grava</b> |    |    |         |    |               |       |       |       |           |   |    |       |        |       |             |        |    |    |    |    |
| Fuente: Ingeomat                               |   |               |       |       |       |   |    |    |         |    |               |       |       |       |           |   |    |       |        |       |             |        |    |    |    |    |



El suelo se clasificó como Arena mal graduada con Limo y Grava (SP-SM). Esta clasificación se realizó de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

**Tabla 85: Resultado de clasificación de Suelos (SUCS) Calicata N°-3**

| DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS         |               |           |           |           |           |           |        |           |             |               |           |                                  |           |           |        |        |           |                |           |        |        |        |        |        |    |
|--|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|-----------|-------------|---------------|-----------|----------------------------------|-----------|-----------|--------|--------|-----------|----------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| SUELOS   |               |           |           |           |           |           |        |           |             |               |           |                                  |           |           |        |        |           |                |           |        |        |        |        |        |    |
| GRUESOS  |               |           |           |           |           |           |        |           |             |               |           | FINOS                            |           |           |        |        |           |                |           |        |        |        |        |        |    |
| MENOS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200                     |               |           |           |           |           |           |        |           |             |               |           | MAS DEL 50% PASAN LA MALLA N 200 |           |           |        |        |           |                |           |        |        |        |        |        |    |
| GRAVAS   |               |           |           |           |           | ARENAS    |        |           |             |               |           | LIMOS Y ARCILLAS                 |           |           |        |        |           | ORG<br>(Turba) |           |        |        |        |        |        |    |
| LIMPIA<br>S  | COMBINACIONES |           |           |           |           | CON FINOS |        |           | LIMPIA<br>S | COMBINACIONES |           |                                  | CON FINOS |           |        | LL<50% |           |                | LL>50%    |        |        |        |        |        |    |
| G<br>W   | G<br>P        | GW-<br>GM | GW-<br>GC | GP-<br>GM | GP-<br>GC | G<br>M    | G<br>C | GC-<br>GM | SW<br>M     | SP<br>C       | SW-<br>SM | SW-<br>SC                        | SP-<br>SM | SP-<br>SC | S<br>M | S<br>C | SC-<br>SM | <b>C<br/>L</b> | CL-<br>ML | M<br>L | O<br>L | C<br>H | M<br>H | O<br>H | Pt |
| <b>CL (SUCS) Arcilla de baja Plasticidad con Arena</b> |               |           |           |           |           |           |        |           |             |               |           |                                  |           |           |        |        |           |                |           |        |        |        |        |        |    |
| Fuente: Ingeomat                                       |               |           |           |           |           |           |        |           |             |               |           |                                  |           |           |        |        |           |                |           |        |        |        |        |        |    |

El suelo se clasificó como Arcilla de baja Plasticidad con Arena (CL). Esta clasificación se realizó de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.



#### 4.10. RESULTADOS DE ESTRATIGRAFÍA DEL SUELO

- La estratigrafía que se presenta en la calicata N°-1 es la siguiente:

Se tiene entre 0.15 a 0.20 m de material agrícola y a partir de 0.20 a 2.00 m Arcilla Limosa de baja Plasticidad con Arena (CL-ML).

- La estratigrafía que se presenta en la calicata N°-2 es la siguiente:

Se tiene entre 0.10 a 0.15 m de terreno agrícola y a partir de 0.15 a 2.00 m Arena mal Graduada con Limo y Grava (SP-SM).

- La estratigrafía que se presenta en la calicata N°-3 es la siguiente:

Se tiene entre 0.10 a 0.50 m de terreno agrícola y a partir de 0.50 a 2.00 m Arcilla de baja Plasticidad con Arena (CL).

#### 4.11. RESULTADOS DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO

##### El Resultado de Corte Directo Para la Calicata N° 1 es el Siguiete:

- El resultado de cohesión es de  $C=0.26 \text{ kg/cm}^2$
- El resultado de Ángulo de fricción es de  $\Phi= 36.50^\circ$

Estos resultados nos demuestran que la atracción de las partículas entre ellas es de  $0.26 \text{ kg/cm}^2$  y esta varía de acuerdo al contenido de humedad.

Y la fricción existente entre las superficies de contacto de las partículas con respecto a un plano horizontal es de  $36.50^\circ$

##### El Resultado de Corte Directo Para la Calicata N° 2 es el Siguiete:

- El resultado de cohesión es de  $C=0.18 \text{ kg/cm}^2$
- El resultado de Ángulo de fricción es de  $\Phi=31.40^\circ$

Estos resultados nos demuestran que la atracción de las partículas entre ellas de  $0.21 \text{ kg/cm}^2$  y esta varía de acuerdo al contenido de humedad.

Y la fricción existente entre las superficies de contacto de las partículas con respecto a un plano horizontal es de  $31.40^\circ$

##### El Resultado de Corte Directo Para la Calicata N° 3 es el Siguiete:

- El resultado de cohesión es de  $C=0.43 \text{ kg/cm}^2$
- El resultado de Ángulo de fricción es de  $\Phi=14.0^\circ$

Estos resultados nos demuestran que la atracción de las partículas entre ellas de  $0.44 \text{ kg/cm}^2$  y esta varía de acuerdo al contenido de humedad.

Y la fricción existente entre las superficies de contacto de las partículas con respecto a un plano horizontal es de  $14.0^\circ$  grados.

## 4.12. RESULTADO DE ESTABILIDAD DE TALUDES

### TALUD N°- 1

|   |  |                         |  |   |
|---|--|-------------------------|--|---|
| <b>Analizar</b>                             | Superficie de deslizamiento : circular | Sustituye               | Eliminar   | Convertir en polígono   |
| <b>Superficie de deslizamiento circular</b> |  | <b>Análisis</b>         |  |   |
| Centro :                                    | <a href="#">Editar</a>                 | Método :                | Bishop   | <b>Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)</b><br>Suma de fuerzas activas : $F_a = 1621.75$ kN/m<br>Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 1610.72$ kN/m<br>Momento de deslizamiento : $M_d = 32435.05$ kNm/m<br>Momento estabilizador : $M_p = 32214.45$ kNm/m<br>Factor de seguridad = $0.99 < 1.50$<br><b>Estabilidad del talud NO ACEPTABLE</b> |
| x =   | 20.10 [m]                              | Tipos de análisis :     | Estándar   |   |
| z =   | 10.00 [m]                              | Restricciones           | <input checked="" type="checkbox"/> Suponer los andajes como infinitos |   |
| Radio :                                     | Ángulos :                              |                         |  |   |
| R =   | 20.00 [m]                              | $\alpha_1 = -80.30$ [°] | $\alpha_2 = 11.63$ [°]   |   |

El factor de seguridad para la estabilidad de talud es de 0.99 el cual se encuentra por debajo de 1.5 y no es aceptable.

### TALUD N°- 2

|   |  |                         |  |   |
|---|--|-------------------------|--|---|
| <b>Analizar</b>                             | Superficie de deslizamiento : circular | Sustituye               | Eliminar   | Convertir en polígono   |
| <b>Superficie de deslizamiento circular</b> |  | <b>Análisis</b>         |  |   |
| Centro :                                    | <a href="#">Editar</a>                 | Método :                | Bishop   | <b>Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)</b><br>Suma de fuerzas activas : $F_a = 1653.22$ kN/m<br>Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 1334.29$ kN/m<br>Momento de deslizamiento : $M_d = 33064.37$ kNm/m<br>Momento estabilizador : $M_p = 26685.78$ kNm/m<br>Factor de seguridad = $0.81 < 1.50$<br><b>Estabilidad del talud NO ACEPTABLE</b> |
| x =   | 21.00 [m]                              | Tipos de análisis :     | Estándar   |   |
| z =   | 12.00 [m]                              | Restricciones           | <input checked="" type="checkbox"/> Suponer los andajes como infinitos |   |
| Radio :                                     | Ángulos :                              |                         |  |   |
| R =   | 20.00 [m]                              | $\alpha_1 = -86.58$ [°] | $\alpha_2 = 4.21$ [°]  |   |

El factor de seguridad para la estabilidad de talud es de 0.81 el cual se encuentra por debajo de 1.5 y no es aceptable.

### TALUD N°-3

|          |                        |                         |  |   |
|----------|------------------------|-------------------------|--|---|
| Centro : | <a href="#">Editar</a> | Método :                | Bishop   | <b>Verificación de estabilidad de taludes (Bishop)</b><br>Suma de fuerzas activas : $F_a = 1490.73$ kN/m<br>Suma de fuerzas pasivas : $F_p = 1201.78$ kN/m<br>Momento de deslizamiento : $M_d = 25342.46$ kNm/m<br>Momento estabilizador : $M_p = 20430.34$ kNm/m<br>Factor de seguridad = $0.81 < 1.50$<br><b>Estabilidad del talud NO ACEPTABLE</b> |
| x =      | 18.00 [m]              | Tipos de análisis :     | Estándar   |   |
| z =      | 15.00 [m]              | Restricciones           | <input checked="" type="checkbox"/> Suponer los andajes como infinitos |   |
| Radio :  | Ángulos :              |                         |  |   |
| R =      | 17.00 [m]              | $\alpha_1 = -89.00$ [°] | $\alpha_2 = -16.74$ [°]  |   |

El factor de seguridad para la estabilidad de talud es de 0.81 el cual se encuentra por debajo de 1.5 y no es aceptable.

#### 4.13. ESTIMACIÓN DE NUEVAS SECCIONES DEL PUENTE

Tabla 86: Estimación de Nuevas Secciones del Puente

| ESTIMACIÓN DE LAS SECCIONES DEL PUENTE |                |              |
|--|----------------|--------------|
| PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)              | TIRANTE (NAMO) | ANCHO DE RÍO |
| 50 AÑOS                                | 2.50           | 6.50         |
| 100 AÑOS                               | 2.50           | 7.00         |
| 500 AÑOS                               | 3.00           | 8.00         |

Namo: Nivel de Aguas Máximas Ordinarias

El periodo de retorno para diseñar las distintas estructuras que conforman el puente de acuerdo al manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2013), para la estimación de la profundidad de socavación, deberá ser igual a un caudal de un periodo de retorno de no más de 500 años. Con este valor de caudal se verificará la estabilidad de la cimentación del puente.

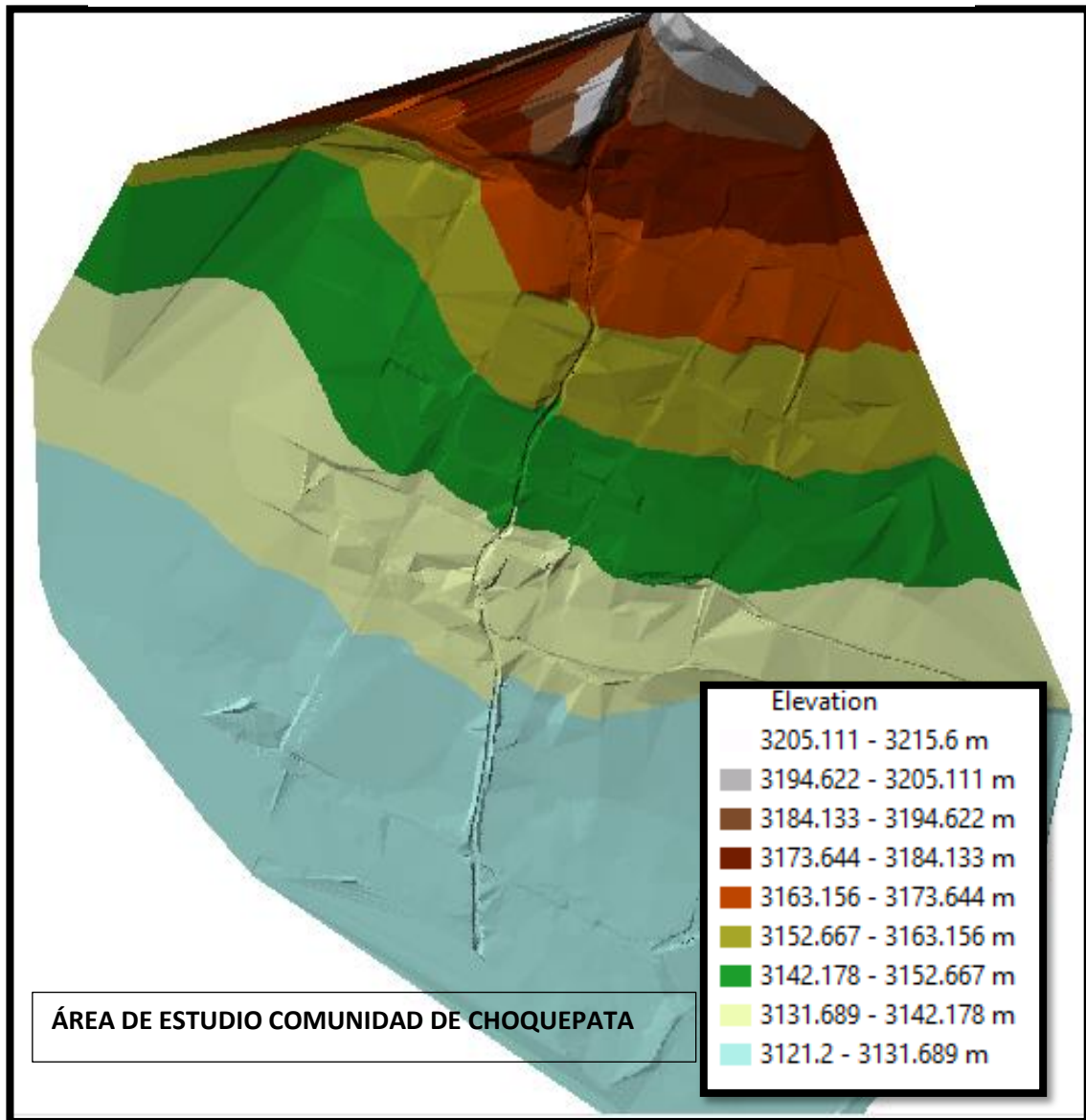
El galibo del puente proyectado cuando exista evidencia que la corriente transporta material sólido, troncos u otros objetos voluminosos el galibo deberá ser superior a 2.50 m.

Además, menciona que si el puente se encuentra dentro de una ciudad con alta densidad poblacional o esté ubicado en la parte baja de la cuenca el periodo de retorno con el que se diseñara la cuenca es de 100 años.

#### 4.14. RESULTADO DE LA ESTIMACIÓN DE ÁREAS VULNERABLES

##### 4.14.1. MAPA DE ELEVACIONES DE LA ZONA DE ESTUDIO

FIGURA Nº 92: Mapa de Elevaciones del Área de Estudio.

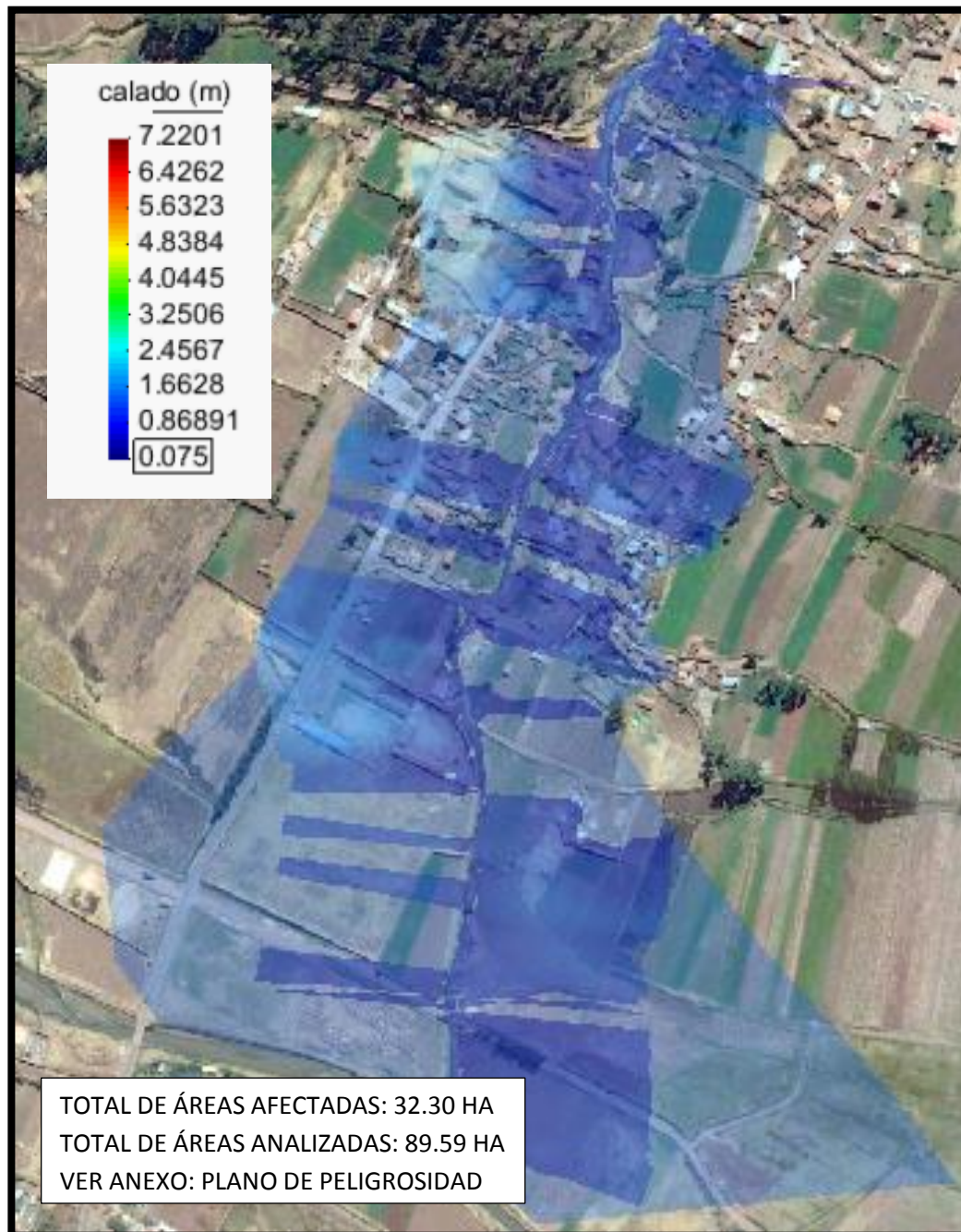


Fuente: Elaboración Propia



#### 4.14.2. MAPA DE CALADOS DEL ÁREA DE ESTUDIO

FIGURA N° 93: Mapa de Calados del Área de Estudio.



Fuente: Elaboración Propia

El total de áreas afectadas es de 32.30 ha que es representado por el 36.05 % de áreas vulnerables. Dentro de las cuales hay 77 viviendas afectas de un total de 116 posibles, así como también dentro de estas áreas se encuentra la Institución Educativa N° "50023" que tiene una población estudiantil de 113 alumnos distribuido entre los entre los niveles inicial y primaria.

4.14.2.1. Secciones Transversales de Máximos Caudales

FIGURA Nº 94: Sección Transversal Progresiva 00+915

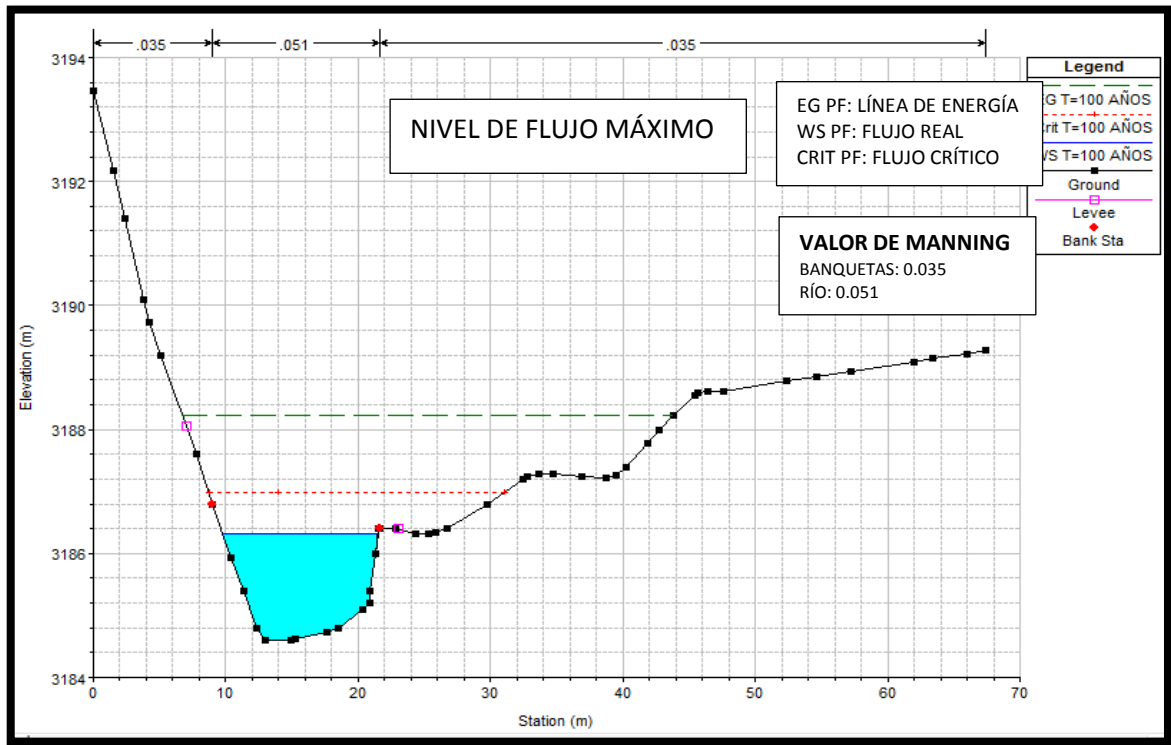


FIGURA Nº 95: Sección Transversal Progresiva 00+700

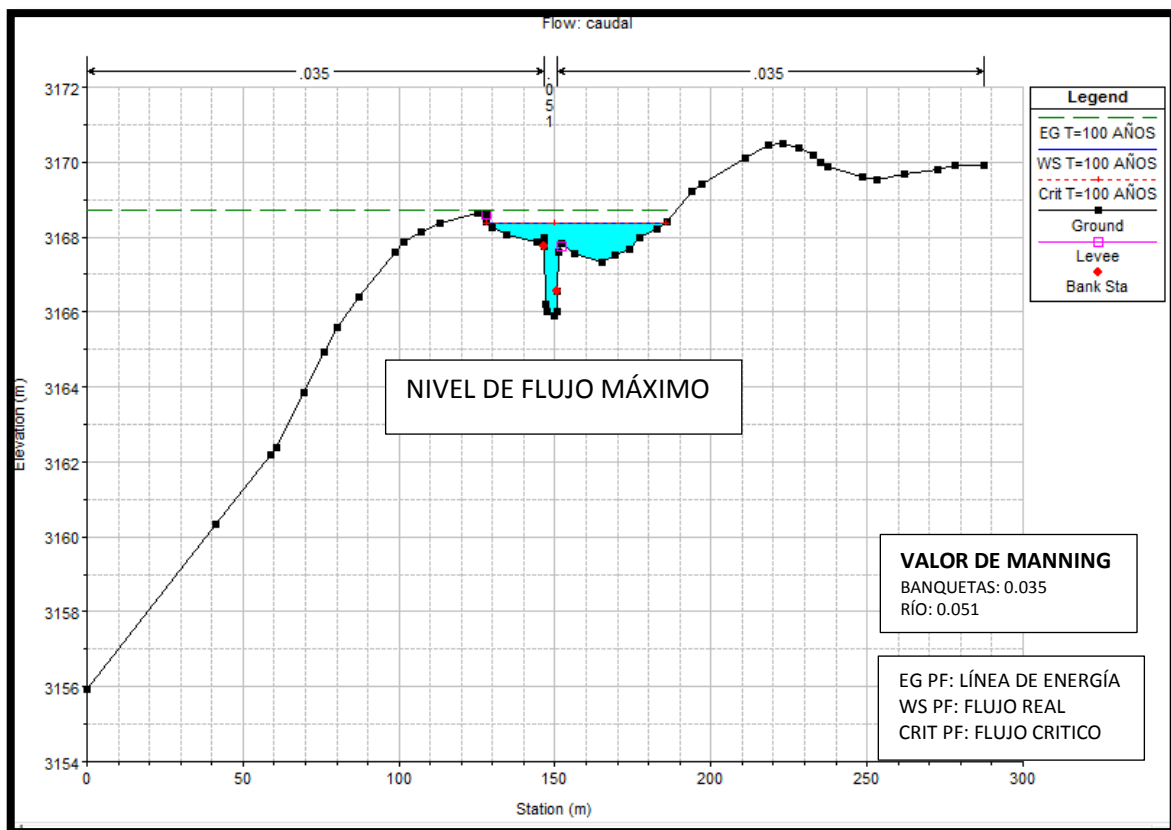


FIGURA Nº 96: Sección Transversal Progresiva 00+650

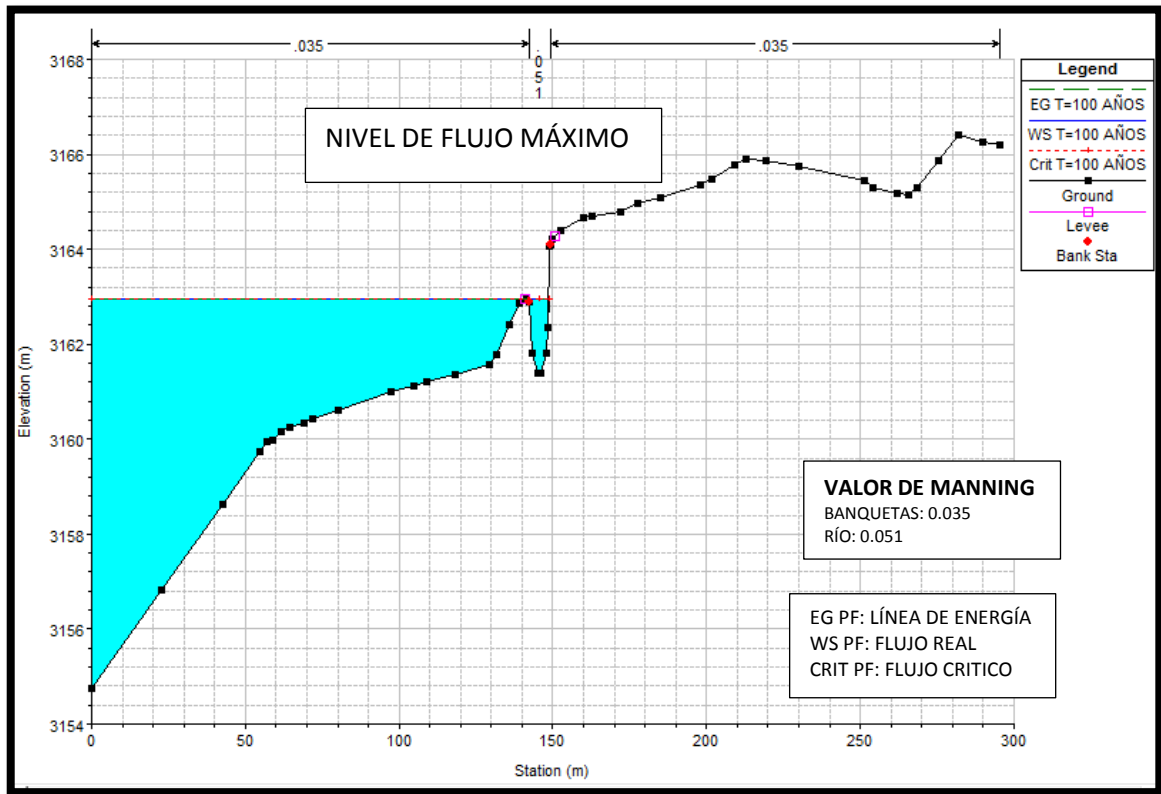


FIGURA Nº 97: Sección Transversal Progresiva 00+565

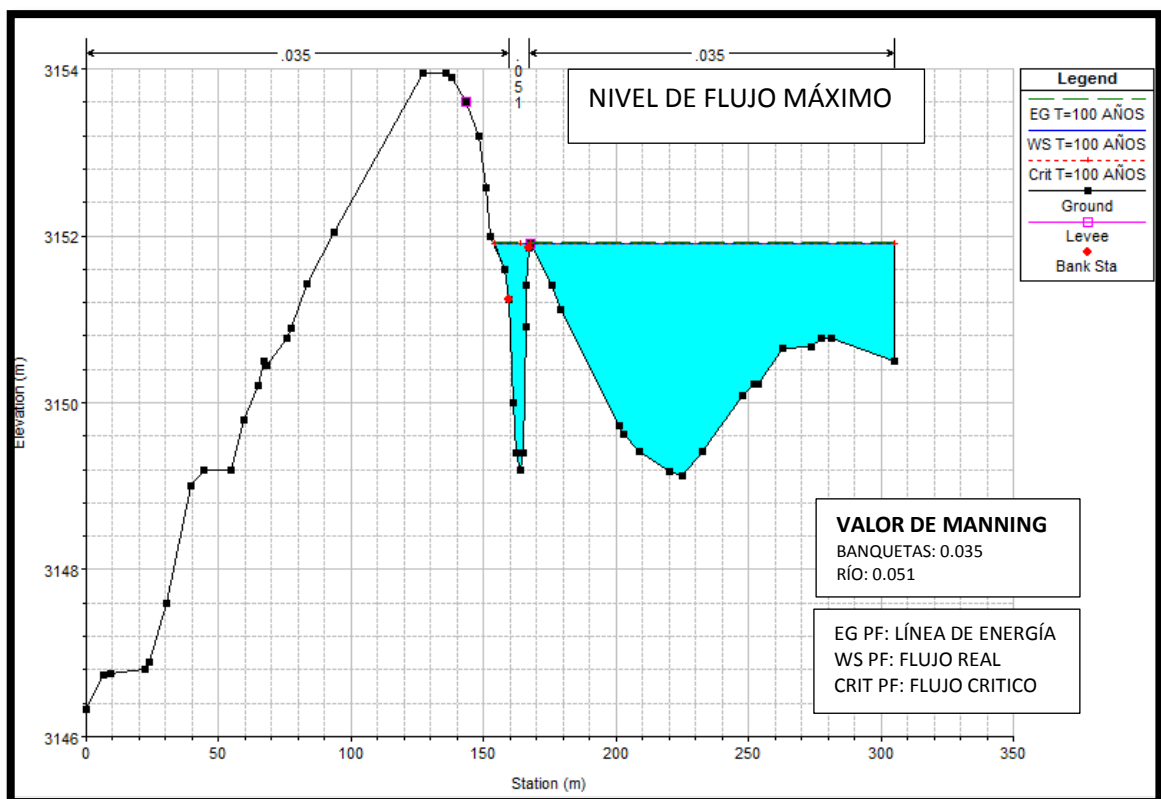


FIGURA Nº 98: Sección Transversal Progresiva 00+334

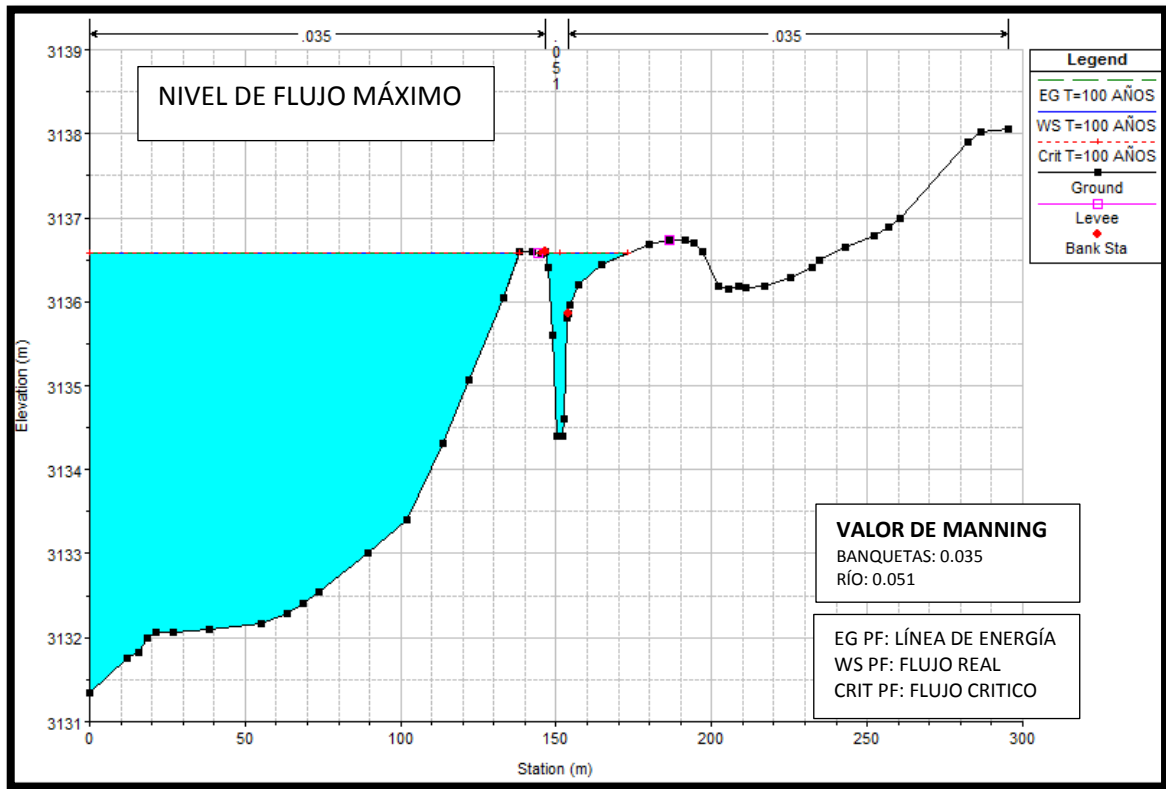


FIGURA Nº 99: Sección Transversal Progresiva 00+120

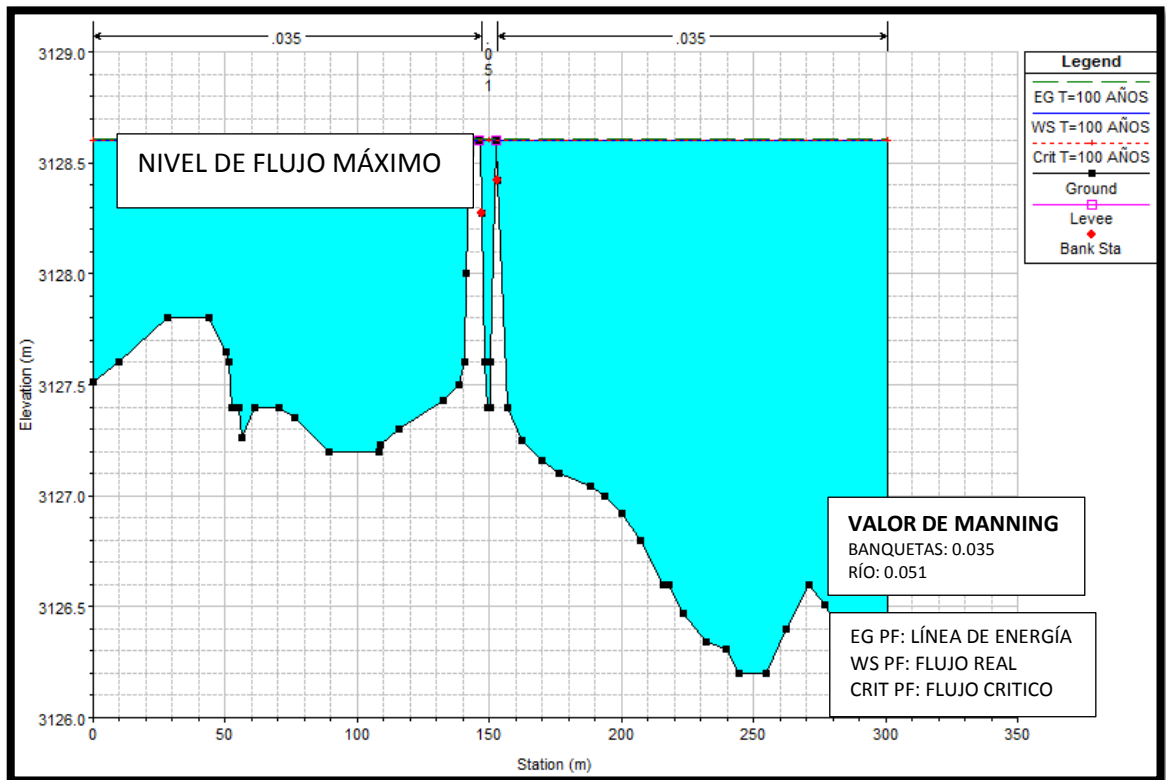


FIGURA Nº 100: Sección Transversal Progresiva 00+20

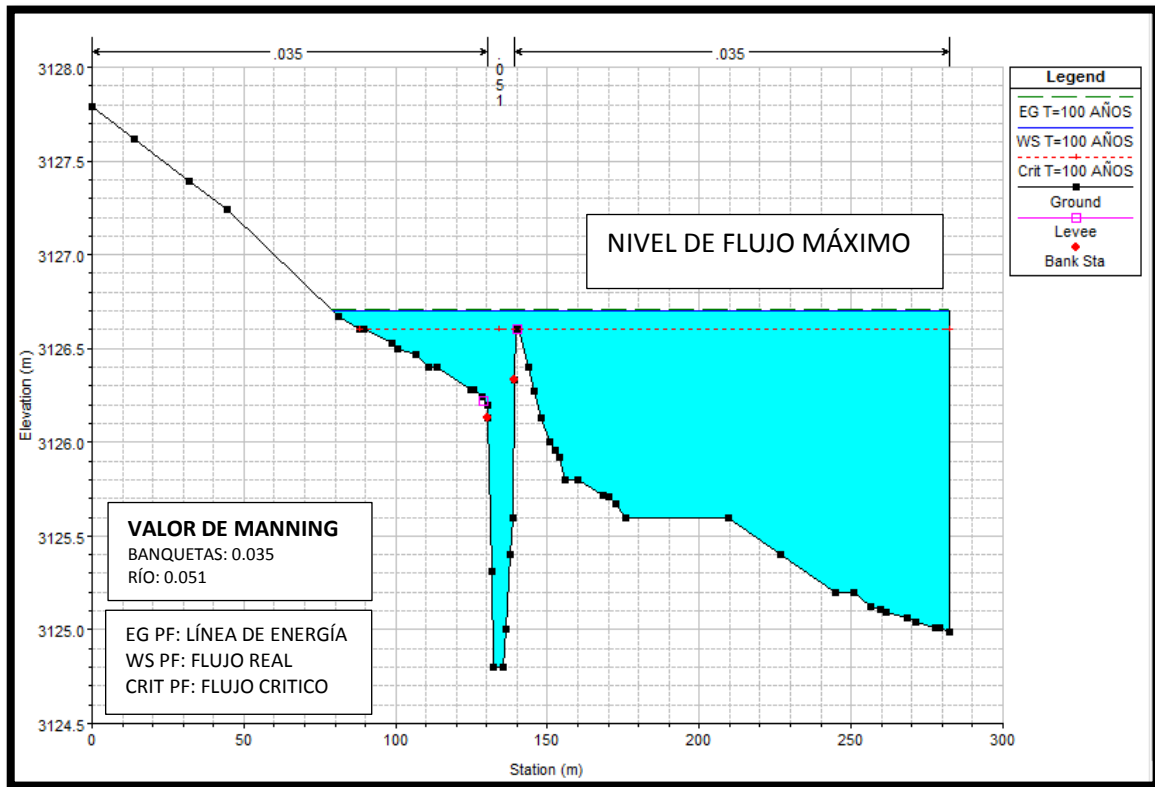
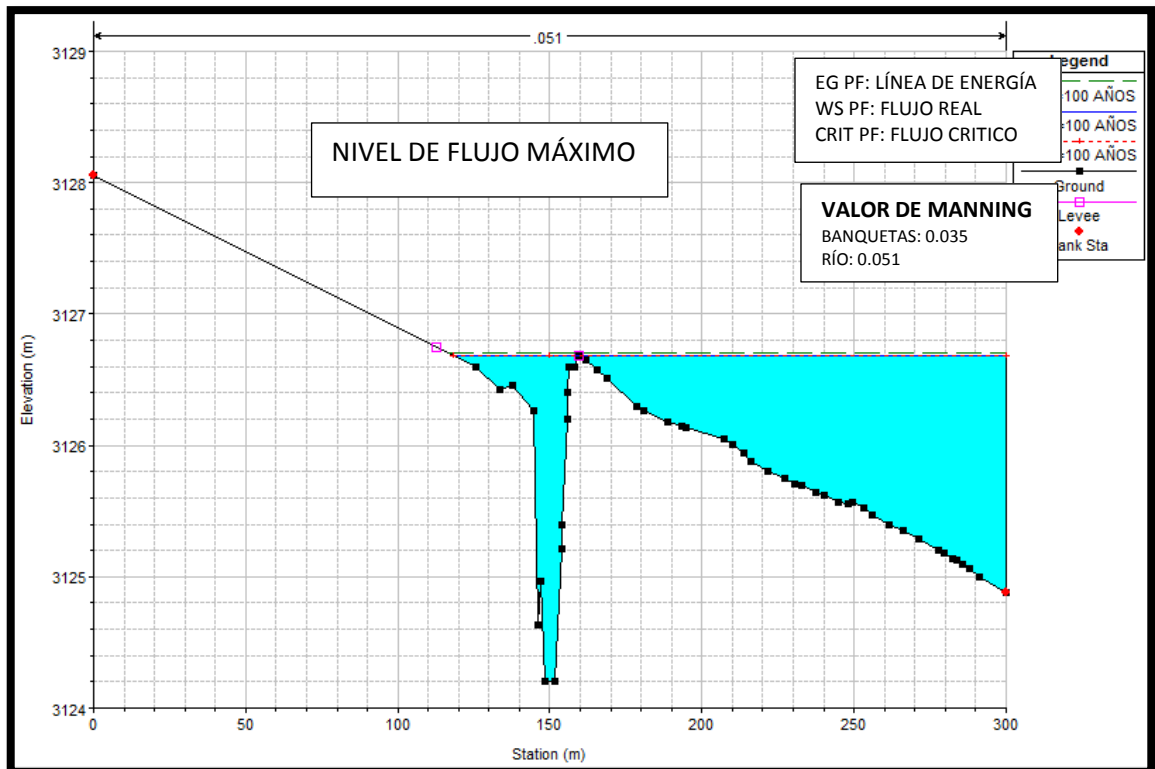
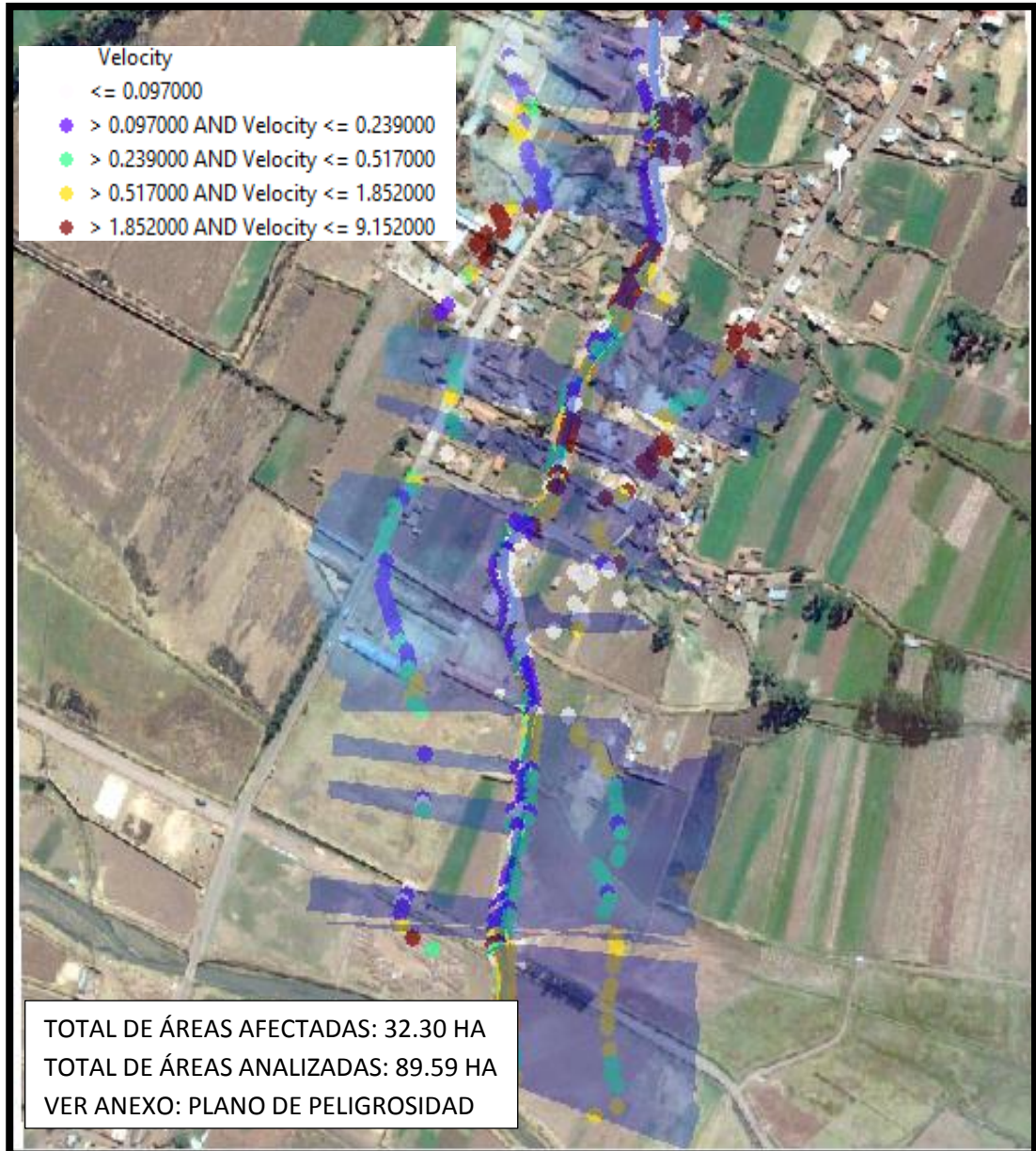


FIGURA Nº 101: Sección Transversal Progresiva 00+005



### 4.14.3. MAPA DE VELOCIDADES DEL ÁREA DE INFLUENCIA POR LA INUNDACIÓN

FIGURA N° 102: Mapa de Velocidades del Área de Estudio



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 103: Sección Transversal Progresiva 00+875

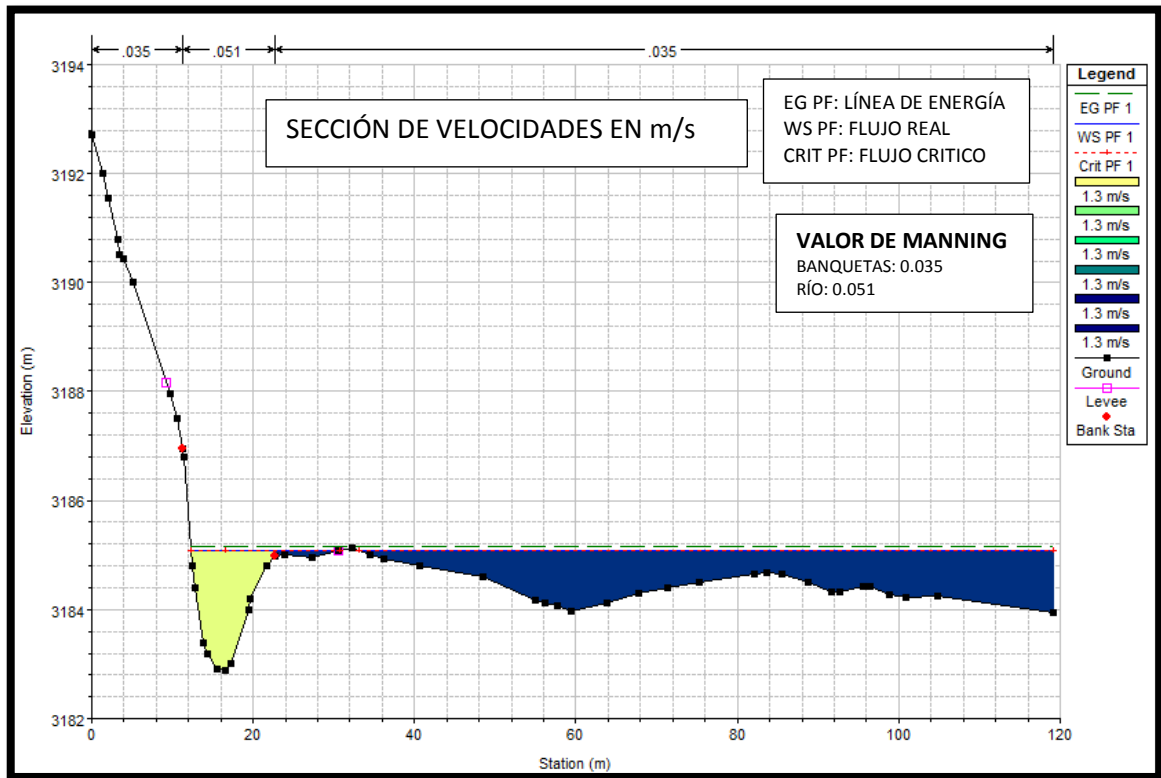


FIGURA Nº 104: Sección Transversal Progresiva 00+720

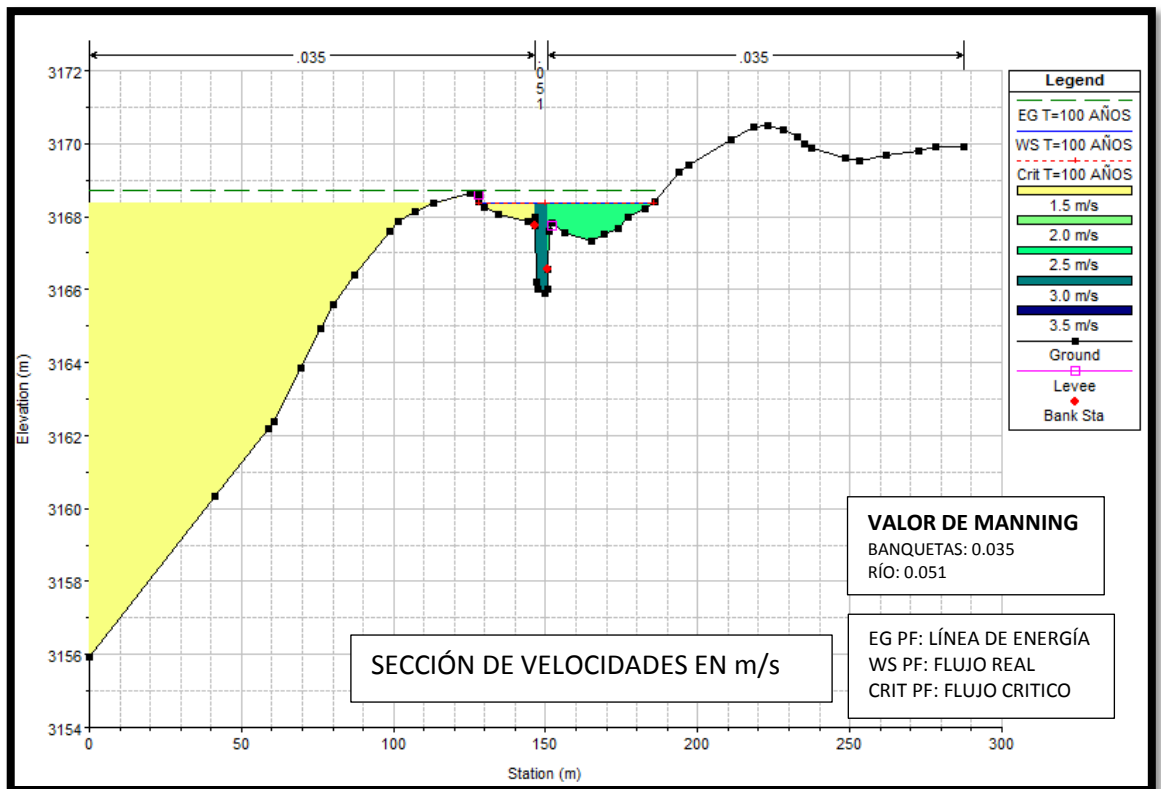


FIGURA Nº 105: Sección Transversal Progresiva 00+600

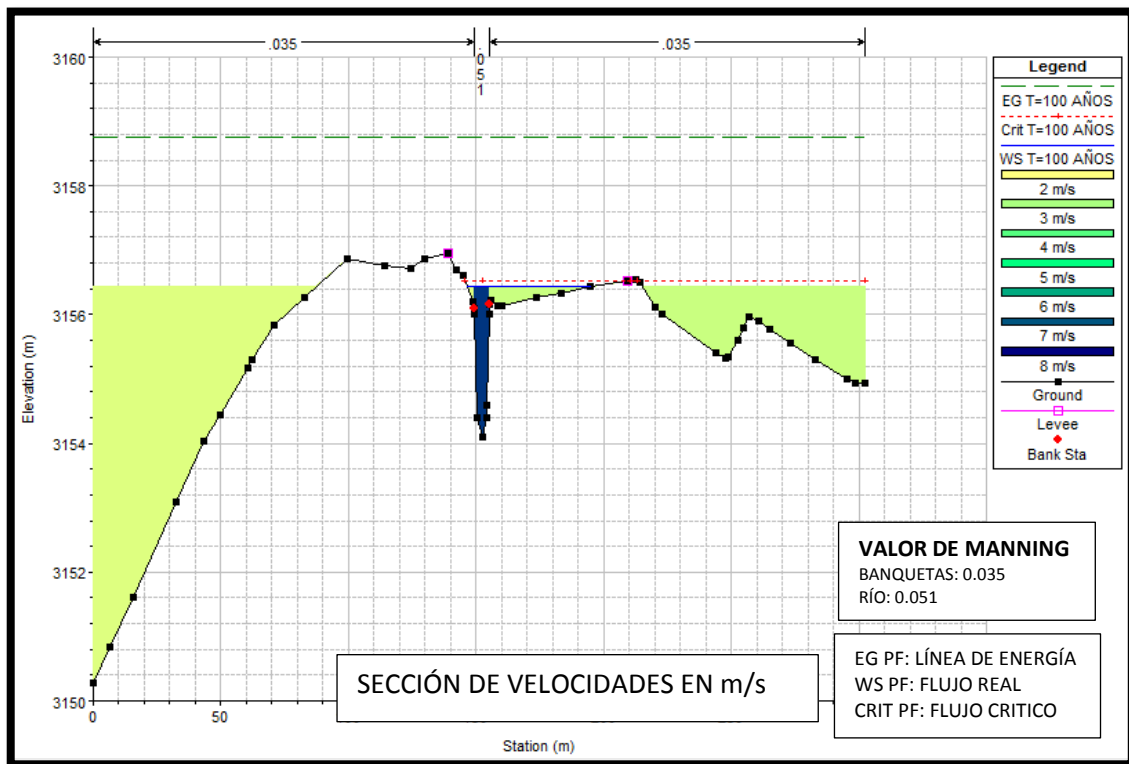


FIGURA Nº 106: Sección Transversal Progresiva 00+505

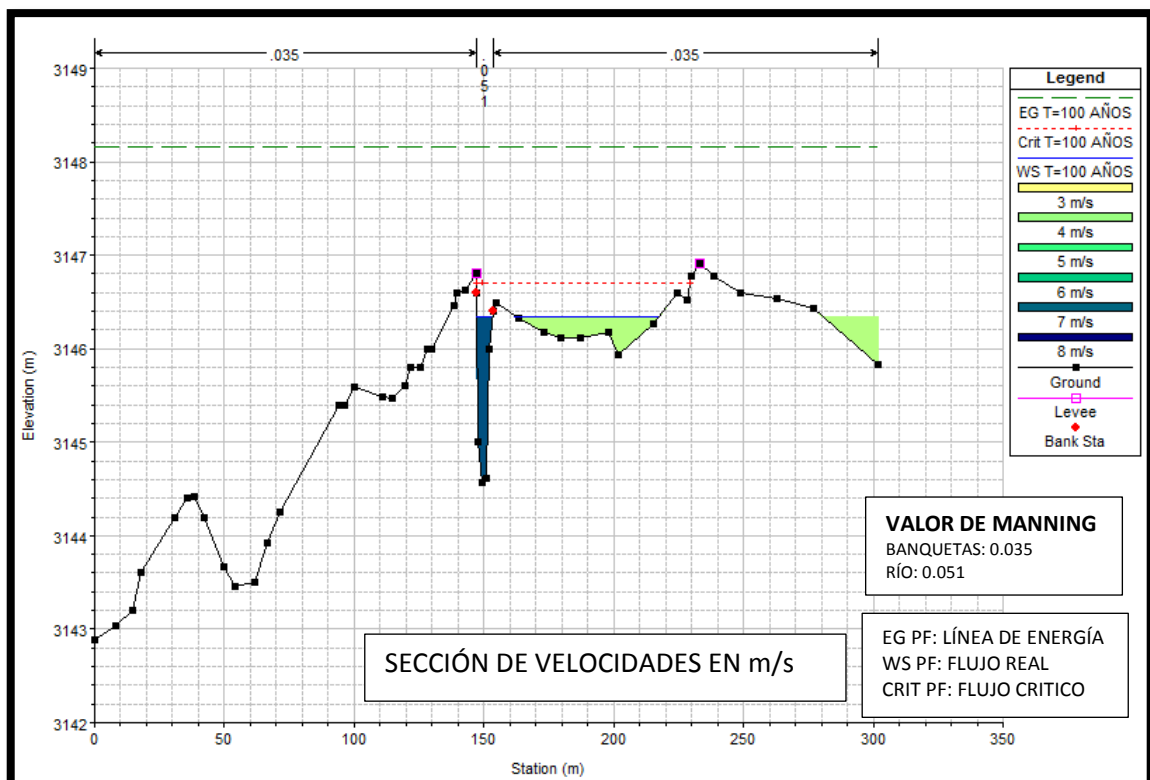




FIGURA Nº 107: Sección Transversal Progresiva 00+225

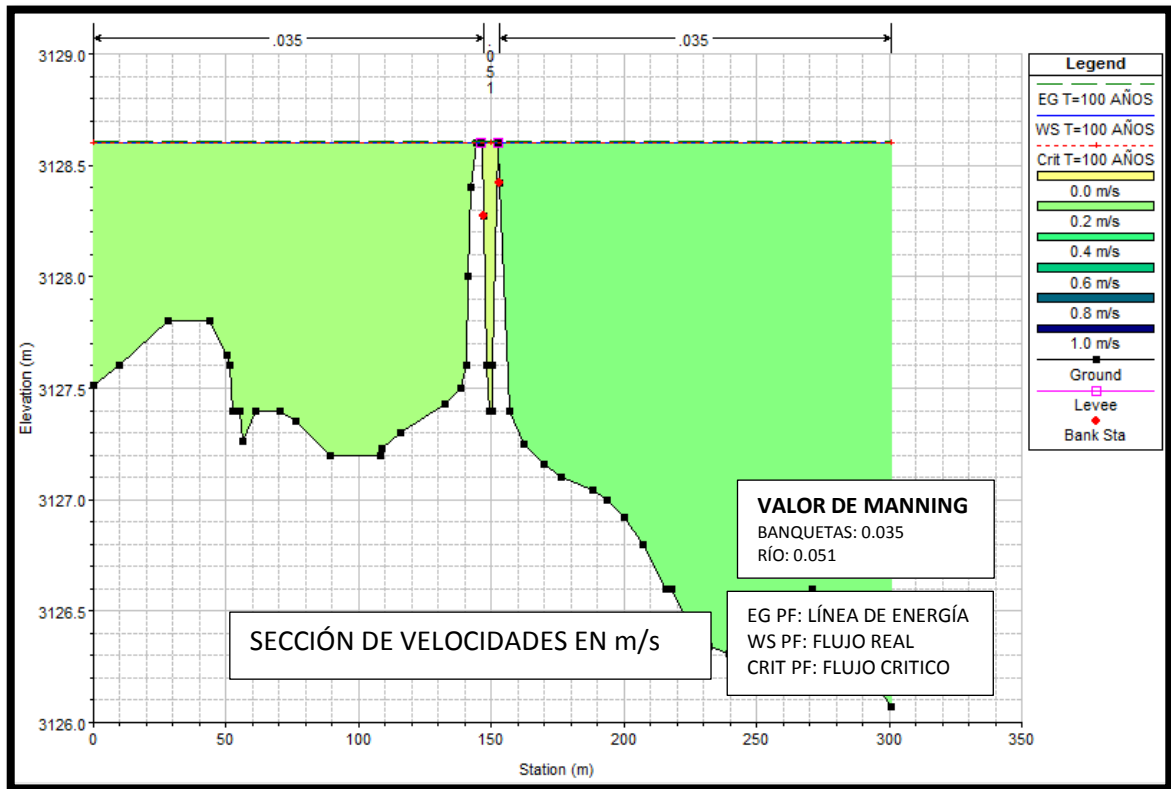


FIGURA Nº 108: Sección Transversal Progresiva 00+200

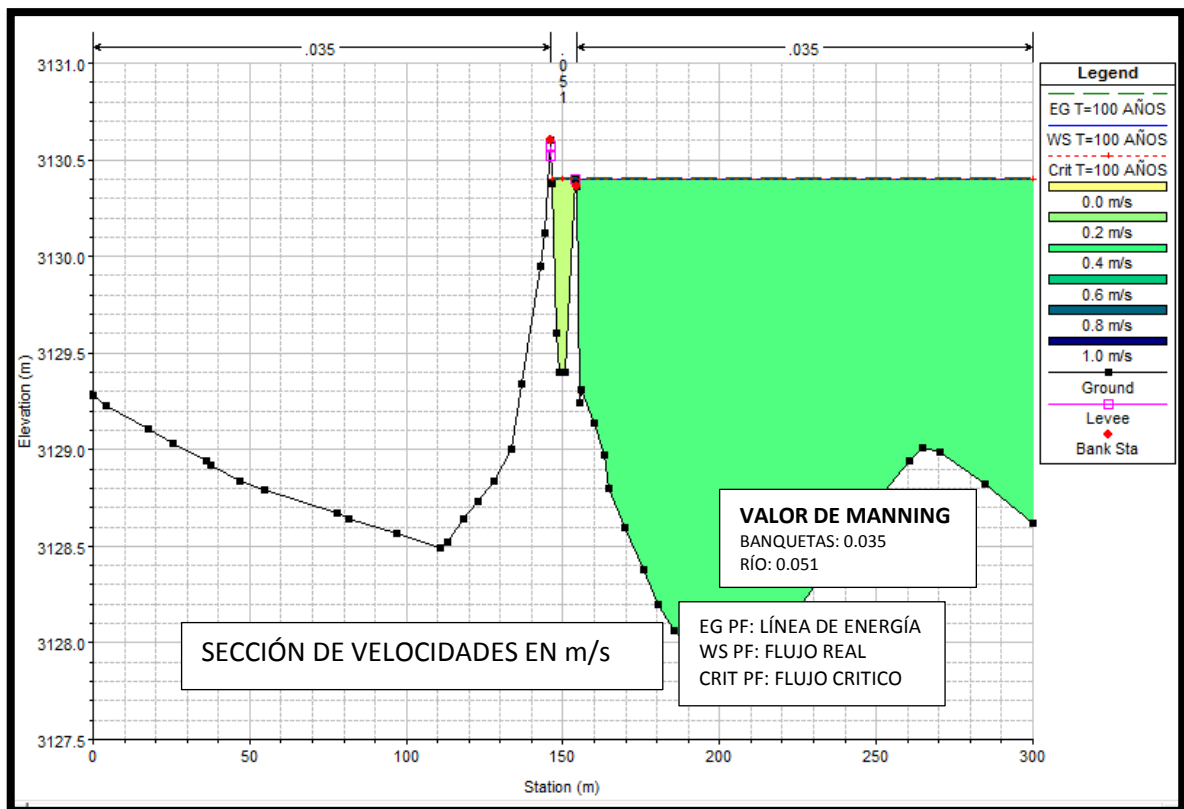


FIGURA Nº 109 Sección Transversal Progresiva 00+120

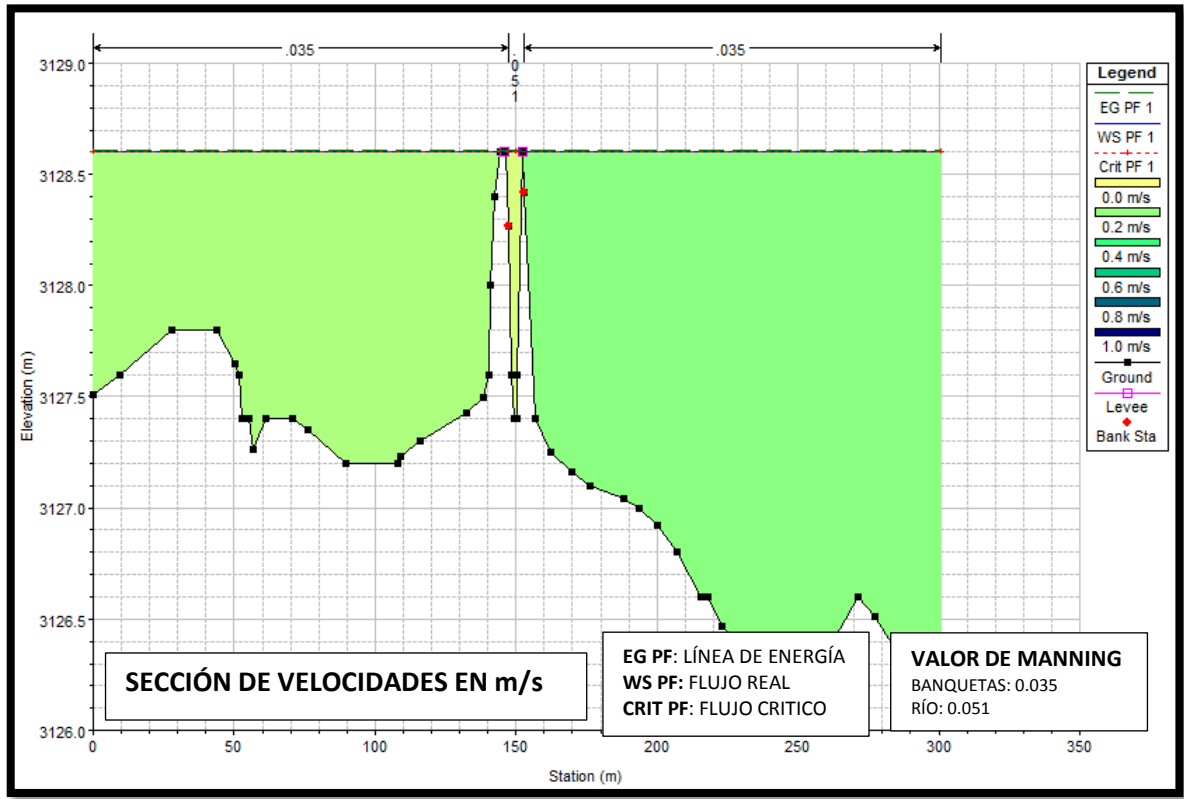


FIGURA Nº 110: Sección Transversal Progresiva 00+60

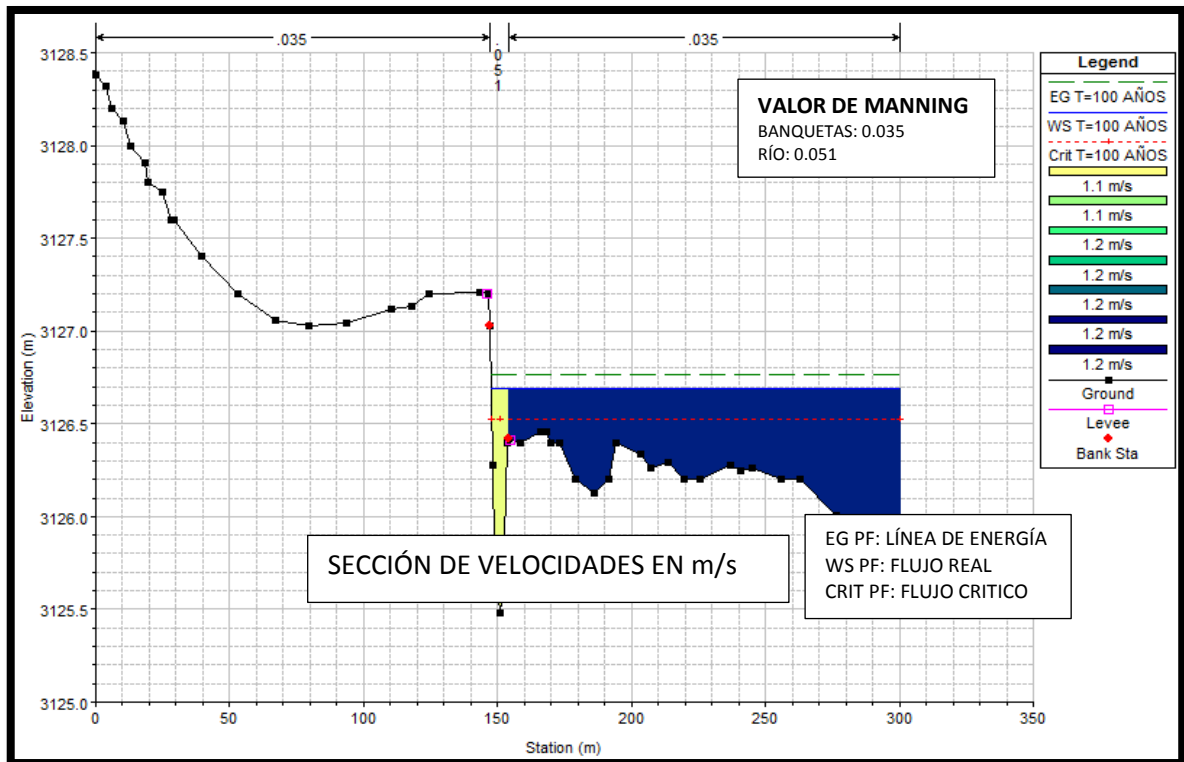


Tabla 87: Resumen de Resultados por Sección

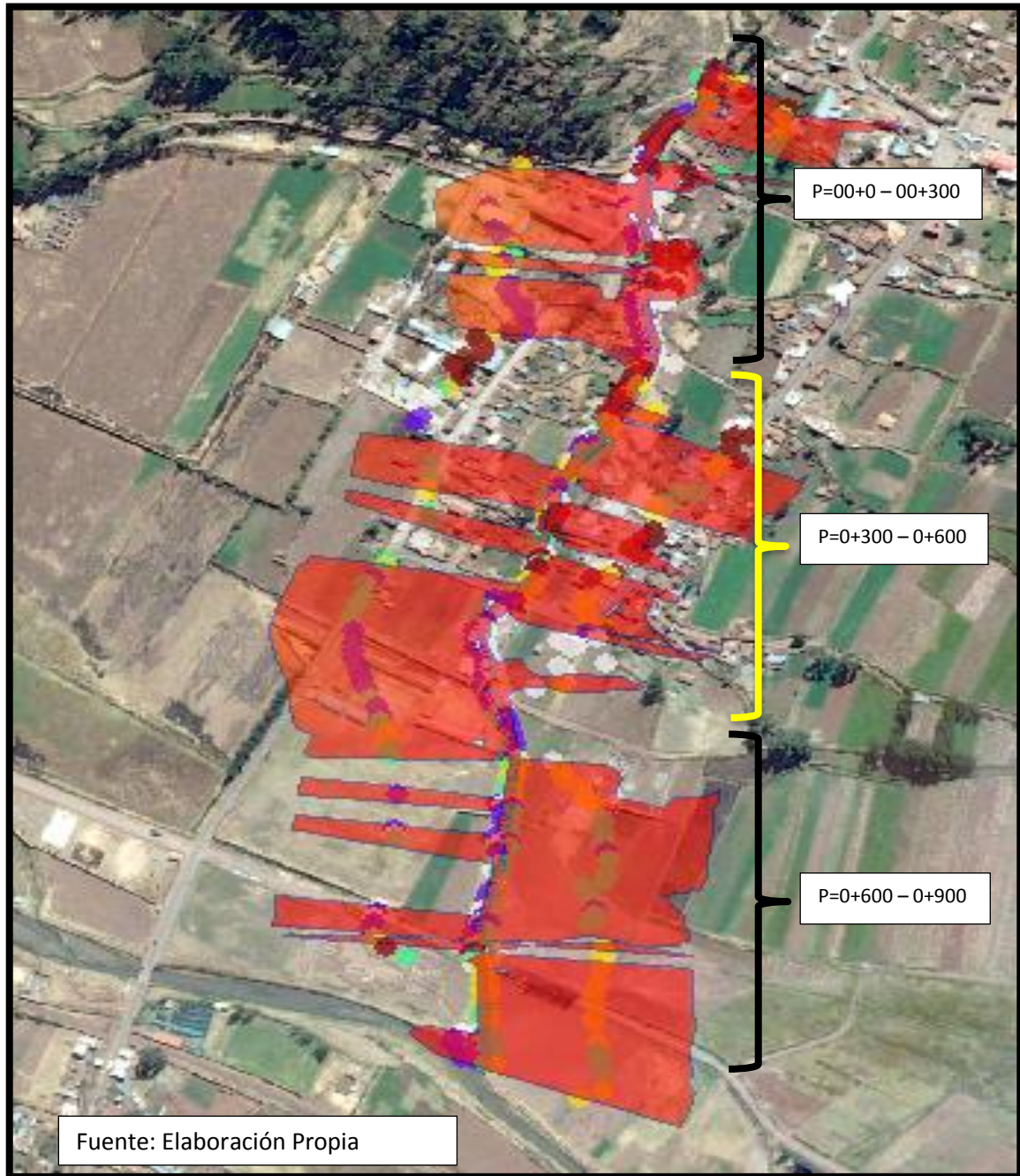
| HEC-RAS Plan: Plan 02 River: PRINCIPAL Reach: PACHATUSAN Profile: T=100 AÑOS |           |            |                   |                  |                  |                  |                  |                     |                   |                   |                  | Re           |
|--|-----------|------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Reach  | River Sta | Profile    | Q Total<br>(m3/s) | Min Ch El<br>(m) | W.S. Elev<br>(m) | Crit W.S.<br>(m) | E.G. Elev<br>(m) | E.G. Slope<br>(m/m) | Vel Chnl<br>(m/s) | Flow Area<br>(m2) | Top Width<br>(m) | Froude # Chl |
| PACHATUSAN   | 895       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3184.24          | 3186.50          | 3186.50          | 3187.27          | 0.024385            | 3.87              | 24.64             | 16.02            | 1.00         |
| PACHATUSAN   | 890       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3184.09          | 3186.18          | 3186.18          | 3186.47          | 0.013957            | 2.71              | 40.95             | 62.06            | 0.75         |
| PACHATUSAN   | 878       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3182.88          | 3185.08          | 3185.08          | 3185.17          | 0.003570            | 1.30              | 73.20             | 104.39           | 0.36         |
| PACHATUSAN   | 858       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3181.14          | 3184.00          | 3183.60          | 3184.01          | 0.000063            | 0.20              | 259.08            | 117.38           | 0.05         |
| PACHATUSAN   | 845       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3178.60          | 3182.59          | 3182.59          | 3183.88          | 0.026583            | 4.88              | 19.02             | 7.29             | 0.89         |
| PACHATUSAN   | 820       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3176.93          | 3178.98          | 3180.03          | 3182.50          | 0.128471            | 8.44              | 11.56             | 8.76             | 2.17         |
| PACHATUSAN   | 800       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3175.00          | 3177.55          | 3177.96          | 3179.58          | 0.103856            | 7.32              | 17.87             | 47.23            | 1.66         |
| PACHATUSAN   | 780       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3172.60          | 3175.27          | 3175.32          | 3177.66          | 0.082204            | 6.85              | 14.04             | 10.37            | 1.72         |
| PACHATUSAN   | 760       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3171.00          | 3173.41          | 3173.41          | 3173.41          | 0.000001            | 0.03              | 965.86            | 157.53           | 0.01         |
| PACHATUSAN   | 739       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3168.20          | 3171.44          | 3171.44          | 3171.87          | 0.015472            | 3.21              | 33.32             | 37.52            | 0.66         |
| PACHATUSAN   | 720       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3168.00          | 3170.30          | 3170.30          | 3170.68          | 0.013686            | 2.60              | 35.76             | 51.53            | 0.59         |
| PACHATUSAN   | 700       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3165.88          | 3168.38          | 3168.38          | 3168.70          | 0.011998            | 3.00              | 39.82             | 57.32            | 0.63         |
| PACHATUSAN   | 680       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3163.86          | 3165.60          | 3165.60          | 3165.60          | 0.000003            | 0.04              | 693.03            | 154.53           | 0.01         |
| PACHATUSAN   | 660       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3161.40          | 3162.95          | 3162.95          | 3162.95          | 0.000010            | 0.06              | 485.94            | 148.67           | 0.02         |
| PACHATUSAN   | 639       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3156.61          | 3158.77          | 3160.12          | 3162.57          | 0.139856            | 8.64              | 11.06             | 6.50             | 2.10         |
| PACHATUSAN   | 620       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3155.20          | 3158.17          | 3158.65          | 3160.31          | 0.062482            | 6.61              | 15.42             | 14.13            | 1.40         |
| PACHATUSAN   | 600       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3154.09          | 3156.43          | 3156.53          | 3158.76          | 0.097374            | 7.38              | 17.33             | 48.81            | 1.78         |
| PACHATUSAN   | 580       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3150.65          | 3152.72          | 3153.34          | 3156.30          | 0.141940            | 8.38              | 11.39             | 7.90             | 2.23         |
| PACHATUSAN   | 565       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3149.20          | 3151.91          | 3151.91          | 3151.92          | 0.000104            | 0.25              | 242.09            | 151.24           | 0.06         |
| PACHATUSAN   | 540       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3146.60          | 3148.34          | 3148.34          | 3148.35          | 0.000035            | 0.13              | 338.92            | 152.73           | 0.03         |
| PACHATUSAN   | 520       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3144.57          | 3146.35          | 3146.70          | 3148.16          | 0.147184            | 7.21              | 18.57             | 61.80            | 2.06         |
| PACHATUSAN   | 500       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3143.69          | 3145.18          | 3145.18          | 3145.19          | 0.000173            | 0.25              | 208.59            | 149.80           | 0.07         |
| PACHATUSAN   | 480       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3141.40          | 3143.01          | 3143.37          | 3144.98          | 0.210876            | 7.40              | 16.66             | 53.87            | 2.15         |
| PACHATUSAN   | 460       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3139.44          | 3141.19          | 3141.40          | 3142.11          | 0.092419            | 4.72              | 22.50             | 59.27            | 1.65         |
| PACHATUSAN   | 440       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3139.60          | 3140.80          | 3140.80          | 3140.81          | 0.000070            | 0.13              | 352.12            | 302.29           | 0.05         |
| PACHATUSAN   | 421       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3138.48          | 3139.43          | 3139.43          | 3139.44          | 0.000068            | 0.11              | 277.31            | 154.08           | 0.04         |
| PACHATUSAN   | 400       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3136.76          | 3138.77          | 3138.77          | 3138.78          | 0.000007            | 0.06              | 540.60            | 154.55           | 0.02         |
| PACHATUSAN   | 380       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3136.00          | 3137.85          | 3137.85          | 3137.85          | 0.000010            | 0.05              | 490.47            | 155.20           | 0.01         |
| PACHATUSAN   | 360       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3135.14          | 3137.00          | 3137.00          | 3137.01          | 0.000015            | 0.08              | 444.89            | 172.50           | 0.02         |
| PACHATUSAN   | 340       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3134.40          | 3136.57          | 3136.57          | 3136.58          | 0.000009            | 0.06              | 510.24            | 164.93           | 0.02         |
| PACHATUSAN   | 320       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3133.40          | 3134.82          | 3134.82          | 3134.82          | 0.000020            | 0.07              | 402.10            | 159.19           | 0.03         |
| PACHATUSAN   | 300       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3132.60          | 3132.98          | 3132.98          | 3133.00          | 0.000351            | 0.18              | 164.16            | 144.58           | 0.10         |
| PACHATUSAN   | 280       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3131.73          | 3132.60          | 3132.60          | 3132.61          | 0.000189            | 0.18              | 202.42            | 152.82           | 0.07         |
| PACHATUSAN   | 265       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3131.20          | 3132.20          | 3132.20          | 3132.28          | 0.001890            | 0.58              | 78.97             | 80.90            | 0.23         |
| PACHATUSAN   | 240       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3130.61          | 3131.60          | 3131.60          | 3131.63          | 0.000705            | 0.38              | 130.93            | 149.40           | 0.14         |
| PACHATUSAN   | 220       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3129.80          | 3131.20          | 3131.20          | 3131.21          | 0.000143            | 0.20              | 221.51            | 153.65           | 0.07         |
| PACHATUSAN   | 200       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3129.40          | 3130.40          | 3130.40          | 3130.41          | 0.000062            | 0.11              | 282.05            | 153.53           | 0.04         |
| PACHATUSAN   | 180       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3128.66          | 3129.43          | 3129.43          | 3129.44          | 0.000050            | 0.08              | 301.30            | 152.03           | 0.04         |
| PACHATUSAN   | 140       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3127.89          | 3128.60          | 3128.60          | 3128.61          | 0.000092            | 0.11              | 239.76            | 136.78           | 0.05         |
| PACHATUSAN   | 120       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3127.40          | 3128.60          | 3128.60          | 3128.61          | 0.000029            | 0.08              | 452.98            | 300.94           | 0.03         |
| PACHATUSAN   | 100       | T=100 AÑOS | 95.40             | 3126.80          | 3127.83          | 3127.83          | 3127.91          | 0.005381            | 1.15              | 75.49             | 155.30           | 0.42         |
| PACHATUSAN   | 80        | T=100 AÑOS | 95.40             | 3126.16          | 3127.00          | 3127.00          | 3127.06          | 0.003064            | 0.81              | 89.23             | 155.07           | 0.32         |
| PACHATUSAN   | 60        | T=100 AÑOS | 95.40             | 3125.48          | 3126.69          | 3126.52          | 3126.77          | 0.004552            | 1.12              | 79.00             | 152.47           | 0.39         |
| PACHATUSAN   | 40        | T=100 AÑOS | 95.40             | 3125.00          | 3126.70          | 3126.37          | 3126.72          | 0.000612            | 0.46              | 144.94            | 154.88           | 0.14         |
| PACHATUSAN   | 20        | T=100 AÑOS | 95.40             | 3124.80          | 3126.70          | 3126.60          | 3126.71          | 0.000260            | 0.39              | 196.51            | 202.98           | 0.10         |
| PACHATUSAN   | 5         | T=100 AÑOS | 95.40             | 3124.20          | 3126.68          | 3126.68          | 3126.70          | 0.001194            | 0.61              | 157.09            | 181.69           | 0.21         |

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.15. RESULTADO DEL CÁLCULO DE RIESGO

##### 4.15.1. MAPA DE ESTRATO Y VALORACIÓN DE LAS ZONAS DE PELIGRO

FIGURA Nº 111: Mapa de Valoración de las Zonas de Peligro



| SECTOR                       | PELIGRO EN % |
|------------------------------|--------------|
| PROGRESIVA: 00+000 – 00+300  | 98 %         |
| PROGRESIVA: 00+300 – 00+600  | 95 %         |
| PROGRESIVA: (00+600 – 00+900 | 90 %         |

### 4.15.2. MATRIZ DE PELIGRO Y VULNERABILIDAD

Tabla 88: Resultado Matriz de Peligro Vulnerabilidad Progresiva 0+00 - 0+300 Metros

| MATRIZ DE PELIGRO Y VULNERABILIDAD |                     |                      |                     |                         |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| PELIGRO MUY ALTO                   | RIESGO ALTO         | RIESGO ALTO          | RIESGO MUY ALTO     | RIESGO MUY ALTO         |
| PELIGRO ALTO                       | RIESGO MEDIO        | RIESGO MEDIO         | RIESGO ALTO         | RIESGO MUY ALTO         |
| PELIGRO MEDIO                      | RIESGO BAJO         | RIESGO MEDIO         | RIESGO MEDIO        | RIESGO ALTO             |
| PELIGRO BAJO                       | RIESGO BAJO         | RIESGO BAJO          | RIESGO MEDIO        | RIESGO ALTO             |
|                                    | VULNERABILIDAD BAJA | VULNERABILIDAD MEDIA | VULNERABILIDAD ALTA | VULNERABILIDAD MUY ALTA |
| RIESGO                             |                     |                      | RIESGO ALTO         | 67%                     |

Fuente: Adaptado del Manual Básico Para la Estimación de Riesgo

Tabla 89: Resultado Matriz de Peligro Vulnerabilidad Progresiva 0+300 - 0+600 Metros

| MATRIZ DE PELIGRO Y VULNERABILIDAD |                     |                      |                     |                         |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| PELIGRO MUY ALTO                   | RIESGO ALTO         | RIESGO ALTO          | RIESGO MUY ALTO     | RIESGO MUY ALTO         |
| PELIGRO ALTO                       | RIESGO MEDIO        | RIESGO MEDIO         | RIESGO ALTO         | RIESGO MUY ALTO         |
| PELIGRO MEDIO                      | RIESGO BAJO         | RIESGO MEDIO         | RIESGO MEDIO        | RIESGO ALTO             |
| PELIGRO BAJO                       | RIESGO BAJO         | RIESGO BAJO          | RIESGO MEDIO        | RIESGO ALTO             |
|                                    | VULNERABILIDAD BAJA | VULNERABILIDAD MEDIA | VULNERABILIDAD ALTA | VULNERABILIDAD MUY ALTA |
| RIESGO                             |                     |                      | RIESGO ALTO         | 62%                     |

Fuente: Adaptado del Manual Básico Para la Estimación de Riesgo

Tabla 78: Resultado Matriz de Peligro Vulnerabilidad Progresiva 0+600 - 0+900 Metros

| MATRIZ DE PELIGRO Y VULNERABILIDAD |                     |                      |                     |                         |
|------------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| PELIGRO MUY ALTO                   | RIESGO ALTO         | RIESGO ALTO          | RIESGO MUY ALTO     | RIESGO MUY ALTO         |
| PELIGRO ALTO                       | RIESGO MEDIO        | RIESGO MEDIO         | RIESGO ALTO         | RIESGO MUY ALTO         |
| PELIGRO MEDIO                      | RIESGO BAJO         | RIESGO MEDIO         | RIESGO MEDIO        | RIESGO ALTO             |
| PELIGRO BAJO                       | RIESGO BAJO         | RIESGO BAJO          | RIESGO MEDIO        | RIESGO ALTO             |
|                                    | VULNERABILIDAD BAJA | VULNERABILIDAD MEDIA | VULNERABILIDAD ALTA | VULNERABILIDAD MUY ALTA |
| RIESGO                             |                     |                      | RIESGO ALTO         | 62%                     |

Fuente: Adaptado del Manual Básico Para la Estimación de Riesgo

### 4.15.3. MAPA TEMÁTICO DE CRITERIOS DE RIESGO

Tabla 90: Resultado de la Estimación de Daños o Impactos del Riesgo por Peligros Identificados.

RESULTADO DE LA ESTIMACIÓN DE DAÑOS O IMPACTOS DEL RIESGO (POR PELIGROS IDENTIFICADOS)

| PELIGRO IDENTIFICADO         | CÁLCULO DEL RIESGO | TOTAL DE VIVIENDAS | ESTIMACIÓN DE DAÑOS E IMPACTOS |
|------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|
| PROGRESIVA (0+00 - 00 +300)  | 67%                | 41                 | 28                             |
| PROGRESIVA (0+300 - 00 +600) | 65%                | 58                 | 38                             |
| PROGRESIVA (0+600 - 00 +900) | 62%                | 17                 | 11                             |
|                              | TOTAL              | 116                | 77                             |





## 4.16. PROPUESTAS PARA MITIGAR LOS RIESGOS

Para hacer frente a las inundaciones y huaycos a lo largo del río Pachatusan se plantea las siguientes propuestas:

### 4.16.1. MEDIDAS DE MITIGACIÓN ESTRUCTURAL

Construcción de obras de infraestructura hidráulica, las cuales transportaran y concentrara dentro de los límites que no supongan peligro para la población, la infraestructura y los bienes. (Viviendas, canchas deportivas, colegios y terrenos agrícolas).

- Se debe realizar el encauzamiento del río con (muros de defensa ribereña, acompañado de la revegetación de las zonas aledañas al río Pachatusan entre las progresivas 00+000 – 00+900.
- Se debe de modificar el comportamiento del flujo del río haciendo que disminuya la velocidad con la que fluye a lo largo del río por medio de caídas de 1.00 m de altura para reducir la velocidad del río.
- Se debe ampliar la sección del río a un ancho promedio que esté entre 4.50 y 6. 50 m a lo largo de las progresivas 00+000 - 00+900.
- Se debe de sustituir el puente existente por uno de mayor sección de desagüe y mejores condiciones hidráulicas, que tenga un galibo promedio de 2.50 m y un ancho que este entre 5.00 a 7.00 m
- Se debe realizar acciones de corrección hidrológica forestal, que consiste en la restauración forestal y el tratamiento de los suelos como medio de control de infiltración en las temporadas de lluvias que están comprendidas durante los meses de octubre a marzo.
- Creación de un parque fluvial que este entre las progresivas 00+600-00+900 metros.



#### 4.16.2. MEDIDAS DE MITIGACIÓN NO ESTRUCTURAL

- Se debe implementar la Instrumentación de sistemas de monitoreo de las variables hidrometeorológicas de la cuenca.
- Realizar un sistema de alerta temprana (SAT), para dar aviso oportuno a la población de Choquepata sobre la ocurrencia de inundaciones y huaycos.
- Que La Municipalidad Distrital de Oropesa norme y regule el uso de suelos de los sectores inundables. Esta disposición tendrá como objetivo reducir la concentración de personas, actividades y bienes en estas áreas, (planteamiento y ordenamiento territorial).
- Que la Municipalidad Distrital de Oropesa exija y la población que cumpla estrictamente las disposiciones del Reglamento Nacional de Construcciones (RNC), en cuanto a las especificaciones técnicas, condiciones urbanísticas. y adecuado planeamiento y diseño de estructuras de acuerdo al tipo de suelo.
- Concientizar por medio de charlas a la población sobre el peligro al que se exponen al realizar construcciones a lo largo de la zona aledaña al río Pachatusan.



## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

**A. *¿El caudal de 95.40 m<sup>3</sup>/s que es para un período de retorno de 100 años afectará a las distintas áreas que se encuentren aledañas o dentro de los 100 metros medidos desde el borde del río Pachatusan?***

El caudal de 95.40 m<sup>3</sup>/s sí afectara las distintas áreas que se encuentran aledañas al río debido a que la sección transversal del río no soportará este caudal por ende se desbordará a lo largo de la progresiva 00+00 – 00+300 en una distancia promedio de 70 y 100 m hacia ambos márgenes poniendo en riesgo a la población establecida a lo largo del río Pachatusan.

**B. *¿La estimación de las curvas IDT serán importantes en el proceso de determinación de caudales máximos?***

Si son importantes debido a que las curvas IDT son una de las metodologías más usadas a la hora de determinar la intensidad máxima para un período de retorno específico. Las distintas fórmulas empíricas de cálculo de caudal requieren como dato de entrada una intensidad. Y de ahí la importancia de la utilización de esta metodología. Además, se menciona que estas curvas fueron estimadas exclusivamente para la cuenca del río Pachatusan.

**C. *¿La vegetación que existe en la cuenca influirá en el aumento o disminución del caudal del río?***

La vegetación existente en la cuenca sí influye directamente en el aumento o disminución del caudal debido a que gran parte de la cuenca está constituida por pastizales y este tipo de vegetación no retiene en un porcentaje considerable la precipitación que se manifiesta en la cuenca. El método de número de curva da como valor de curva de 89, para un grupo hidrológico de suelo D, condición hidrológica pobre y un uso de la tierra de pastizales.

El número N varía de 1-100. Un número de curva N=100, indica que toda la lluvia escurre, y un número N=1, indica que toda la lluvia se infiltra.

***D. ¿Los caudales calculados para los períodos de retorno 50, 100, 500 años ayudara en la toma de decisiones en cuanto a prevención?***

Estos datos de caudales sí ayudara en la toma de decisiones debido a que con estos se diseñan las estructuras hidráulicas, estas estructuras tienen como fin mitigar los riesgos ante inundaciones y huaycos y a la vez previenen pérdidas materiales y salvaguarda la vida de los pobladores que se establecieron en las zonas aledañas al río Pachatusan.

***E. ¿Qué velocidades se presentan a lo largo de la cuenca del rio Pachatusan?***

Las velocidades que se presentan a lo largo de las progresivas 00+895, 00+845 - 00+780, 00+639 – 00,580. Son velocidades erosivas, es por ello que se indica que si estas velocidades superan 1 m/s son capaces de movilizar o desplazar grandes volúmenes de suelo de tamaños que se encuentran en el intervalo de (0.05 mm a 5 m de diámetro).

***F. ¿La velocidad será uno de los criterios para determinar áreas vulnerables?***

La velocidad si es uno de los criterios importantes para poder determinar áreas vulnerables debido a que se identifica velocidades superiores a 1.00 m/s y a medida que esta aumenta el riesgo se incrementa. Se indica también que la velocidad es un parámetro en el dimensionamiento de ciertos elementos o estructuras hidráulicas, como cauces con o sin transporte de sedimentos y la determinación de la profundidad de desplantes de los estribos o pilas de un puente.



***G. ¿Qué factores contribuyen en mayor medida a la generación de huaycos?***

Los factores que influyen en la generación de huaycos son en primera medida las lluvias intensas, los deslizamientos de tierra, eventos sísmicos y las precipitaciones intensas. Así como también la ocurrencia del flujo depende de la disponibilidad de agua suficiente para fluir y de la disposición de la cuenca a concentrar el flujo con alta pendiente para producir velocidades (Kanji y otros, 2001).



## GLOSARIO

- A. AFLORAMIENTOS:** Es la fuente natural de agua que brota del suelo o de entre las rocas que son permanentes o temporales.
- B. CALADO:** Es la altura de agua o cota de la profundidad después de una inundación el cual se puede medir en (mm, m) en determinado punto de inundación.
- C. DURACIÓN:** Corresponde al tiempo que transcurre entre el comienzo y el fin de la tormenta.
- D. ESTUDIO DE INUNDABILIDAD:** Es el estudio relacionado a caracterizar las zonas aledañas a un río, lago, etc. En el cual se define la probabilidad de que esta sea inundada.
- E. HUAYCOS:** Termino de origen peruano, derivado de la palabra quechua “Huayco” que significa quebrada, a lo que técnicamente en geología se denomina aluvión. Es un tipo de aluvión de magnitudes ligeras a moderadas.
- F. INUNDACIÓN:** Desborde lateral de las aguas de los ríos y lagos, etc, que cubren temporalmente los terrenos bajos, adyacentes a sus riberas, llamadas zonas inundables suelen ocurrir en épocas de grandes precipitaciones.
- G. MAGNITUD:** Es una medida asignada a cada uno de los objetos de un conjunto medible, o la estimación correspondiente del riesgo que se mide.
- H. MITIGACIÓN:** Se denomina mitigación al esfuerzo por reducir la pérdida de vida y propiedad reduciendo el impacto de los desastres. La mitigación se logra tomando acción ahora – antes de que azote el próximo desastre para así disminuir los daños por desastre, reconstrucción y daños repetidos.
- I. PELIGRO:** El peligro es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por la actividad del hombre, potencialmente dañino, de una magnitud dada en una zona o localidad conocida.



- J. RIESGO:** Es el proceso de estimar la probabilidad de pérdidas y daños esperados (personas, bienes materiales, recursos económicos) ante la ocurrencia de un fenómeno.
- K. SENAMHI:** Es el organismo público ejecutor adscrito al Ministerio de Ambiente. Cuyo propósito es el de generar y proveer información y conocimiento meteorológico, hidrológico y climático de manera confiable, oportuna y accesible en beneficio de la sociedad peruana.
- L. SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA (SAT):** Es una herramienta de gestión cuyo propósito es de reducir el riesgo en aquellas comunidades en el que frecuentemente se suscitan inundaciones o cualquier otro fenómeno meteorológico. Así como también prevé la respuesta oportuna de las Instituciones correspondientes para organizar evacuaciones e informar sobre el riesgo.
- M. TORMENTA:** Se entiende por tormenta o borrasca, al conjunto de lluvias que obedecen a una misma perturbación meteorológica y de características bien definidas. Puede durar desde unos pocos minutos hasta varias horas y aun días, y puede abarcar extensiones de terrenos muy variables, desde pequeñas zonas, hasta vastas regiones.
- N. VULNERABILIDAD:** Es el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópico de una magnitud dada.

## CONCLUSIONES

### CONCLUSIÓN N° 01

Se logró comprobar la hipótesis general que dice: ***“En la zona baja de la cuenca del río Pachatusan hay Áreas vulnerables menores a un 40 % en riesgo de ser afectadas por huaycos e inundaciones. Asimismo las propuestas (obras hidráulicas) de mitigación son insuficientes y son superadas por los eventos meteorológicos antes mencionados”***. De acuerdo al capítulo IV resultados, se determinó un total 32.30 ha de áreas afectadas que representa un 36.05 %, dentro de las cuales hay 77 viviendas afectadas de un total de 116. Así mismo dentro de estas se encuentra la Institución educativa “50023” el cual tiene una población estudiantil de 113 alumnos distribuidos entre el nivel inicial y primario.

### CONCLUSIÓN N° 02

Se logró comprobar la sub hipótesis N° 1 que dice: ***“La Geomorfología y pendientes superiores a 10% de la cuenca del río Pachatusan influyen en la variación del caudal máximo y genera inundaciones en la zona baja y aledaña al río Pachatusan”***. De acuerdo al capítulo IV resultados, la Geomorfología induce a que los caudales se incrementen y provoquen inundaciones en las zonas aledañas al río Pachatusan ya que la cuenca tiene una pendiente promedio de 11.02 % y el cauce tiene una pendiente de 16.04% y de acuerdo a esta característica la cuenca se cataloga como accidentada media y se indica además que a medida que aumenta la pendiente la escorrentía directa aumenta. Y se comprueba el marco teórico que dice a medida que aumenta la pendiente la escorrentía directa aumenta. (Villón Béjar, 2002).

### CONCLUSIÓN N° 03

Se logró comprobar la sub hipótesis N° 2 que dice: ***“El factor de seguridad de estabilidad de taludes con respecto a la resistencia de suelos, de las zonas con presencia de afloramientos de manantes son menores a 1.5, esta característica influye en la generación de deslizamientos y posterior formación de huaycos”***. De acuerdo al capítulo IV resultados, el factor de seguridad calculado para los taludes de las distintas zonas con presencia de



afloramiento de manantes son menores a 1.5 (talud N° 1 = 0.81, talud N° 2 = 0.81, talud N° 3 = 0.99), de acuerdo a esta característica se indica que los taludes presentan una falla incipiente y si son susceptibles a deslizarse y provocar huaycos.

#### CONCLUSIÓN N° 04

Se logró comprobar la sub hipótesis N° 3 que dice: ***“Precipitaciones con intensidades superiores a 20 mm/hr, con períodos de retorno de 100 años y duraciones menores de 35 minutos generan inundaciones y huaycos, en la parte baja de la cuenca del río Pachatusan”*** De acuerdo al capítulo IV Resultados, se calculó que para intensidades de 48.8, 69.6 mm/hr y períodos de retorno 100 y 500 años y una duración de 27.90 min, genera caudales de 95.40, 147.00 m<sup>3</sup>/s. estos caudales generan inundaciones en la parte baja de la cuenca del río Pachatusan.

#### CONCLUSIÓN N° 05

Se logró comprobar la sub hipótesis N° 4 que dice: ***“Caudales superiores a 90 m<sup>3</sup>/s con períodos de retorno superiores a 100 años induce a la generación de huaycos e inundaciones en la parte baja de la cuenca del río Pachatusan”*** De acuerdo al capítulo IV Resultados, para un periodo de retorno de 100 años se calculó un caudal de 95.40 m<sup>3</sup>/s, este caudal tiende a desbordarse e inundar las zonas aledañas de la parte baja de la cuenca del río Pachatusan específicamente entre las progresivas (00+00 - 00+900).

#### CONCLUSIÓN N° 06

Se logró comprobar la hipótesis N° 5 que dice ***“En la parte baja de la cuenca del río Pachatusan hay áreas vulnerables (viviendas, Instituciones educativas y terrenos agrícolas) menores a 40 % que son afectadas por la generación de huaycos e inundaciones”***. De acuerdo al capítulo IV resultados, hay un 36.05 %, de áreas afectadas dentro de estas hay 77 viviendas una Institución Educativa y terrenos agrícolas.



## CONCLUSIÓN N° 07

Se logró comprobar la hipótesis N° 6 que dice ***“Las propuestas (obras hidráulicas) de mitigación existentes en la zona baja de la cuenca del río Pachatusan son insuficientes y son superados por caudales superiores a 58 m<sup>3</sup>/s, que se generan para períodos de retorno superiores a 20 años estos caudales generan riesgos de inundaciones y huaycos”*** de acuerdo al capítulo IV Resultados, se determinó que las secciones hidráulicas de las obras de mitigación existentes entre la progresiva 00+00 – 00+300 serán superados por los caudales máximos de 77.40, 95.4 y 147.50 m<sup>3</sup>/s que son para períodos de retorno de 50, 100, 500 años respectivamente, estos caudales se desbordaran e inundaran ambos márgenes del río Pachatusan y así como también hay el riesgo de que sea afectada por huaycos.



## RECOMENDACIONES

### RECOMENDACIÓN N° 01

Se recomienda tomar en cuenta la metodología desarrollada en esta tesis, en el estudio de otras cuencas que tengan características Geomorfológicas similares, con el fin de determinar las áreas vulnerables y estimar los riesgos ante inundaciones y huaycos, y así salvaguardar la vida y los bienes materiales de la población.

### RECOMENDACIÓN N° 02

Se recomienda realizar estudios relacionados a hidrogeología y determinar cuánta agua subterránea se tiene y ver si son confinados o no confinados, así como también determinar si pueden ser aprovechables.

### RECOMENDACIÓN N° 03

Se recomienda realizar estudios relacionados al tratamiento de taludes con la metodología de corrección hidrológica forestal, que tienen como fin el de la forestación y el tratamiento de suelos.

### RECOMENDACIÓN N° 04

Se recomienda realizar estudios relacionados a la determinación del uso de suelos en la cuenca con el fin de tener un ordenamiento territorial adecuado para la cuenca y así aprovechar de mejor manera los espacios geográficos.

### RECOMENDACIÓN N° 05

Se recomienda realizar estudios de Erodabilidad del cauce del río con el fin de saber el desgaste generado por el flujo del río. Dato importante a la hora de calcular la profundidad de cimentación de las distintas obras de mitigación estructural.

**REFERENCIAS**

- Acevedo Aristizabal , L. A. (2009). *Estimacion Hidrológica Bajo Escenario de cambio Climatico En Colombia*. BOGOTA: Universidad Nacional de Bogota.
- Acosta Castellanos , P. M. (2014). Regionalización de Parámetros Hidrológicos. Aplicación para Intensidad Media de Precipitación. *V Congreso Internacional de Ingeniería Civil, Santo Tomas Seccional Tunja* (págs. 2-3). Boyaca: Universidad Santo Tomas Seccional Tunja.
- Alva Hurtado, J. E., & Luque Pinto, R. C. (1999). Estimación y Evaluación de Flujo de Escombros. *XII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA CIVIL* (págs. 53,54,55,56). LIMA: UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA DE ICA.
- Aparicio Mijares, F. j. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. MEXICO: Limusa. S.A.
- Arangoitia Valdivia, V. M. (2016). *Apuntes de Hidrología*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- Bonacci, O. (1984). *Rainfall as the basis urban runoff - Experience and practice in yugoslavia*. YUGOSLAVIA: Water Science and technology.
- Braja M. Das. (2010). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México: International Thonson S.A.
- Campos Aranda, D. F. (1998). *Proceso del Ciclo Hidrológico*. Mexico: Universidad Autónoma de San Luis de Potosi.
- Caro Becerra, J., & Lujan Godinez , R. (2014). *Hidrología Superficial*. MÉXICO. D. F: Editorial EAE.
- Castillo Navarro, L. F. (2007). *Modelación de Huaycos como Herramienta para la Gestión y Prevención de Desastres*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (2000). *HIDROLOGÍA APLICADA*. COLOMBIA: NOMOS S.A.
- Chrereque , M. W. (1989). *Hidrología Para Estudiantes de Ingeniería Civil*. LIMA - PERÚ: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Del Horno , J. M., & Sanches Martines , J. (1987). *Aplicación Practica Del Programa Hec-Ras*. MADRID: Escuela Industrial de Negocios.
- Dirección General de Protección Civil y Emergencias Ministerio del interior. España. (2004). *Riesgo de Inundaciones*. Madrid: Direccion General de Protección Civil y Emergencias Ministerio del interior. España.
- Duran, A., Willet, H., Urquidi, A., Rocha, F., Iriarte, J., & Torres, J. (2009). *Inundaciones en el valle alto de Cochabamba*. COCHABAMBA : Nelson Antequera D.
- Federal Emergency Management Agency, (FEMA). (05 de JULIO de 2016). *¿QUE ES MITIGACIÓN?* Obtenido de FEMA, ¿Que es Mitigación?: <https://www.fema.gov/es/que-es-mitigación>



- Fine Civil Engineering Software. (2000). *Manual de Estabilidad de Taludes (GEO 5)*. Praga: GEO 5.
- Gobierno de España-Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente. (2014). *Modelización Bidimensional del Flujo en Lamina Libre en Aguas poco Profundas*. Madrid: Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente.
- Graux, D. (1975). *fundamentos de Mecánica de Suelos, Proyecto de Muro y cimentaciones*. BARCELONA: Editores Tecnicos Asociados, S.A.
- Guerra Cobiàn, V. H. (2006). *Hec-Ras Sisitema de Anàlisis Rios*. Monterrey : US Army Corps of Engineers.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*. MEXICO D.F: MCGRAW-HILL INTERAMERICANA.
- Instituto Geológico y Minero de España. (2008). *Mapa de peligrosidad por Avenidas e Inundaciones Guia Metodologica para su Elaboración*. MADRID: Instituto Geológico y Minero de España.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2006). *Manual Básico para la Estimación del Riesgos*. Lima: INDECI.
- Knight, S. (14 de MARZO de 2012). *Fema (Federal Emergency Management Agency)*. Obtenido de Fema. Gov. USA: <https://www.fema.gov/es/blog/2012-03-14>
- Lopez S, J. L. (10 de Octubre de 2005). *Estrategias de Mitigación y Control de Inundaciones y Aludes torrenciales en el Estado Vargas y en el Valle de Caracas: Situación Actual y Perpectivas Futuras*. Obtenido de Scielo: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652005000400006&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652005000400006&lng=es&tlng=es).
- Luna Romero, E., & Lavado Casimiro, W. (2015). *Evaluación de Métodos Hidrológicos para la Completación de Datos*. Lima: Universidad Agraria La Molina.
- Maskrey , A. (1993). *Los Desastres No son Naturales*. MADRID-ESPAÑA: La red.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- N FONACIT, -U. (2015). *Manual para el uso del Modelo Hidrológico Hec-Hms*. CARACAS: Universidad central de Caracas.
- OMM, (. O. (2011). *Gestión de Recursos Hidricos y Aplicación de Practicas Hidrológicas*. GINEBRA-SUIZA: Organización Meterológica Mundial.
- Oñate Valdivieso, F. (2006). *Hidrología (Apuntes de Clase)*. Loja: Universidad Tecnica de Loja.
- Romero, I. (07 de Octubre de 2016). *Hidrología*. Obtenido de Olmo: [http://olmo.pntic.mec.es/trog0003/index\\_archivos/geografia/hidrologia](http://olmo.pntic.mec.es/trog0003/index_archivos/geografia/hidrologia)



- Takahashi, T. (1991). *Debris Flow*. London, UK: CPI Group (Uk) Croydon .
- Tamayo y Tamayo, M. (2003). *El Proceso de la Investigación Científica*. MÉXICO: LIMUSA.S.A.
- TEMEZ, J. (1978). *Cálculo Hidrometeorológico de Caudales Máximos en Cuencas Naturales*. MADRID: Dirección General de Carreteras.
- Ulloa, F. (2011). *Manual de Gestión de Riesgos de Desastre para Comunicadores Sociales*. Lima: UNESCO-PERÚ.
- Unesco. (2009). Programa Hidrológico Internacional para America Latina y el Caribe (Unesco). *Aqua-LAC*, 172-185.
- Universidad Nacional de Ingeniería. (2006). *Primer Taller de Mecánica de Suelos, Ensayo de Corte Directo (ASTM D-3080, AASTHO T 236)*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Vargas , J. E. (2002). *Políticas Publicas para la Reducción De la Vulnerabilidad frente a los Desastres Naturales y socio Naturales*. SANTIAGO DE CHILE: CEPAL-ECLAC.
- Villón Béjar, M. (2002). *HIDROLOGÍA*. CARTAGO-COSTA RICA: VILLÓN.S.A.



## ANEXOS



## ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: "DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS VULNERABLES FRENTE A RIESGOS DE INUNDACIÓN Y HUAYCOS EN LA ZONA ALEDAÑA AL RÍO PACHATUSAN Y SUS PROPUESTAS DE MITIGACIÓN"

| PROBLEMA  | OBJETIVOS   | HIPÓTESIS  | VARIABLES | INDICADORES   | NIVEL  | INSTRUMENTOS   | FUENTES  |  |
|---|---|--|-----------|---|--|--|--|--|
| <b>Problema general:</b><br>¿En la comunidad de Choquepata Hay áreas vulnerables y (obras hidráulicas), propuestas de mitigación existentes aledañas al río Pachatusan en riesgo de inundación y huayco?                                | <b>Objetivo general:</b><br>Identificar las áreas vulnerables y proponer propuestas de mitigación frente a riesgos de inundaciones y huaycos en las zonas aledañas al río Pachatusan.   | <b>Hipótesis general:</b><br>En la zona baja de la cuenca del río Pachatusan hay 40 % de áreas vulnerables en riesgo de ser afectadas por huaycos e inundaciones. Asimismo (Obras Hidráulicas) propuestas de mitigación son insuficientes y son superadas por los eventos meteorológicos antes mencionados.                        |           |   |  |  |  |  |
| <b>Problema específico 1:</b><br>¿Cuál será la influencia de la Geomorfología de la cuenca en la variación de los caudales máximos del río Pachatusan?  | <b>Objetivo específico 1:</b><br>Identificar cuáles son las características Geomorfológicas que influyen en la variación del caudal máximo en el río Pachatusan.  | <b>Sub hipótesis 1:</b><br>La Geomorfología y pendientes superiores a 10% de la cuenca del río Pachatusan influyen en la variación del caudal máximo y genera inundaciones en la zona baja y aledaña al río Pachatusan.  | X1        | GEOMORFOLOGÍA   | Área (Ha)<br>Longitud (Km)<br>Cotas (Msnm)<br>Pendiente (%)<br>Curva Hipsométrica<br>Coeficiente de Escorrentía  | PENDIENTE (%)<br>ALTURAS (Msnm)                                    | Estación total<br>GPS<br>Cartas Nacionales<br>Mapas                    | libros<br>Registros<br>Meteorológicos<br>(Senamhi)<br>Internet |
| <b>Problema específico 2:</b><br>¿De qué manera influye el factor de seguridad de estabilidad de taludes respecto a la resistencia de los suelos de las zonas con afloramiento de manantes, a lo largo de la cuenca del río Pachatusan? | <b>objetivo específico 2:</b><br>Determinar el factor de seguridad de estabilidad de taludes con respecto a la resistencia de los suelos de las zonas con presencia de afloramiento de manantes a lo largo del río Pachatusan | <b>Sub hipótesis 2:</b><br>El factor de seguridad de estabilidad de taludes con respecto a la resistencia de los suelos de las zonas con presencia de afloramientos de manantes son menores a 1.5, esta característica influye en la generación de deslizamientos y posterior formación de huaycos.                                | X2        | FACTOR DE SEGURIDAD DE ESTABILIDAD DE TALUDES CON RESPECTO A LA RESISTENCIA DE LOS SUELOS | Tipo de suelo.<br>Granulometría<br>Contenido de agua (W)<br>Límite líquido (%W)<br>Límite plástico(%W)<br>Índice plástico(%W)<br>Cohesión (Kg/cm2)<br>Ángulo de fricción (°)<br>Índice de Plasticidad (Ip) | TIPO DE SUELO  | Juego de tamices<br>Balanzas<br>Hornos<br>Máquina de corte<br>Bandejas |  |
| <b>Problema específico 3:</b><br>¿De qué manera la variación de las precipitaciones máximas influye en la generación de huaycos e inundaciones en la parte baja de la cuenca del río Pachatusan?  | <b>Objetivo específico 3:</b><br>Analizar las Precipitaciones máximas generadas en la cuenca del río Pachatusan.  | <b>Sub hipótesis 3:</b><br>Precipitaciones con intensidades superiores a 20 mm/hr, con un período de retorno de 100 años y duraciones menores a 35 minutos generan inundaciones y huaycos en la parte baja de la cuenca del río Pachatusan.  | X3        | RÉGIMEN DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS  | Período de retorno, (T)<br>Altura pluviométrica (Mm)<br>Intensidad (mm/hr)<br>Duración (T)   | PRECIPITACIONES MÁXIMAS(mm)  | Datos Pluviométricos   |  |
| <b>Problema específico 4:</b><br>¿De qué manera el régimen de escorrentía del río (Caudales máximos) afecta a las zonas aledañas de la parte baja de la cuenca del río Pachatusan?  | <b>Objetivo específico 4:</b><br>Determinar los caudales máximos del río Pachatusan, para períodos de retorno de (50, 100,500) años. Así como el tipo de régimen de escorrentía del río Pachatusan.                           | <b>Sub hipótesis 4:</b><br>El caudal de 90 m3/s con período de retorno de 100 años inducirá a la generación de huaycos e inundación de la zona aledaña de la parte baja de la cuenca del río Pachatusan.   | Y1        | CAUDALES  | Caudal (m3/s)  | CAUDALES MÁXIMOS (m3/s)  | Utilización de Fórmulas Empíricas                                      |  |
| <b>Problema específico 5:</b><br>¿Cuáles serán las áreas vulnerables y de riesgo que puedan ser afectadas por huaycos e inundaciones generadas por los máximos caudales?  | <b>Objetivo específico 5:</b><br>Identificar las áreas vulnerables y de riesgo que puedan ser afectadas por huaycos e inundaciones en las zonas aledañas al río.  | <b>Sub hipótesis 5:</b><br>En la parte baja de la cuenca del río Pachatusan Hay un total de 40 % de áreas (viviendas, instituciones educativas y terrenos agrícolas) que son afectadas por la generación de huaycos e inundaciones.  | Y2        | ÁREAS VULNERABLES   | Área (Ha)<br>Longitud (Km)<br>Vulnerabilidad (%)   | VULNERABILIDAD BAJA<br>VULNERABILIDAD MEDIA<br>VULNERABILIDAD ALTA | Software (HEC- RAS)  |  |
| <b>Problema Específico 6:</b><br>¿Qué propuestas (obras hidráulicas) de mitigación se propondrá para hacer frente a los riesgos de inundación y huayco?   | <b>Objetivo específico 6:</b><br>Plantear propuestas (obras hidráulicas) de mitigación para hacer frente a los riesgos de inundación y huayco.  | <b>Sub hipótesis 6:</b><br>Las propuestas (obras hidráulicas) de mitigación existentes en la zona baja de la cuenca del río Pachatusan son insuficientes y son superados por caudales superiores a 58 m3/s que se genera para en períodos de retorno superiores a 20 años estos caudales generan riesgos de inundaciones y huaycos | Y3        | PROPUESTAS DE MITIGACIÓN (Obras Hidráulicas)  | Estructurales<br>No Estructurales  | MANTENIMIENTO CONSTRUCCIÓN EFECTIVAS                               | Acciones de mitigación recomendadas por (INDECI).                      |  |



## **ANEXO B: PLANO DE PELIGROSIDAD**



## **ANEXO C: PLANO DE LA RED HIDROMETEROLÓGICA**



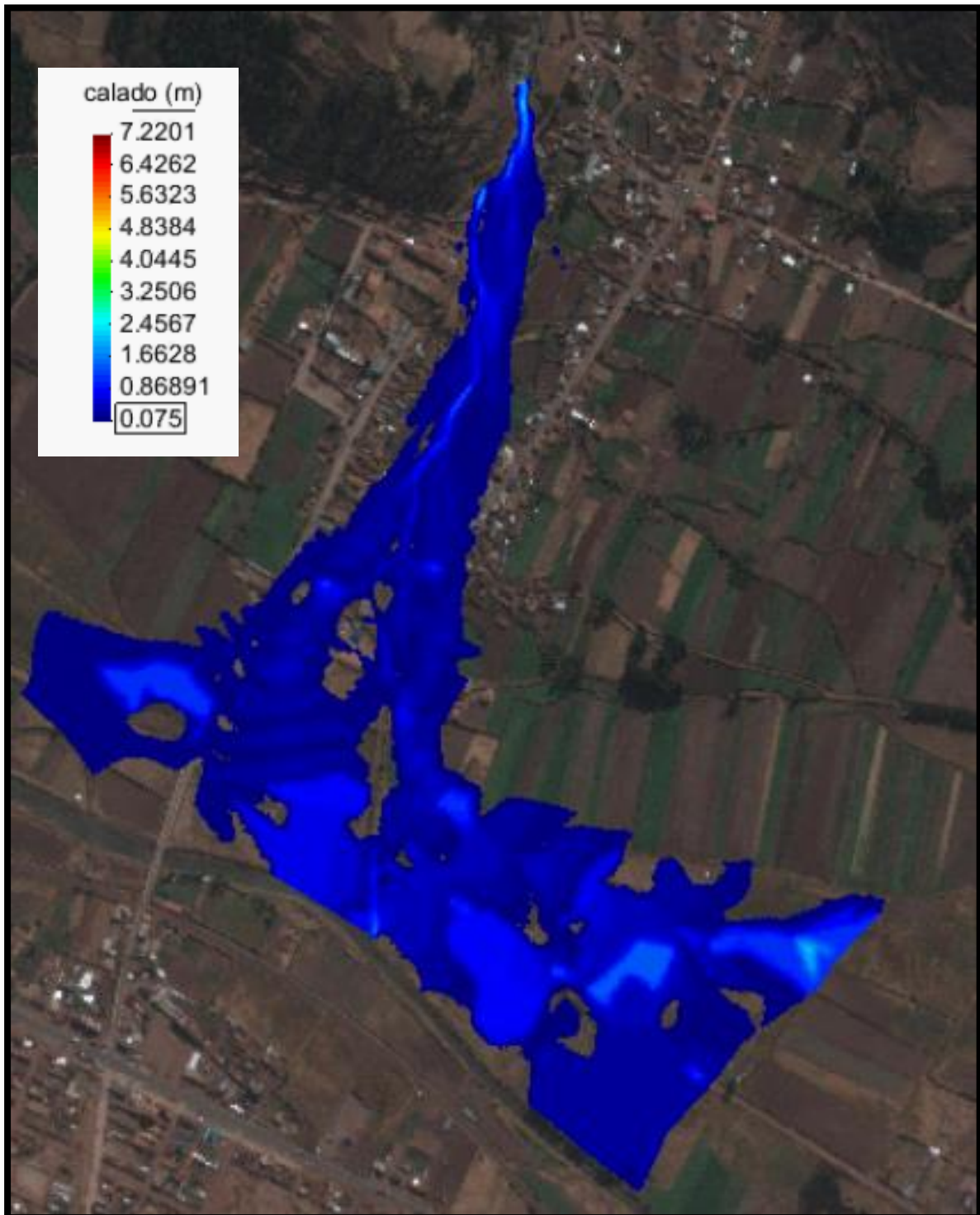


## **ANEXO D: PLANO DEL PUENTE CHOQUEPATA**



## ANEXO E: PLANO DE MITIGACIÓN

## ANEXO F: GRÁFICA DEL CALADO DE CAUDALES MÁXIMOS.



**ANEXO G: CÁLCULO DE CAUDALES PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 Y 500 AÑOS**  
**ANEXO G-1 CÁLCULO DE CAUDAL PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS**

Tabla 91: 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><br>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. Combinado y sustituyendo las anteriores fórmulas se obtiene lo siguiente:</p> <p><b>CÁLCULO DE LA ESCORRENTÍA ACUMULADA EN (cm)</b></p> $Q = \frac{(N(P+5.08)-508)^2}{N(N(P-20.32)+2032)}$ <p>Q= ESCORRENTÍA TOTAL ACUMULADA (cm)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="width: 50px;"></td> <td style="width: 100px; text-align: center;">0.07</td> <td style="width: 50px; text-align: right;">cm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;"><b>P= PRECIPITACIÓN DE LA TORMENTA, EN CM</b></td> <td style="text-align: center;">2.48</td> <td style="text-align: right;">cm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">N= Número de Curva</td> <td style="text-align: center;">89.00</td> <td></td> </tr> </table> |                          |                             |  | 0.07 | cm | <b>P= PRECIPITACIÓN DE LA TORMENTA, EN CM</b> | 2.48 | cm | N= Número de Curva | 89.00 |  |
|   | 0.07                     | cm                          |  |      |    |   |      |    |                    |       |  |
| <b>P= PRECIPITACIÓN DE LA TORMENTA, EN CM</b>   | 2.48                     | cm                          |  |      |    |   |      |    |                    |       |  |
| N= Número de Curva  | 89.00                    |                             |  |      |    |   |      |    |                    |       |  |
| <p>NÚMERO DE CURVA DE ACUERDO A LA CONDICIÓN HIDROLÓGICA</p>  |                          |                             |  |      |    |   |      |    |                    |       |  |
| <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. 5  |   | 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.

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

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

**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)**

**N(III)= 94.90 EQUIVALENTE**

| FÓRMULA | TABLA Nº 5 |
|---------|------------|
| 95      | 96         |

|  |             |    |
|--|-------------|----|
| <b>Q= ESCORRENTÍA TOTAL ACUMULADA (cm)</b> | <b>1.38</b> | cm |
| <b>P= PRECIPITACIÓN MÁXIMA , EN (cm)</b>   | <b>2.48</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>2.47</b> | <b>&gt;</b> | <b>0.26</b> | <b>209.74</b> | <b>&gt;</b> | <b>0</b> |
|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|----------|

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 92: 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)   | 27.90    | min | 0.46 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   | 16.74    | min |         |
| <b>FÓRMULA KIRPICK</b>  |          |     |         |
| <b>TC= 0.0195K^0.77</b>   |          |     |         |
| $K = \frac{L^{\frac{3}{2}}}{H^{0.5}}$   |          |     |         |
| TC  | 38.41    | 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  |          |                            |
|--|----------|----------------------------|
| $TC = \frac{58L}{A^{0.15}S^{0.2}}$   |          |                            |
| 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)   | 1.93   | 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   |        |     |  |                |
| <i>PARA CUENCAS PEQUEÑAS DE ACUERDO A US. SOIL CONSERVATION SERVICE, SE PROPONE LO SIGUIENTE</i> | 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. |                |
| <i>FÓRMULA KIRPICK</i>   | 38.41  | min |  |                |
| <i>TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (MÉTODO RACIONAL MODIFICADO)</i>                                      | 116.14 | min |  |                |
| <i>FÓRMULA AUSTRALIANA</i>   | 114.66 | min |  |                |
| <i>FÓRMULA DE GEORGE RIVERO</i>  | 114.55 | min | <b>TC (Min)</b>  | <b>TC (hr)</b> |
| <i>FÓRMULA DE CALIFORNIA CULVERTS PRACTICE</i>   | 31.32  | min | 27.90  | 0.46           |

Tabla 93: Cálculo de Precipitación Máxima Corregida sobre la Cuenca (Método Racional Modificado).

| CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN Y INTENSIDAD DE LLUVIA PARA LOS MÉTODOS ESPECÍFICOS DE:     |       |    |
|--|-------|----|
| <i>PRECIPITACIÓN MÁXIMA CORREGIDA SOBRE LA CUENCA (P) MÉTODO RACIONAL MODIFICADO</i> |       |    |
| $P = K_A P_d$  |       |    |
| P: Precipitación Máxima Corregida  | 22.47 | mm |
| KA: Factor reductor  | 0.90  |    |
| Pd: Precipitación Máxima diaria (mm)   | 24.75 | 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                                     | 6.80  | mm/hr |
| P: Precipitación Máxima corregida                                  | 22.47 | mm    |
| Tc: Tiempo de concentración (hr)                                   | 1.94  | hr    |

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 94: Determinación de la Intensidad de Lluvia (Método Racional)**

| <b>DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA (MÉTODO RACIONAL)</b>  |                              |         |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |
|--|------------------------------|---------|------------------------------|---------|------------------------------|---|--|----------|--|-------------|--|
| 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).                            |                              |         |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><b>ESTACIÓN METEOROLÓGICA REGIONALIZADA</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">100 años</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">53.23 mm/hr</td> </tr> </tbody> </table> |                              |         |                              |         |                              | <b>ESTACIÓN METEOROLÓGICA REGIONALIZADA</b> |  | 100 años |  | 53.23 mm/hr |  |
| <b>ESTACIÓN METEOROLÓGICA REGIONALIZADA</b>  |                              |         |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |
| 100 años   |                              |         |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |
| 53.23 mm/hr  |                              |         |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |
| <b>DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA MÉTODO (SCS)</b>   |                              |         |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |
| 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                        |   |  |          |  |             |  |
| <b>INTERPOLAMOS</b>  |                              |         |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |
| 0.4  | 0.246                        | 1.85    |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |
| 0.464  | 0.2330                       |         |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |
| 0.5  | 0.226                        |         |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |

**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 **0.62**

Pd: Precipitación máxima diaria (mm) **22.47** mm

Po: Umbral de Escorrentía **2.63** mm

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

CN= Número de Curva **95**

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 95: Coeficiente de Escorrentía (Método Mac-Math)**

| <b>COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C.) MÉTODO (MAC MATH)</b> |      |                |      |               |      |
|--|------|----------------|------|---------------|------|
| VEGETACIÓN   |      | SUELO          |      | TOPOGRAFÍA    |      |
| COBERTURA (%)  | C1   | TEXTURA        | C2   | PENDIENTE (%) | C3   |
| 100  | 0.08 | <b>ARENOSO</b> | 0.08 | 0-0.2         | 0.04 |
| 80-100   | 0.12 | <b>LIGERA</b>  | 0.12 | 0.2-0.05      | 0.06 |
| 50-80  | 0.16 | <b>MEDIA</b>   | 0.16 | 0.5-2         | 0.06 |
| 20-50  | 0.22 | <b>FINA</b>    | 0.22 | 2.0-5.0       | 0.1  |
| 0-20   | 0.3  | <b>ROCOSA</b>  | 0.3  | 5.0-10.0      | 0.15 |

|  |             |
|--|-------------|
| C: Coeficiente de escorrentía.               | <b>0.43</b> |
| C1: En función de cobertura vegetal.         | <b>0.12</b> |
| C2: En función de la textura del suelo.      | <b>0.16</b> |
| C3: En función de la topografía del terreno. | <b>0.15</b> |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 96: Cálculo de Caudal por los Distintos Métodos Empíricos

| CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO MÉTODO SCS  |        |   |
|---|--------|---|
| <b>Q<sub>max</sub>=qQ<sub>A</sub></b>   |        |   |
| Q <sub>MAX</sub>  | 59.41  | 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)   | 13.75  | mm                                      |
| A: Área de la cuenca (km <sup>2</sup> )   | 18.54  | Km <sup>2</sup>                         |
| CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO MÉTODO RACIONAL   |        |   |
| <b><math>Q = \frac{CIA}{360}</math></b>   |        |   |
| Q= Caudal Máximo, en m <sup>3</sup> /s  | 145.31 | m <sup>3</sup> /S                       |
| C= Coeficiente de escorrentía que depende de la cobertura   | 0.53   | mm/hr                                   |
| I= Intensidad máxima de la lluvia, para la duración igual al tiempo de concentración y para un período de retorno dado, mm/hr | 53.23  |   |

TABLA Nº 1

| Coeficientes 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 |
| <i>Zonas verdes (jardines, parques, etc.)</i>                        |                           |      |      |      |      |      |      |
| <i>Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)</i>    |                           |      |      |      |      |      |      |
| 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 (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)</i> |                           |      |      |      |      |      |      |
| 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 (cubierta de pasto mayor del 75% del área)</i>    |                           |      |      |      |      |      |      |
| 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>  |                           |      |      |      |      |      |      |
| <i>Área de cultivos</i>  |                           |      |      |      |      |      |      |
| 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 |
| <i>Pastizales</i>  |                           |      |      |      |      |      |      |
| 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>Bosques</i>   |                           |      |      |      |      |      |      |
| 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><math>Q=0.278CIAK</math></b>   |         |       |
| Q: Descarga Máxima de Diseño m3/s   | 24.92   | m3/s  |
| C: Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce l.   | 0.62    |       |
| I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)  | 6.80    | 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  | 230.54  | 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 | 53.23   | mm/hr |
| A: Área de la cuenca (has)  | 1854.29 | has   |
| S: Pendiente Promedio del Cauce Principal, en 0/00  | 140.36  | 0/00  |

| FÓRMULA DE KRESNIK   |         |       |
|--|---------|-------|
| $Q = \alpha \frac{32A}{(0.5 + \sqrt{A})}$                          |         |       |
| Q: Caudal Máximo, en m3/s  | 166.67  | m3/s  |
| α: Coeficiente variable entre 0.03 y 1.61                          | 1.35    |       |
| A: Área de Drenaje en Km2  | 18.54   | km2   |
| FÓRMULA DE FULLER  |         |       |
| $Q = CA^{0.8} * (1 + 0.8 \text{LOG} T)$                            |         |       |
| Q: Mayor caudal con una duración de 24 h (m3/s)                    | 53.77   | m3/s  |
| T= Período de retorno  | 100     | Años  |
| A: Área de drenaje en Km2  | 18.54   | Km2   |
| C: Coeficiente. (2= para pendientes abruptas, = 0.5 para praderas) | 2       |       |
| MÉTODO DE BURKLI ZIEGER  |         |       |
| $Q = 0.022 C I A \sqrt[4]{\frac{S}{A}}$                            |         |       |
| Q: Caudal Máximo, en m3/s  | 32.16   | m3/s  |
| C: Variable que depende de la naturaleza de la superficie drenada. | 0.3     |       |
| I: Intensidad Máxima, en cm/Hr                                     | 5.23    | cm/hr |
| A: Área de Drenaje, en has   | 1854.29 | has   |
| S: Pendiente media de la cuenca, en %0                             | 110.22  | %0    |
| VALORES DE C FÓRMULA DE BURKLI-ZIEGLER                             |         |       |
| TIPO DE SUPERFICIE   | C       |       |
| Calles Pavimentadas y barrios bastante edificadas                  | 0.75    |       |
| Calles comunes de ciudades   | 0.625   |       |
| Poblado con plaza y calles en grava                                | 0.3     |       |
| Campos deportivos  | 0.25    |       |

Fuente: Flahoración Pronia

**Hidrograma Unitario Triangular.**

**Tabla 97: Cálculo del Hidrograma Unitario Triangular**

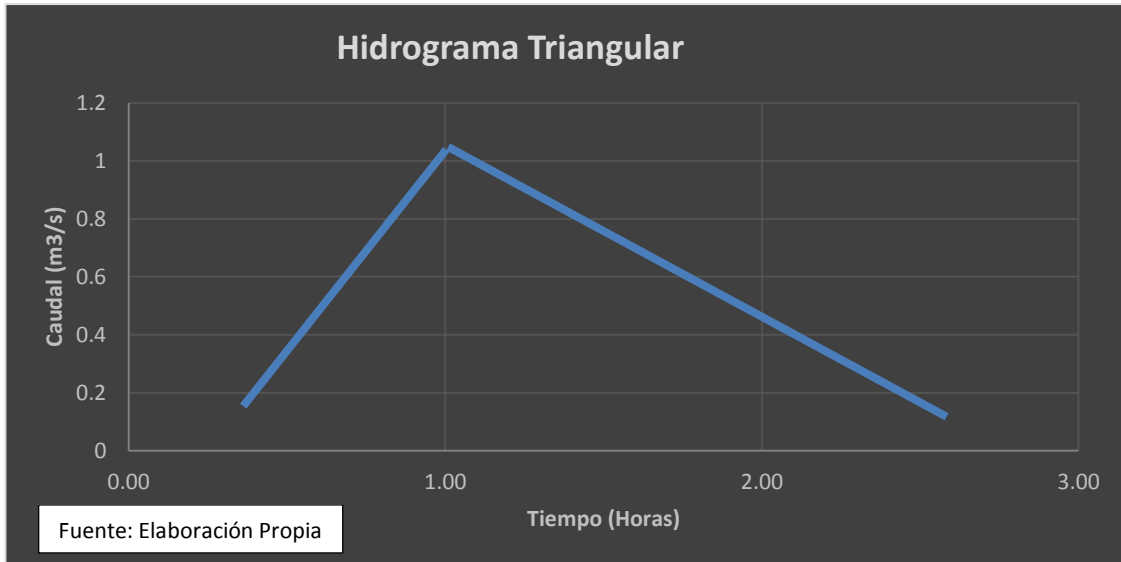
| CONSTRUCCIÓN DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR                            |                 |      |
|--|-----------------|------|
| <b>Se calculó el tiempo de concentración</b>                               |                 |      |
| N  | 95              |      |
| P  | 24.75           | mm   |
| $s = \frac{2540}{N} - 25.4$  |                 |      |
| 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>                              | 22.08           | 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>CALCULÓ DEL CAUDAL PICO</b>   |                 |      |
| $Qp=0.208 * \frac{Hpe*A}{tp}$  | 88.62           | m3/s |
| <b>tp (Horas)</b>  | <b>Q (m3/s)</b> |      |
| 0  | 10              |      |
| 0.96   | 88.62           |      |
| 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 88.62 m3/s se produce a las 0.96 hr iniciada el flujo de escorrentía directa.



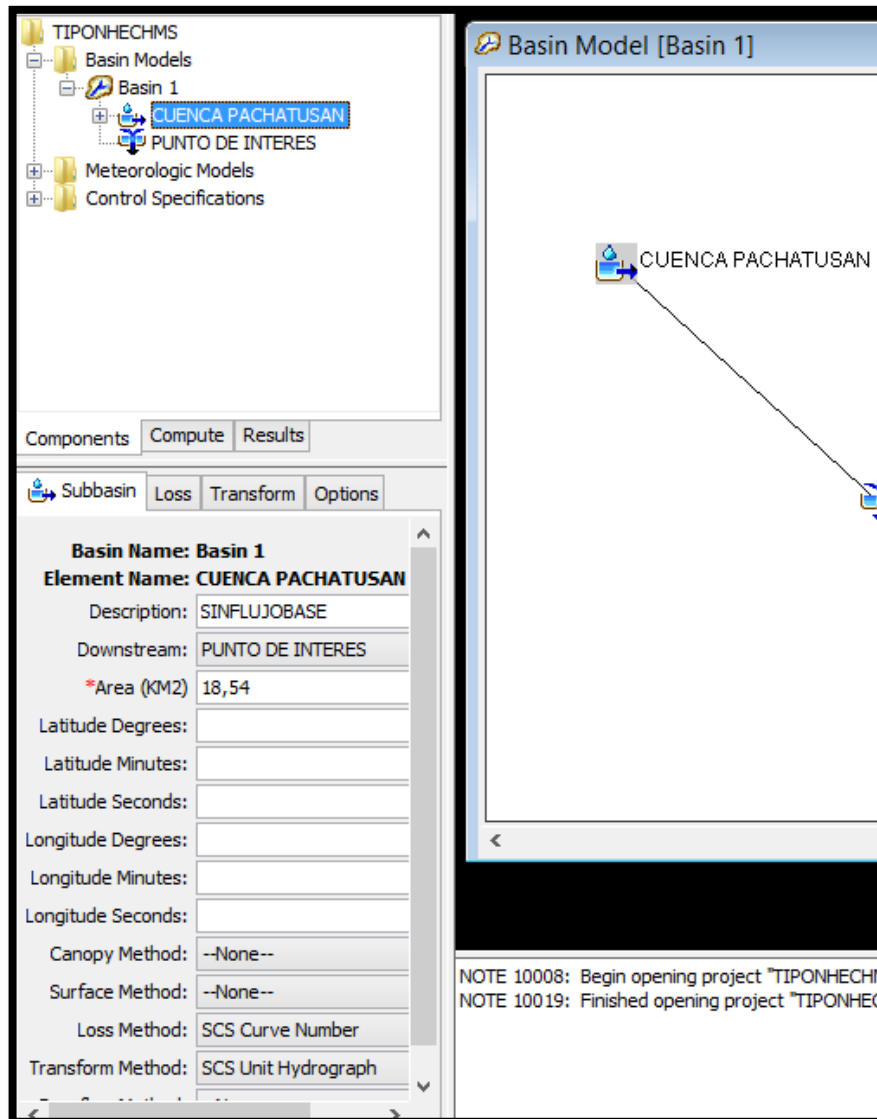
### Hidrograma Triangular





## Cálculo de Caudal Utilizando la Herramienta HEC-HMS Ingreso de Datos de la Cuenca.

FIGURA N° 112: Datos Fisiográficos de la Cuenca



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA N° 113: Ingreso del Número de Curva y la Abstracción Inicial

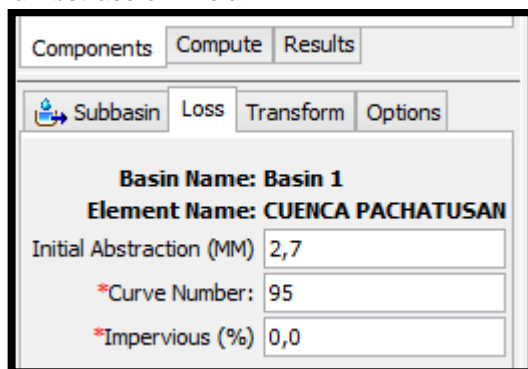


FIGURA Nº 114: Dato de Transformación de la Precipitación en Caudal (Valor de Tiempo de Retardo)

Components Compute Results

Subbasin Loss Transform Options

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

FIGURA Nº 115: Ingreso de Datos de Intensidad Para el Período Retorno de 100 Años.

Components Compute Results

Frequency Storm

**Met Name: Met 100**  
 Probability: Other v  
 Input Type: Partial Duration v  
 Output Type: Annual Duration v  
 Intensity Duration: 5 Minutes v  
 Storm Duration: 6 Hours v  
 Intensity Position: 50 Percent v  
 Storm Area (KM2) 18,54  
 Curve: Uniform For All Subbasins v

| Duration   | Partial-Duration Depth... |
|------------|---------------------------|
| 5 Minutes  | 16,110                    |
| 15 Minutes | 21,200                    |
| 1 Hour     | 29,970                    |
| 2 Hours    | 35,640                    |
| 3 Hours    | 39,450                    |
| 6 Hours    | 46,910                    |

FIGURA Nº 116: Cálculo de Caudal Para un Periodo Retorno 100 Años

Show Elements: All Elements v Volume Units:  MM  1000 M3 Sorting: Hydrologic v

| Hydrologic Element | Drainage Area (KM2) | Peak Discharge (M3/S) | Time of Peak     | Volume (MM) |
|--------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-------------|
| CUENCA PACHATUSAN  | 18,54               | 95,4                  | 01ene2017, 18:00 | 33,18       |
| PUNTO DE INTERES   | 18,54               | 95,4                  | 01ene2017, 18:00 | 33,18       |

## ANEXO G-2 CÁLCULO DE CAUDAL PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 500 AÑOS

Tabla 98: Método del Número de Curva Para Cálculo de Caudal.

|  |   |                             |    |      |    |       |  |  |
|--|---|-----------------------------|----|------|----|-------|--|--|
| <b>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO</b><br><b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b><br><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><br>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. Combinado y sustituyendo las anteriores fórmulas se obtiene lo siguiente:</p> <p><b>CÁLCULO DE LA ESCORRENTÍA ACUMULADA EN (cm)</b></p> $Q = \frac{(N(P+5.08)-508)^2}{N(N(P-20.32)+2032)}$ |   |                             |    |      |    |       |  |  |
| <p>Q= ESCORRENTÍA TOTAL ACUMULADA (cm)</p> <p>P= PRECIPITACIÓN DE LA TORMENTA, EN CM</p>   | <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="width: 50px; height: 20px; background-color: red; color: white; text-align: center;">0.14</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">cm</td> </tr> <tr> <td style="width: 50px; height: 20px; background-color: red; color: white; text-align: center;">3.53</td> <td style="width: 20px; text-align: center;">cm</td> </tr> <tr> <td style="width: 50px; height: 20px; background-color: blue; color: white; text-align: center;">89.00</td> <td></td> </tr> </table> | 0.14                        | cm | 3.53 | cm | 89.00 |  | <p>NÚMERO DE CURVA DE ACUERDO A LA CONDICIÓN HIDROLÓGICA</p> |
| 0.14   | cm  |                             |    |      |    |       |  |  |
| 3.53   | cm  |                             |    |      |    |       |  |  |
| 89.00  |   |                             |    |      |    |       |  |  |
| N= Número de Curva   | 89.00   |                             |    |      |    |       |  |  |
| <p>2. Se debe de cumplir lo siguiente</p>  |   |                             |    |      |    |       |  |  |
| <p>Fuente: Elaboración Propia</p>  |   |                             |    |      |    |       |  |  |
| <p>3.53 &gt; 0.62</p>  |   |                             |    |      |    |       |  |  |

| <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. 5  |   | 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.

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

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

**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)**

**N(III)= 94.90** EQUIVALENT E

| FÓRMUL A | TABLA N° 5 |
|----------|------------|
| 95       | 96         |

|  |             |    |
|--|-------------|----|
| <b>Q= ESCORRENTÍA TOTAL ACUMULADA (cm)</b> | <b>2.32</b> | cm |
| <b>P= PRECIPITACIÓN MÁXIMA , EN (cm)</b>   | <b>3.53</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>2.124012</b> | <b>&gt;</b> | <b>0.2673</b> | <b><math>\frac{176.381}{2}</math></b> | <b>&gt;</b> | <b>0</b> |
|-----------------|-------------|---------------|---------------------------------------|-------------|----------|

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 99: 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)   | 27.90    | min | 0.46 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   | 16.74    | min |         |
| <b>FÓRMULA KIRPICK</b>  |          |     |         |
| <b>TC= 0.0195K^0.77</b>   |          |     |         |
| $K = \frac{L^{\frac{3}{2}}}{H^{0.5}}$   |          |     |         |
| TC  | 38.41    | min |         |
| K   | 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  |         |                 |
|--|---------|-----------------|
| $TC = \frac{58L}{A^{0.15}S^{0.2}}$   |         |                 |
| TC= Tiempo de Concentración (min)  | 114.65  | min             |
| L= Longitud de la corriente, en km   | 7.11    | km              |
| A=Área de la cuenca, en km <sup>2</sup>  | 18.54   | km <sup>2</sup> |
| S= Pendiente del perfil de la corriente  | 140.49  | 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 | 0.78    |                 |
| 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)   | 1.93   | 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 | TC (Min)   | TC (hr) |
|  |        |     | 27.90  | 0.46    |

Tabla 100: Cálculo de Precipitación Máxima Corregida sobre la Cuenca (Método Racional Modificado).

| CÁLCULO DE PRECIPITACIÓN Y INTENSIDAD DE LLUVIA PARA LOS MÉTODOS ESPECÍFICOS DE: |       |    |
|--|-------|----|
| PRECIPITACIÓN MÁXIMA CORREGIDA SOBRE LA CUENCA (P) MÉTODO RACIONAL MODIFICADO    |       |    |
| $P = K_A P_d$  |       |    |
| P: Precipitación Máxima Corregida  | 32.05 | mm |
| KA: Factor reductor  | 0.90  |    |
| Pd: Precipitación Máxima diaria (mm)   | 35.31 | 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                                    | 9.71  | mm/hr |
| P: Precipitación Máxima corregida                                 | 32.05 | mm    |
| Tc: Tiempo de concentración (hr)                                  | 1.94  | hr    |

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 101: 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"> <thead> <tr> <th colspan="2"><b>ESTACIÓN METEOROLÓGICA REGIONALIZADA</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">500 años</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">75.94 mm/hr</td> </tr> </tbody> </table> |                              |         |                              |         |                              | <b>ESTACIÓN METEOROLÓGICA REGIONALIZADA</b> |  | 500 años |  | 75.94 mm/hr |  |
| <b>ESTACIÓN METEOROLÓGICA REGIONALIZADA</b>  |                              |         |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |
| 500 años   |                              |         |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |
| 75.94 mm/hr  |                              |         |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |
| <b>DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA MÉTODO (SCS)</b>   |                              |         |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |
| <p>Tabla 6: Gasto unitario (q), en función del tiempo de concentración (Tc) horas. (MÉTODO SCS)</p>  |                              |         |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |
| 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                        |   |  |          |  |             |  |
| <b>INTERPOLAMOS</b>  |                              |         |                              |         |                              |   |  |          |  |             |  |
| 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                              | 0.73     |
| Pd: Precipitación máxima diaria (mm)                       | 32.05 mm |
| Po: Umbral de Escorrentía                                  | 2.63 mm  |
| $P_o = \frac{5000}{CN} - 50$                               |          |
| CN= Número de Curva  | 95       |
| Fuente: Elaboración Propia                                 |          |

**Tabla 102: 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 103: Cálculo de Caudal por los Distintos Métodos Empíricos

| CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO MÉTODO SCS  |        |   |
|---|--------|---|
| <b>Q<sub>max</sub>=qQ<sub>A</sub></b>   |        |   |
| Q <sub>MAX</sub>  | 100    | 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)  | 23.15  | 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  | 234.68 | m <sup>3</sup> /S                       |
| C= Coeficiente de escorrentía que depende de la cobertura   | 0.6    | mm/hr                                   |
| I= Intensidad máxima de la lluvia, para la duración igual al tiempo de concentración y para un período de retorno dado, mm/hr | 75.94  |   |

TABLA N° 1

| Coeficientes 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 |
| Zonas verdes (jardines, parques, etc.)                               |                           |      |      |      |      |      |      |
| <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 | 0.51 |
| Promedio, 2-7%   | 0.37                      | 0.40 | 0.43 | 0.46 | 0.49 | 0.53 | 0.60 |
| Pendiente, superior a 7%   | 0.40                      | 0.43 | 0.45 | 0.49 | 0.52 | 0.55 | 0.60 |
| <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 | 0.51 |
| Promedio, 2-7%   | 0.33                      | 0.36 | 0.38 | 0.42 | 0.45 | 0.49 | 0.51 |
| 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 | 0.45 |
| Promedio, 2-7%   | 0.29                      | 0.32 | 0.35 | 0.39 | 0.42 | 0.46 | 0.51 |
| Pendiente, superior a 7%   | 0.34                      | 0.37 | 0.40 | 0.44 | 0.47 | 0.51 | 0.51 |
| <b>Áreas no desarrolladas</b>  |                           |      |      |      |      |      |      |
| Área de cultivos   |                           |      |      |      |      |      |      |
| Plano, 0-2%  | 0.31                      | 0.34 | 0.36 | 0.40 | 0.43 | 0.47 | 0.51 |
| 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 | 0.60 |
| Pastizales   |                           |      |      |      |      |      |      |
| Plano, 0-2%  | 0.25                      | 0.28 | 0.30 | 0.34 | 0.37 | 0.41 | 0.51 |
| Promedio, 2-7%   | 0.33                      | 0.36 | 0.38 | 0.42 | 0.45 | 0.49 | 0.60 |
| Pendiente, superior a 7%   | 0.37                      | 0.40 | 0.42 | 0.46 | 0.49 | 0.53 | 0.60 |
| Bosques  |                           |      |      |      |      |      |      |
| Plano, 0-2%  | 0.22                      | 0.25 | 0.28 | 0.31 | 0.35 | 0.39 | 0.41 |
| Promedio, 2-7%   | 0.31                      | 0.34 | 0.36 | 0.40 | 0.43 | 0.47 | 0.51 |
| Pendiente, superior a 7%   | 0.35                      | 0.39 | 0.41 | 0.45 | 0.48 | 0.52 | 0.51 |

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

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

| <b>MÉTODO RACIONAL MODIFICADO</b>   |         |       |
|---|---------|-------|
| <b><math>Q=0.278CIAK</math></b>   |         |       |
| Q: Descarga Máxima de Diseño m3/s   | 41.78   | m3/s  |
| C: Coeficiente de escorrentía para el intervalo en el que se produce l.   | 0.73    |       |
| I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)  | 9.71    | 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  | 328.88  | 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 | 75.93   | mm/hr |
| A: Área de la cuenca (has)  | 1854.29 | has   |
| S: Pendiente Promedio del Cauce Principal, en 0/00  | 140.49  | 0/00  |

| <b>FÓRMULA DE KRESNIK</b>  |         |       |
|--|---------|-------|
| $Q = \alpha \frac{32A}{(0.5 + \sqrt{A})}$                          |         |       |
| Q: Caudal Máximo, en m3/s  | 195.06  | m3/s  |
| α: Coeficiente variable entre 0.03 y 1.61                          | 1.58    |       |
| A: Área de Drenaje en Km2  | 18.54   | km2   |
| <b>FÓRMULA DE FULLER</b>   |         |       |
| $Q = CA^{0.8} * (1 + 0.8 \text{LOG} T)$                            |         |       |
| Q: Mayor caudal con una duración de 24 h (m3/s)                    | 65.34   | m3/s  |
| T= Período de retorno  | 500     | Años  |
| 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>                                     |         |       |
| $Q = 0.022 C I A \sqrt[4]{\frac{S}{A}}$                            |         |       |
| Q: Caudal Máximo, en m3/s  | 45.88   | m3/s  |
| C: Variable que depende de la naturaleza de la superficie drenada. | 0.3     |       |
| I: Intensidad Máxima, en cm/Hr                                     | 7.59    | cm/hr |
| A: Área de Drenaje, en has   | 1854.29 | has   |
| S: Pendiente media de la cuenca, en %0                             | 110.22  | %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    |       |
| Fuente: Elaboración Propia   |         |       |

**Hidrograma Unitario Triangular.**

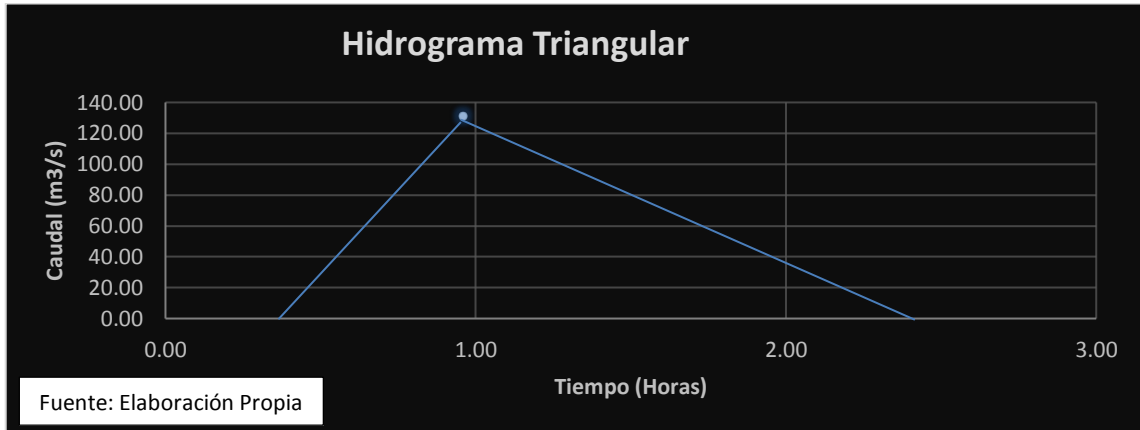
**Tabla 104: Cálculo del Hidrograma Unitario Triangular**

| CONSTRUCCIÓN DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR                            |                 |      |
|--|-----------------|------|
| <b>Se calculó el tiempo de concentración</b>                               |                 |      |
| N  | 95              |      |
| P  | 35.31           | 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>                              | 32.64           | 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>CALCULÓ DEL CAUDAL PICO</b>   |                 |      |
| $Qp=0.208 * \frac{Hpe*A}{tp}$  | 131.00          | m3/s |
| <b>tp (Horas)</b>  | <b>Q (m3/s)</b> |      |
| 0  | 10              |      |
| 0.96   | 184.13          |      |
| 2.57   | 10              |      |

Fuente: Elaboración Propia

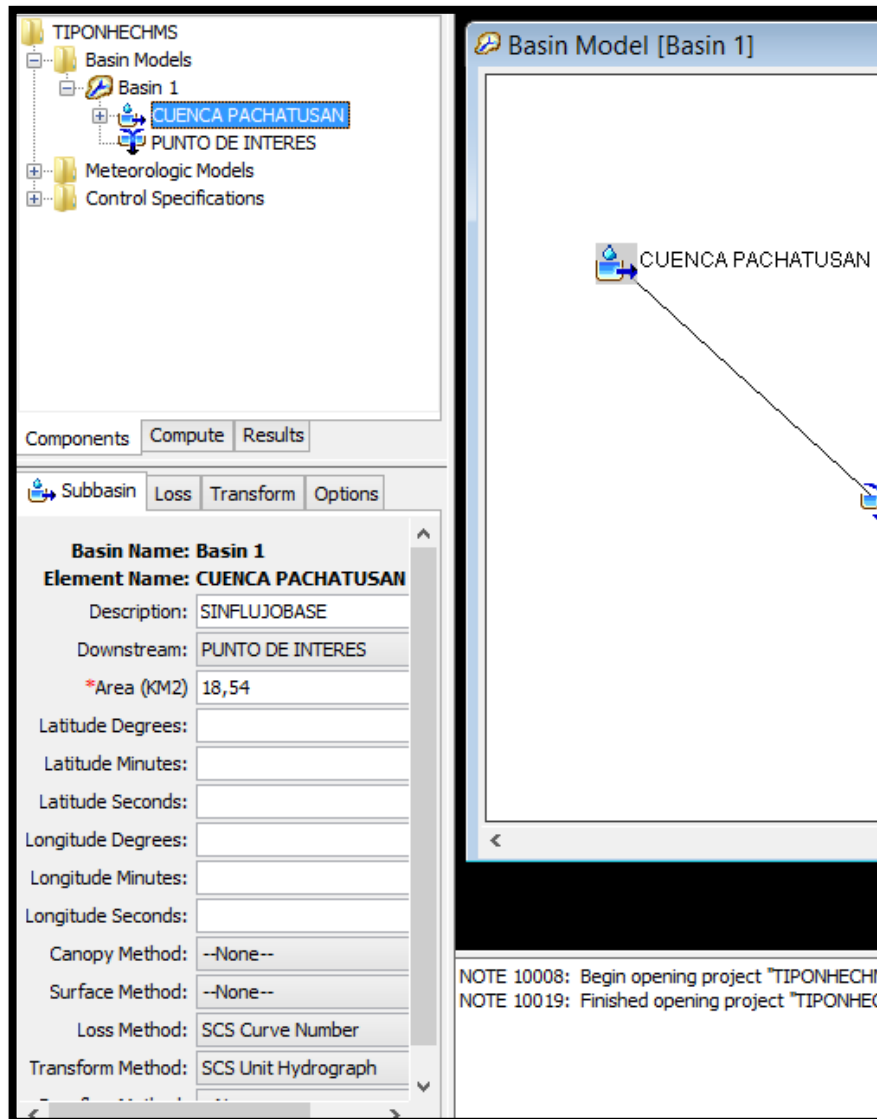
- El Hidrograma correspondiente muestra las variaciones de caudal con respecto el tiempo, de manera cronológica en un lugar dado de la corriente.
- Es así que el caudal punta de 131.00 m3/s se produce a las 0.96 hr iniciada el flujo de escorrentía directa.

### Hidrograma Triangular



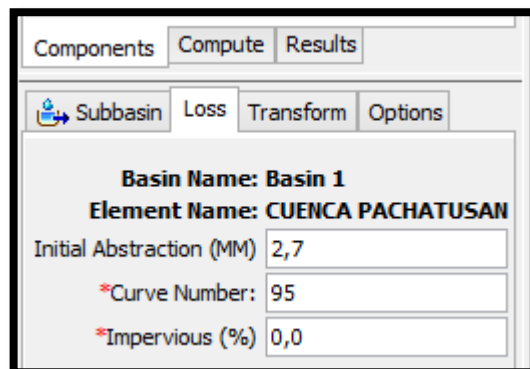
## Cálculo de Caudal Utilizando la Herramienta HEC-HMS Ingreso de Datos de la Cuenca.

FIGURA Nº 117: Datos Fisiográficos de la Cuenca



Fuente: Elaboración Propia

FIGURA Nº 118: Ingreso del Número de Curva y la Abstracción Inicial





**FIGURA N° 119: Dato de Transformación de la Precipitación en Caudal (Valor de Tiempo de Retardo)**

Components Compute Results

Subbasin Loss Transform Options

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

**FIGURA N° 120: Ingreso de Datos de Intensidad Para el Período Retorno de 500 Años.**

**Met Name: Met 500**

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  | 22,970                    |
| 15 Minutes | 30,230                    |
| 1 Hour     | 42,760                    |
| 2 Hours    | 50,850                    |
| 3 Hours    | 56,270                    |
| 6 Hours    | 66,920                    |

**FIGURA N° 121: Cálculo de Caudal Para un Periodo Retorno 500 Años**

Show Elements: All Elements ▾ Volume Units:  MM  1000 M3 Sorting: Hydrologic ▾

| Hydrologic Element | Drainage Area (KM2) | Peak Discharge (M3/S) | Time of Peak     | Volume (MM) |
|--------------------|---------------------|-----------------------|------------------|-------------|
| CUENCA PACHATUSAN  | 18,54               | 147,5                 | 01ene2017, 18:00 | 52,03       |
| PUNTO DE INTERES   | 18,54               | 147,5                 | 01ene2017, 18:00 | 52,03       |

**ANEXO I: PANEL FOTOGRÁFICO**

**Fotografía N° 1**, de la progresiva 00+850 en la que muestra la situación actual del río Pachatusan.



**Fotografía N° 2**, de la progresiva 00+860 en la que se muestra la situación actual del río.



**Fotografía N° 3**, de la progresiva 00+600 en la que se muestra la parte posterior de la I.E. "50053".



**Fotografía N° 4,**  
progresiva 00+590 en  
la que se muestra una  
vivienda nueva dentro  
del área vulnerable  
alta.



**Fotografía N° 5,**  
progresiva 00+550 en la  
que se muestra el  
puente obstruido con  
desmote y material  
pétreo.



**Fotografía N° 6,**  
progresiva 00+480 en la  
que se muestra el  
relieve del río y la  
construcción de una  
vivienda la cual se  
encuentra a 7 metros de  
la ribera del río.



**Fotografía N° 7,** progresiva 00+350 en la que se muestra las medidas de mitigación existentes deterioradas.



**Fotografía N° 8,** de la progresiva 00+00 en la que se muestra el inicio del área de estudio de peligrosidad.



**Fotografía N° 9,** de la progresiva 00+00 en la que se muestra el punto de interés o por donde desaguara los máximos caudales.



**Fotografía N° 10**, esta fotografía muestra un deslizamiento, de un talud en la parte alta de la cuenca y recorre aproximadamente 100 m de desnivel y rotura.



**Fotografía N° 11**, esta fotografía muestra un deslizamiento en proceso y se ve claramente que por un afloramiento de un manante este influye en la inestabilidad y posterior deslizamiento.