

Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE DRENAJE MEDIANTE EL MÉTODO
RACIONAL CON FINES DE MEJORAR EL DRENAJE PLUVIAL EN LA
CIUDAD DE CERRO DE PASCO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

SALGADO RAMÍREZ ARTURO PEDRO

ASESOR:

Ms. AYBAR ARRIOLA GUSTAVO ADOLFO

JURADO:

Dr. CANCHO ZÚÑIGA GERARDO ENRIQUE

Ms. BEDÍA GUILLÉN CIRO SERGIO

Ms. GARCÍA URRUTIA OLAVARRÍA ROQUE JESÚS LEONARDO

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

A mi Sra. esposa Silvia, a mis hijos Arturo y Luis, a mi hermana Guiliana y a mis
padres que se encuentran en el cielo, gracias por el apoyo.

AGRADECIMIENTO

A mi querida Alma Máter, la Universidad Nacional Federico Villarreal, a mis profesores, mis gracias eternas por todos los conocimientos transmitidos en esta maravillosa profesión que es la Ingeniería Civil.

RESUMEN

La presente tesis titulada “DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE DRENAJE MEDIANTE EL MÉTODO RACIONAL CON FINES DE MEJORAR EL DRENAJE PLUVIAL EN LA CIUDAD DE CERRO DE PASCO” tiene por finalidad definir los parámetros hidrológicos de las microcuencas que influirán en la aplicación del método racional para el diseño de las cunetas y determinar el dimensionamiento adecuado de las cuentas a fin de lograr una adecuada protección de los pavimentos en épocas de precipitación.

El tema elegido para la presente tesis se justifica debido a que actualmente en el distrito de Simón Bolívar, en Cerro de Pasco, existe deficiencia en el sistema de drenaje pluvial, lo cual origina daños y deterioros en el pavimento existente. Por ello resulta sumamente importante la construcción de cunetas que permitan la evacuación correcta del agua, para lo cual se debe realizar un diseño eficiente de esta infraestructura de drenaje pluvial, lo cual será materia de estudio de la presente tesis.

Palabras clave: Diseño de estructuras de drenaje, método racional.

ABSTRACT

This thesis entitled "DESIGN OF DRAINAGE STRUCTURES THROUGH THE RATIONAL METHOD FOR THE PURPOSE OF IMPROVING PLUVIAL DRAINAGE IN THE CITY OF CERRO DE PASCO" aims to define the hydrological parameters of the microbasins that will influence the application of the rational method for design of the ditches and determine the appropriate sizing of the accounts in order to achieve an adequate protection of the pavements in times of precipitation.

The theme chosen for this thesis is justified because currently in the district of Simón Bolívar, in Cerro de Pasco, there is a deficiency in the storm drainage system, which causes damage and deterioration in the existing pavement. Therefore, the construction of ditches that allow the correct evacuation of water is extremely important, for which an efficient design of this storm drainage infrastructure must be carried out, which will be a subject of study of this thesis.

Keywords: Design of drainage structures, rational method.

ÍNDICE GENERAL

Dedicatoria	2
Agradecimiento	3
Resumen	4
Abstract	5
Capítulo I: Introducción	13
1.1 Descripción y formulación del problema	13
1.2 Antecedentes	14
1.3 Objetivos	18
1.4 Justificación e importancia.....	19
1.5 Hipótesis.....	19
Capítulo II: Marco teórico.....	20
2.1 Definición de cunetas	20
2.2 Cunetas de coronación	20
2.3 Consideraciones en el diseño, construcción y mantenimiento de las cunetas.....	21
2.4 Finalidad del diseño estructural de cunetas.....	21
Capítulo III: Método.....	22

3.1 Tipo de investigación	22
3.2 Ámbito temporal y espacial.....	22
3.3 Variables.....	22
3.4 Población y muestra	23
3.5 Instrumentos	23
3.6 Procedimientos	24
3.7 Análisis de datos.....	24
3.7.1 Caracterización metereológica	24
3.7.2 Información cartográfica y meteorológica	29
3.7.3 Trabajo de campo	30
3.7.4 Hidrología estadística	31
3.7.5 Pruebas de bondad de ajuste.....	58
Capítulo IV: Resultados	65
4.1 Método Racional	65
4.2 Diseño de cunetas.....	66
Capítulo V: Discusión de resultados	72
Conclusiones	73

Recomendaciones.....74

Bibliografía.....75

Anexo 01: Panel fotográfico.....78

Anexo 02: Informe topográfico.....93

Anexo 03: Consideraciones de seguridad en la construcción.....104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Gráfica de parámetros de distribución normal.....	35
Figura 2: Gráfica - Distribución logNormal 2 parámetros.....	39
Figura 3: Gráfica - Distribución logNormal 3 parámetros.....	42
Figura 4: Gráfica - Distribución gamma 2 parámetros	45
Figura 5: Gráfica -Distribución gamma de 3 parámetros.....	48
Figura 6: Gráfica - Distribución Logpearson Tipo III.....	51
Figura 7: Gráfica - Distribución Gumbel.	54
Figura 8: Gráfica de LogGumbel o distribución de Frechet.	57
Figura 9: Variación de la precipitación máxima de 24h – Estación Cerro de Pasco.	61
Figura 10: Cunetas a dimensionar.	65
Figura 11: Intersección de la Calle San Antonio – Av. Los Ángeles con Pav. Rígido Existente iniciando el reconocimiento de campo de dicha zona.....	79
Figura 12: Calle San Antonio, se observa que hay montículos de piedras en dicha calle.	80
Figura 13: Aquí podemos observar la pendiente pronunciada de dicha calle.	81
Figura 14: Calle San Antonio, se observa la acumulación de lodo en temporada de lluvias por falta de cunetas.	82

Figura 15: Calle San Antonio, podemos observar que hay muros de contención de piedras.83

Figura 16: Intersección Calle San Antonio – Calle Vista Alegre, se observa que una casa se encuentra más abajo del nivel del terreno, también se observa veredas existentes.84

Figura 17: Calle San Antonio – se observa que una casa se encuentra más abajo del nivel del terreno como también veredas existentes.85

Figura 18: Se observa muros de contención de piedra y veredas existentes, las cuales no cuentan con las dimensiones requeridas según la sección vial.86

Figura 19: Calle San Antonio – Cuando transitan los vehículos en tiempo seco ocasionan polvareda la cual afecta a los pobladores de dicha zona.87

Figura 20: Se observa la acumulación de lodo en temporada de lluvias y por la inexistencia de cunetas.88

Figura 21: Pasaje Luis Pardo, aquí podemos observar la pendiente pronunciada de dicha calle. .89

Figura 22: Pje. Luis Pardo, aquí podemos observar la pendiente pronunciada de dicha calle y que por constantes lluvias este jirón se llena de lodo, el cual imposibilita la circulación de los peatones.90

Figura 23: Intersección del Pje. Luis Pardo – Jr. S/N, no cuenta con cunetas.91

Figura 24: Intersección del Pje. Luis Pardo – Av. Los Angeles con pav. existente, se puede observar muro de contención de piedra.92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estación Cerro de Pasco. Estación Meteorológica cercana a la zona del proyecto.	25
Tabla 2: Precipitación mensual acumulada Estación cerro de Pasco.....	27
Tabla 3: Precipitación anual acumulada Estación cerro de Pasco.	28
Tabla 4: Precipitación máxima en 24 horas estación Cerro de Pasco.	28
Tabla 5: Régimen de distribución máxima en 24 horas (mm)	29
Tabla 6: Serie de datos X - Distribución normal.....	33
Tabla 7: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - Distribución normal.....	34
Tabla 8: Serie de datos X - Distribución log normal 2 parámetros.....	37
Tabla 9: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - Distribución log normal 2 parámetros.....	38
Tabla 10: Serie de datos X - Distribución log normal 3 parámetros.....	40
Tabla 11: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - Distribución log normal 3 parámetros.....	41
Tabla 12: Serie de datos X - Distribución gamma 2 parámetros.	43
Tabla 13: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - Distribución gamma 2 parámetros.	44
Tabla 14: Serie de datos X - Distribución gamma 3 parámetros.	46
Tabla 15: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - Distribución gamma 3 parámetros.	47
Tabla 16: Serie de datos X - Distribución Logpearson Tipo III.....	49

Tabla 17: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - Distribución Logpearson Tipo III	50
Tabla 18: Serie de datos X - Distribución Gumbel.	52
Tabla 19: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - Distribución Gumbel.	53
Tabla 20: Serie de datos X - LogGumbel o distribución de Frechet.	55
Tabla 21: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - LogGumbel o distribución de Frechet.....	56
Tabla 22: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov	59
Tabla 23: Valores Probables de Precipitación Máxima en 24 Horas según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad.	60
Tabla 24: Intensidades máximas.	68
Tabla 25: Cálculo del coeficiente de escorrentía para ser utilizados en el Método Racional.	70
Tabla 26: Caudales máximos – cuneta Jr. Rigoberto Tufino.	70
Tabla 27: Caudal promedio.	70
Tabla 28: Dimensionamiento de cunetas.	71
Tabla 29: Ubicación e Implantación de Hitos	97
Tabla 30: Nivelación Geométrica	98
Tabla 31: Relación cuantificada de los trabajos ejecutados.	102

CAPÍTULO I

Introducción

1.1 Descripción y formulación del problema

En la actualidad, en la ciudad de Cerro de Pasco, específicamente en las calles del distrito de Simón Bolívar, existe un sistema de drenaje pluvial deficiente, lo cual origina daños en los pavimentos en épocas de precipitación. Por ello, con el diseño eficiente de infraestructura pluvial (cunetas) se busca evacuar adecuadamente el agua superficial que intercepta la infraestructura vial, de tal manera de garantizar su estabilidad y permanencia.

Así, la presente tesis busca responder las siguientes preguntas:

¿De qué manera se puede optimizar el drenaje pluvial en la ciudad de Cerro de Pasco?

¿Qué parámetros hidrológicos de las microcuencas influirán en la aplicación del método racional para el diseño de las cunetas?

¿Cuál es el dimensionamiento adecuado de las cunetas a fin de lograr una adecuada protección de los pavimentos en épocas de precipitación?

1.2 Antecedentes

a) En el ámbito internacional

Carrión & Orellana (2016) señala en la tesis titulada “Estudio del sistema de drenaje para la vía Molleturo - Tres Marías - La Iberia, en la provincia del Azuay”, tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad de Cuenca – Ecuador, tiene por objetivo principal, realizar el estudio y dar solución al sistema de drenaje correspondiente a la vía de 28.2 Km, ubicada en la parroquia Molleturo, área comprendida entre las comunidades Tres Marías y La Iberia, en el cantón Cuenca, Provincia del Azuay.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- La vía de estudio forma parte de una red de proyectos viales a construir, planteados por el Gobierno Provincial del Azuay en 2014, cuyo fin es mejorar la conectividad y la accesibilidad entre las áreas rurales y el cantón Cuenca, principalmente.
- La zona referente al proyecto atraviesa dos regiones claramente diferenciadas: una parte alta, con clima de la sierra, usos del suelo y vegetación característica de la región, que van desde páramos hasta bosque natural; y una parte baja, correspondiente a un clima templado propio de la costa, con presencia de pastos cultivados y vegetación típica de la región.

- El sistema de drenaje fue diseñado a partir de las metodologías de Manning, Racional Americano y Soil Conservation Service [SCS], contando con modelizaciones a través de los programas HEC-HMS y HEC-RAS.
- La parte del país donde se sitúa el proyecto no cuenta con estaciones pluviométricas monitoreadas por el INAMHI, razón por la cual se realizó en primera instancia, un análisis comparativo entre las estaciones que presentan características similares a las de la franja de evaluación, obteniendo como resultado el uso de la estación El Labrado para la parte alta, es decir a cotas superiores a los 2500 m.s.n.m. y la estación Santa Isabel para la parte baja, hasta una cota de 660 m.s.n.m

Rivadeneira (2012) señala en la tesis titulada “Diseño del sistema de alcantarillado pluvial del barrio “La Campiña del Inca” Cantón Quito, provincia de Pichincha”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil por la Universidad Católica del Ecuador – Ecuador, tiene por objetivo principal, diseñar el sistema de alcantarillado pluvial para el barrio “La Campiña del Inca” perteneciente a la parroquia San Isidro del Inca.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- Debido a que el Barrio La Campiña del Inca es un poblado que lo podríamos considerar casi nuevo se ve en la necesidad de poseer un adecuado de aguas lluvias; el presente estudio y proyecto propone una solución de acuerdo a las características económicas, topográficas, geológicas de la zona.

- El material que se empleó para el diseño del alcantarillado pluvial de la Campiña del Inca es PVC, considerando un mejor proceso de construcción ya que se disminuye el volumen de excavación, relleno y compactación, así como la facilidad de transporte del mismo hacia la obra, facilidad de instalación y mantenimiento.
- Con el desarrollo del proyecto de diseño de Alcantarillado Pluvial se otorgará una buena calidad de vida para los pobladores nuevos y futuros, de igual manera se crearán fuentes de trabajo para los mismos, y sus terrenos tendrán una plusvalía mayor.

b) En el ámbito nacional

Delgado & Sánchez (2003) señalan en la tesis titulada “Diseño hidráulico y estructural del sistema de drenaje pluvial urbano del Sector Progreso. Margen izquierda quebrada Choclino, en la banda de Shilcayo”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional de San Martín – Perú, tiene por objetivo principal realizar el diseño hidráulico y establecer las recomendaciones para que en la áreas techadas y libres se permita coleccionar, conducir y entregar las aguas pluviales al sistema de drenaje establecido.

Teniendo como resultado las siguientes conclusiones:

- El área en la cual se ha proyectado las obras de drenaje, se encuentra ubicada en el Distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín y Región San Martín.

- La construcción del Sistema de Drenaje Pluvial del Sector Progreso de la Bande de Shilcayo, se complementará con el estudio similar de los demás sectores, consiguiendo de ésta manera concretar lo previsto por la Municipalidad de éste Distrito, y corregir el encauzamiento de aguas Pluviales a través de obras que permitan y garanticen su evacuación inmediata al presentarse la caída de lluvias, asegurando de ésta manera la Salubridad y seguridad pública.
- Para el cálculo de caudales existen una variedad de fórmulas empíricas, en nuestro caso utilizamos dos métodos: Método Racional y Método Mac Math.

Yañez (2014) señala en la tesis titulada “Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte – Perú, tiene como objetivo principal, determinar la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa.

Teniendo com resultado las siguientes conclusiones:

- Se concluyó al analizar el diseño Hidráulico de la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa, que este no es el correcto para un bueno funcionamiento del sistema de drenaje, siendo esta una de las causas que alteran la eficiencia del drenaje pluvial.

- Al analizar la zona en estudio se verificó que el sistema de drenaje es ineficiente.
- Se concluyó al analizar la eficiencia de conducción que los caudales mínimos recomendables técnicamente a derivar, para tener velocidad aceptable y no producir sedimentación que reduce la capacidad del canal o erosión que deforma la sección, no es el indicado para las secciones existentes.
- También se determinó que las competencias en la operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y el Jr. Santa Rosa no se lleva a cabo ocasionado que la capacidad hidráulica de las cunetas disminuya.

1.3 Objetivos

a) Objetivo general

Diseñar las estructuras de drenaje mediante el método racional con fines de mejorar el drenaje pluvial en la ciudad de Cerro de Pasco.

b) Objetivos específicos

- Definir los parámetros hidrológicos de las microcuencas que influirán en la aplicación del método racional para el diseño de las cunetas.

- Determinar el dimensionamiento adecuado de las cunetas a fin de lograr una adecuada protección de los pavimentos en épocas de precipitación

1.4 Justificación e importancia

El tema elegido para la presente tesis se justifica debido a que actualmente en el distrito de Simón Bolívar, en Cerro de Pasco, existe deficiencia en el sistema de drenaje pluvial, lo cual origina daños y deterioros en el pavimento existente. Por ello resulta sumamente importante la construcción de cunetas que permitan la evacuación correcta del agua, para lo cual se debe realizar un diseño eficiente de esta infraestructura de drenaje pluvial, lo cual será materia de estudio de la presente tesis.

1.5 Hipótesis

Empleando el método racional para el diseño de estructuras de drenaje se podrá mejorar el drenaje pluvial en la ciudad de Cerro de Pasco.

CAPÍTULO II.

Marco teórico

2.1 Definición de cunetas

Carrión & Orellana (2016) señalan que:

Son canales o zanjas, revestidas o no, que se construyen a un solo lado o a ambos lados de la vía para captar y conducir el agua lluvia proveniente de los taludes o áreas adyacentes que escurre por una carretera. La finalidad es trasladar el flujo a un sistema de drenaje natural o a una alcantarilla y así lograr que se aleje del sitio donde se encuentra la vía. Generalmente las cunetas se ubican entre el espaldón de la carretera y el pie del talud de corte. (p.22)

2.2 Cunetas de coronación

Carrión & Orellana (2016) señalan que:

Son canales excavados en terreno, generalmente paralelos al eje de la carretera, se ubican cerca de la corona de un talud de corte y cuya finalidad es interceptar el agua superficial que escurre ladera abajo desde mayores alturas, evitando la erosión del talud y un posible incremento del caudal y su material de arrastre en la cuneta. (p.23)

2.3 Consideraciones en el diseño, construcción y mantenimiento de las cunetas

Delgado & Sánchez (2003) señalan que:

Las cunetas necesitan mantenerse limpias y protegidas de la erosión, ya sea con empedrado, vegetación, emboquillado de piedra o concreto. El revestimiento de las cunetas es importante, debido a que el agua pueda infiltrarse de regreso hacia la base del camino, causando el deterioro de las viviendas y la superficie del camino. Es necesario limitar la pendiente de la cuneta de un 2% A 5%, cuando sea necesario hacer cunetas con pendientes mayores de 5%, se deberá reducir la velocidad del agua con diques de contención o se debe revestir. Si en el mantenimiento se constata que las cunetas no tienen suficiente capacidad para la intensidad pluvial local, se debe agregar desfogues intermedios entre las alcantarillas existentes. (p.15)

2.4 Finalidad del diseño estructural de cunetas

Delgado & Sánchez (2003) señalan que:

El diseño estructural de las cunetas tiene por finalidad determinar las dimensiones y cantidades de refuerzo que contendrá la cuneta en función de las solicitaciones de carga que se presentan. Allí radica la importancia de un diseño estructural eficiente y preciso. (p.16)

CAPÍTULO III

Método

3.1 Tipo de investigación

Aplicada.

3.2 Ámbito temporal y espacial

La presente tesis se basa en el proyecto de Drenaje pluvial de las calles San Antonio y pasaje Luis Pardo que se ubican en el AA.HH. José Carlos Mariátegui, Sector 1, distrito de Simón Bolívar, provincia de Pasco – Pasco.

3.3 Variables

- **Variable independiente**

Diseño de estructura de drenaje usando el método racional.

- **Variable dependiente**

Mejoramiento del drenaje pluvial.

3.4 Población y muestra

- **Población**

La población es un conjunto reducido o ilimitado con características similares para los cuales las conclusiones de la investigación serán extensas. Esta queda limitada por los objetivos y el problema de la investigación. Para la presente investigación, el universo poblacional estará conformado por los sistemas de drenaje pluvial de la provincia de Pasco.

- **Muestra**

Un subconjunto específico y limitado que se separa de la población es definido como una muestra. En la presente tesis se tomará como muestra el sistema de drenaje pluvial del distrito de Simón Bolívar en la provincia de Pasco.

3.5 Instrumentos

- Revisión de documentos: a través de esta técnica se han revisado normas, manuales, libros, tesis, etc., respecto al tema de diseño de estructuras de drenaje pluvial.
- Observación: Esta técnica ha permitido recolectar información vista en campo.
- Ensayos de laboratorio de suelos: Análisis granulométrico por tamizado; límites de Atterberg, contenido de humedad.

3.6 Procedimientos

- Se hizo el reconocimiento de campo.
- Se analizó la información cartográfica y meteorológica de la ciudad de Cerro de Pasco.
- Se realizó el análisis de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas.
- Se realizó el estudio de hidrología estadística.
- Se realizó las pruebas de bondad del ajuste.
- Se determinó los parámetros hidrológicos de las microcuencas que influirán en el método racional.
- Se realizó el diseño de las cunetas.

3.7 Análisis de datos

3.7.1 Caracterización metereológica

Los tres principales parámetros meteorológicos de mayor importancia para el presente estudio son: Temperatura: Tx; Humedad Relativa: Hrx y Precipitación: Px.

A continuación, se resume en la información general de la estación Cerro de Pasco lo que concierne a la Temperatura, Humedad Relativa y Precipitación, en cuanto a datos de precipitaciones medias mensuales y máximas de 24 horas.

Tabla 1: Estación Cerro de Pasco. Estación Meteorológica cercana a la zona del proyecto.

INFORMACIÓN GENERAL ESTACIÓN DE CERRO DE PASCO									
ESTACIÓN	TIPO/ CÓDIGO	UBICACIÓN					ALTITUD (m.s.n.m)	ENTIDAD OPERANTE	
		GEOGRÁFICA		POLÍTICA					
		LAT. S	LONG. O	DPTO.	PROV.	DIST.			
1	CERRO DE PASCO	000593	10° 41'00" S	76° 15' 00" W	PASCO	PASCO	CHAUPIMARCA	4060	SENAMHI

Fuente: Senamhi.

Temperatura – Estación Cerro de Pasco.

Según los datos proporcionados no hay diferencias apreciables entre los promedios mensuales de verano o invierno, las temperaturas máximas medias se presentan sobre los 19°C con un promedio anual alrededor de 18°C, las temperaturas mínimas medias se presentan sobre todo entre los meses de junio a agosto con valores cercanos a 6°C, mientras que el promedio anual de este se presenta alrededor de 7°C.

Humedad Relativa – Cerro de Pasco.

La evaluación de la humedad relativa se realizó sobre la base de la estación Cerro de Pasco, la humedad relativa promedio está determinada por la interrelación de temperatura y precipitación, la tasa de evapotranspiración será cada vez mayor cuanto más alta sea la temperatura y menor cuando esta disminuya, de esta manera cuanto más frío sea el aire, más rápidamente se llegará al punto de saturación de la humedad. La humedad relativa en el área de estudio, en general no es muy alta, el promedio tiene un comportamiento estacional que fluctúa entre 75 a 80% durante todo el año, la humedad relativa presenta sus valores más elevados entre los meses de enero - abril coincidiendo esto con la nubosidad y con las lluvias de verano.

Vientos.

Este sector del área de estudio se encuentra entre pequeños valles, estos por sus características fisiográficas generan circulaciones térmicas derivadas del distinto calentamiento experimentado por cada una de sus partes. Durante el día las laderas expuestas al sol con un elevado ángulo de incidencia, son las que experimentan un calentamiento más intenso. El fondo del valle permanece frío porque apenas recibe la radiación solar. En consecuencia, se genera un gradiente de presiones que orienta al viento hacia las laderas más calientes, remontándolas y dando lugar a los vientos de valle, durante la noche las laderas sufren un intenso proceso de enfriamiento como consecuencia de las pérdidas de calor por irradiación nocturna, y el gradiente de presiones entonces apunta hacia el fondo del valle.

En este caso el aire desciende por las laderas y llegan a confluir en el fondo del valle; esta es la característica básica de los vientos, los que están determinados como se dijo por la forma del relieve y nivel de calentamiento de las laderas y el fondo de valle.

Precipitación – Cerro de Pasco.

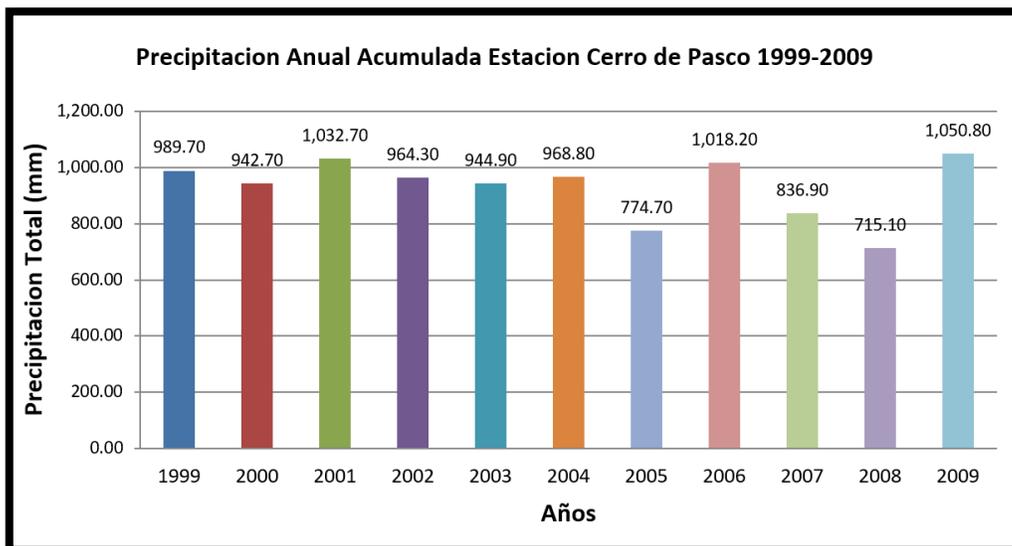
La precipitación total anual promedio, registrada en la estación de Cerro de Pasco, para el periodo 1999 - 2009 (Ver el Cuadro) es de $P_x = 930.80$ mm, variando entre un mínimo de 715.10 mm (1999) y un máximo de 1050.80 mm (2009), y que se distribuye por mes siguiente modo que se presenta en el cuadro:

Tabla 2: Precipitación mensual acumulada Estación cerro de Pasco.

DEPARTAMENTO	:PASCO											LATITUD	10° 41' 36.2"	S
PROVINCIA	:PASCO											LONGITUD	76° 15' 513"	W
DISTRITO	:CHAUPIMARCA											ALTITUD	4380.00 msnm	
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SET.	OCT.	NOV.	DIC	TOTAL	
1999	135.60	176.80	146.30	68.90	32.50	2160	5.90	3.30	87.40	70.70	116.60	124.10	989.70	
2000	189.10	153.20	132.50	42.80	43.60	5.50	11.40	29.00	25.10	118.20	48.20	144.10	942.70	
2001	178.90	142.90	160.00	52.70	62.00	5.70	32.40	13.30	34.50	97.80	88.90	163.60	1032.70	
2002	37.00	172.50	150.10	72.80	44.30	10.90	41.70	12.70	52.00	136.20	102.30	131.80	964.30	
2003	124.20	125.60	174.70	114.00	39.20	26.20	5.00	20.20	50.70	24.80	98.40	141.90	944.90	
2004	69.60	163.90	69.10	62.00	36.40	30.60	24.00	29.60	12.60	88.70	130.80	151.50	968.80	
2005	93.60	138.40	159.20	53.30	12.20	6.80	7.80	20.30	32.20	79.70	85.90	85.30	774.70	
2006	97.20	109.40	150.40	97.00	13.30	37.90	5.60	15.10	62.70	169.00	134.20	126.40	1018.20	
2007	92.80	76.40	183.90	80.50	63.90	0.00	17.10	5.40	30.40	88.00	101.10	97.40	836.90	
2008	135.80	94.10	50.20	63.70	1160	26.80	6.20	13.20	58.40	103.30	68.80	83.00	715.10	
2009	119.40	105.60	188.20	54.20	34.70	30.30	23.00	56.80	2140	68.80	135.40	213.00	1050.80	
Promedio	115.75	132.62	142.24	69.26	35.79	18.39	16.37	19.90	51.58	95.02	100.96	132.92	930.80	
D. Estand.	44.66	33.24	44.23	21.09	18.12	12.92	12.48	14.79	28.12	37.84	27.61	37.48	108.86	
C. Variabi.	0.39	0.25	0.31	0.30	0.51	0.70	0.76	0.74	0.55	0.40	0.27	0.28	0.12	
Maximo	189.10	176.80	188.20	114.00	63.90	37.90	41.70	56.80	112.60	169.00	135.40	213.00	1,050.80	
Minimo	37.00	76.40	50.20	42.80	11.60	0.00	5.00	3.30	21.40	24.80	48.20	83.00	715.10	
Años Reg	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	

Fuente: Propia.

Tabla 3: Precipitación anual acumulada Estación cerro de Pasco.



Fuente: Senamhi.

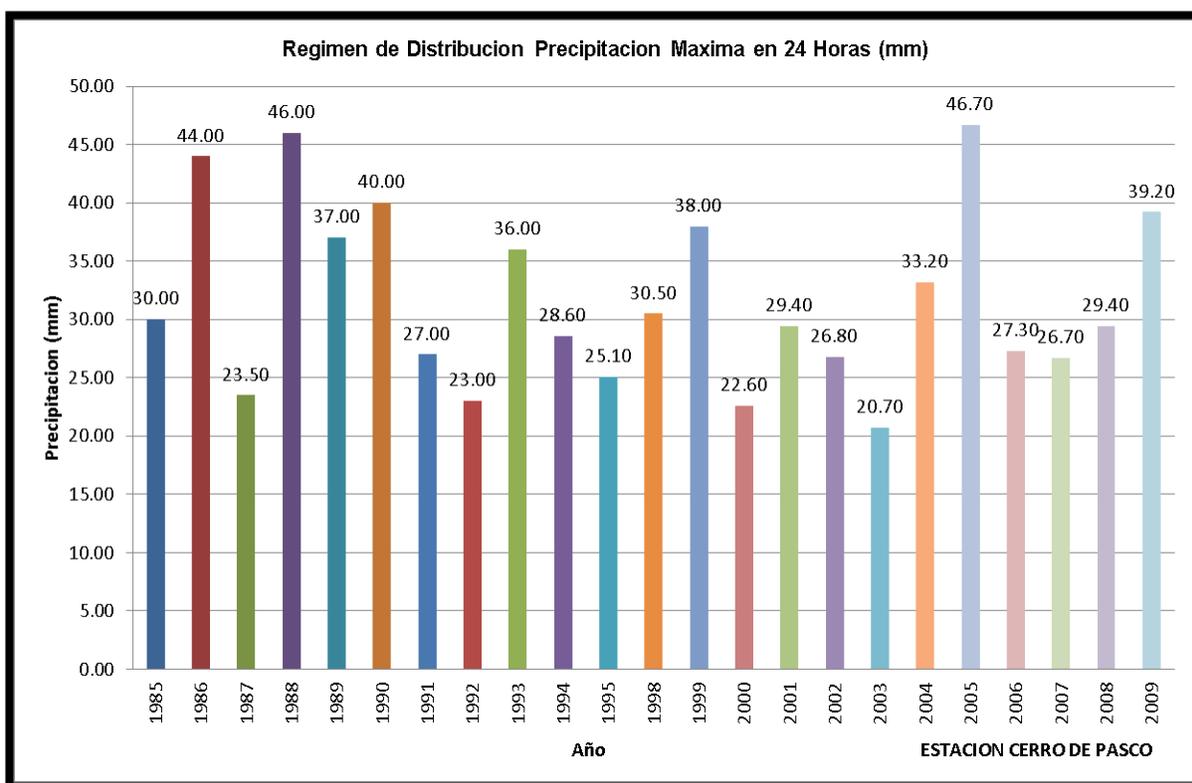
Es posible distinguir meses lluviosos de octubre hasta marzo con un % mayor de la lluvia total anual. También se han tomado datos de precipitación máxima de 24 horas de la estación Cerro de Pasco con un período de 24 años, lo cual en el presente cuadro se presenta, cuya fuente es de un proyecto de la zona.

Tabla 4: Precipitación máxima en 24 horas estación Cerro de Pasco.

DEPARTAMENTO :PASCO													LATITUD: 10° 41' 36" S	
PROVINCIA :PASCO													LONGITUD 76° 15' 51" W	
DISTRITO :CHAUPIMARCA													ALTITUD 4380.00 msnm	
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEM.	DIC.	MAXIMO	
1999	38.00	31.70	14.70	25.80	7.30	4.80	4.30	3.30	10.70	16.10	16.60	16.50	38.00	
2000	18.00	17.30	18.30	6.50	9.40	2.80	4.50	8.20	7.10	14.30	12.70	22.60	22.60	
2001	29.40	24.30	24.00	23.70	10.90	2.00	11.50	6.00	7.90	19.10	16.60	28.00	29.40	
2002	8.00	19.40	26.80	15.50	13.50	3.00	10.40	3.50	13.70	24.10	12.60	22.30	26.80	
2003	14.50	19.40	20.70	18.10	8.30	7.00	4.60	10.00	20.70	6.00	20.00	13.10	20.70	
2004	12.70	31.20	11.40	16.90	6.00	4.00	8.60	7.90	27.50	22.50	26.80	33.20	33.20	
2005	15.40	20.00	46.70	17.40	2.90	2.80	4.10	4.50	6.00	12.80	29.10	9.00	46.70	
2006	9.80	17.50	16.20	19.10	3.90	17.00	2.70	4.00	21.80	21.30	27.30	24.60	27.30	
2007	15.50	16.00	18.40	14.20	16.00	0.00	8.00	4.40	10.50	16.00	20.60	26.70	26.70	
2008	16.60	18.50	8.00	12.50	5.40	7.30	3.20	10.40	10.00	10.40	29.40	25.00	29.40	
2009	26.00	19.00	39.20	11.40	12.00	12.00	8.20	12.40	5.10	20.00	31.40	29.50	39.20	

Fuente: Senamhi.

Tabla 5: Régimen de distribución máxima en 24 horas (mm)



Fuente: Senamhi.

3.7.2 Información cartográfica y meteorológica

Información Cartográfica

Del Instituto Geográfico Nacional, IGN, la información cartográfica disponible fue la siguiente:

Descripción	Escala
* Mapa Físico Político del Perú	1 /1 000 000
* Mapa Vial del Perú	1 /2 000 000

Información Meteorológica

Se dispuso de la siguiente información pluviométrica:

PARÁMETRO	ESTACIÓN	PERIODO
Pmáx24hr	Cerro de Pasco	1985-2009

3.7.3 Trabajo de campo

En el trabajo de campo se efectuó el reconocimiento del área de intervención del proyecto en el que se basa la presente tesis (en lo fisiográfico, hidrológico, drenaje y otros aspectos) y el levantamiento topográfico de las secciones proyectadas para las estructuras de drenaje y de las secciones del cauce para la proyección de las cunetas.

Análisis de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas.

La $P_{\text{máx}24\text{hr}}$ base, de la serie Cerro de Pasco (1985 - 2009) fue sometida a un Análisis de Frecuencia, con el objeto de determinar los valores para diferentes periodos de retomo de interés, con apoyo del programa de HidroEsta.

Con el Modelo del programa Hidroesta se efectuó el Análisis de Frecuencia de la Serie de Cerro de Pasco. El mejor ajuste " R " ≤ 1 , para la serie de Cerro de Pasco.

3.7.4 Hidrología estadística.

El análisis de frecuencias referido a precipitaciones máximas diarias, tiene la finalidad de estimar precipitaciones máximas para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos, cuya estimación de parámetros se ha realizado mediante el Método de Momentos.

Los métodos probabilísticos recomendados en el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje publicados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Peru; son:

Distribución Normal

Distribución Log Normal 2 parámetros

Distribución Log Normal 3 parámetros

Distribución Gamma 2 Parámetros

Distribucion Gamma 3 Parámetros

Distribución Log Pearson Tipo III

Distribución Gumbel

Distribución Log Gumbel

Distribución normal

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{S}\right)^2}$$

Donde:

f(x)=función densidad normal de la variable x

x= variable independiente

u =parámetro de localización, igual a la media aritmética de x .

S =parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x .

Tabla 6: Serie de datos X - Distribución normal.

N°	Año	X
1	1985	30.0
2	1986	44.0
3	1987	23.5
4	1988	46.0
5	1989	37.0
6	1990	40.0
7	1991	27.0
8	1992	23.0
9	1993	36.0
10	1994	28.6
11	1995	25.1
12	1998	30.5
13	1999	38.0
14	2000	22.6
15	2001	29.4
16	2002	26.8
17	2003	20.7
18	2004	33.2
19	2005	46.7
20	2006	27.3
21	2007	26.7
22	2008	29.4
23	2009	39.2

Fuente: Propia.

Tabla 7: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - Distribución normal.

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	20.7	0.0417	0.0749	0.0785	0.0332
2	22.6	0.0833	0.1164	0.1206	0.0331
3	23.0	0.1250	0.1269	0.1311	0.0019
4	23.5	0.1667	0.1410	0.1452	0.0257
5	25.1	0.2083	0.1928	0.1969	0.0156
6	26.7	0.2500	0.2548	0.2585	0.0048
7	26.8	0.2917	0.2590	0.2626	0.0327
8	27.0	0.3333	0.2674	0.2710	0.0659
9	27.3	0.3750	0.2804	0.2839	0.0946
10	28.6	0.4167	0.3400	0.3427	0.0766
11	29.4	0.4583	0.3789	0.3810	0.0794
12	29.4	0.5000	0.3789	0.3810	0.1211
13	30.0	0.5417	0.4090	0.4105	0.1327
14	30.5	0.5833	0.4344	0.4355	0.1489
15	33.2	0.6250	0.5738	0.5725	0.0512
16	36.0	0.6667	0.7090	0.7057	0.0423
17	37.0	0.7083	0.7519	0.7481	0.0436
18	38.0	0.7500	0.7912	0.7871	0.0412
19	39.2	0.7917	0.8332	0.8289	0.0415
20	40.0	0.8333	0.8579	0.8536	0.0245
21	44.0	0.8750	0.9442	0.9410	0.0692
22	46.0	0.9167	0.9680	0.9656	0.0513
23	46.7	0.9583	0.9740	0.9718	0.0156

Fuente: Propia.

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1489, es menor que el delta tabular 0.2836. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución normal:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización (X_m)= 31.7696

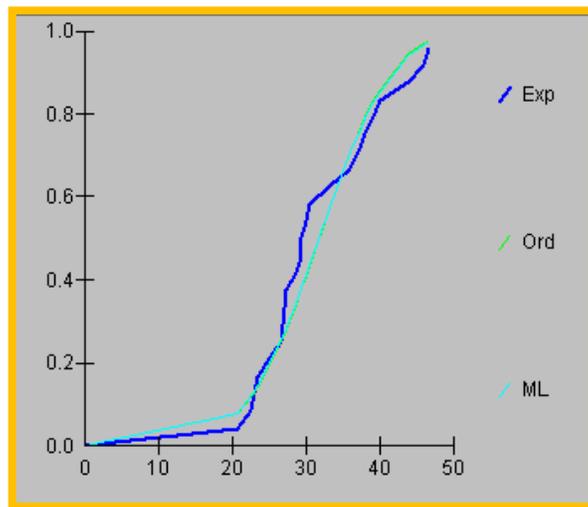
Parámetro de escala (S)= 7.6859

Con momentos lineales:

Media lineal (X_l)= 31.7696

Desviación estándar lineal (S_l)= 7.8226

Figura 1: Gráfica de parámetros de distribución normal.



Fuente: Propia.

Distribución log normal 2 parámetros

La función de distribución de probabilidad es:

$$P(x \leq x_i) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{\left(\frac{-(x-\bar{X})^2}{2S^2}\right)} dx$$

Donde \bar{X} y S son los parámetros de distribución.

Si la variable x de la ecuación anterior se reemplaza por una función $y=f(x)$, tal que $y=\log(x)$, la función puede normalizarse, transformándose en una ley de probabilidades denominada log – normal, N (Y, Sy). Los valores originales de la variable aleatoria x, deben ser transformados a $y=\log x$, de tal manera que:

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^n \log x_i / n$$

Donde \bar{Y} es la media de los datos de la muestra transformada.

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n-1}}$$

Donde Sy es la desviación estándar de los datos de la muestra transformada.

Asimismo; se tiene las siguientes relaciones:

$$Cs = a / S^3 y$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^3$$

Tabla 8: Serie de datos X - Distribución log normal 2 parámetros

Nº	Año	X
1	1985	30.0
2	1986	44.0
3	1987	23.5
4	1988	46.0
5	1989	37.0
6	1990	40.0
7	1991	27.0
8	1992	23.0
9	1993	36.0
10	1994	28.6
11	1995	25.1
12	1998	30.5
13	1999	38.0
14	2000	22.6
15	2001	29.4
16	2002	26.8
17	2003	20.7
18	2004	33.2
19	2005	46.7
20	2006	27.3
21	2007	26.7
22	2008	29.4
23	2009	39.2

Fuente: Propia.

Tabla 9: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - Distribución log normal 2 parámetros.

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	20.7	0.0417	0.0449	0.0503	0.0033
2	22.6	0.0833	0.0926	0.0998	0.0093
3	23.0	0.1250	0.1055	0.1130	0.0195
4	23.5	0.1667	0.1231	0.1308	0.0436
5	25.1	0.2083	0.1891	0.1968	0.0193
6	26.7	0.2500	0.2676	0.2741	0.0176
7	26.8	0.2917	0.2728	0.2792	0.0189
8	27.0	0.3333	0.2833	0.2896	0.0500
9	27.3	0.3750	0.2994	0.3052	0.0756
10	28.6	0.4167	0.3708	0.3748	0.0458
11	29.4	0.4583	0.4156	0.4183	0.0427
12	29.4	0.5000	0.4156	0.4183	0.0844
13	30.0	0.5417	0.4492	0.4508	0.0925
14	30.5	0.5833	0.4770	0.4777	0.1064
15	33.2	0.6250	0.6182	0.6145	0.0068
16	36.0	0.6667	0.7399	0.7332	0.0732
17	37.0	0.7083	0.7760	0.7687	0.0677
18	38.0	0.7500	0.8082	0.8006	0.0582
19	39.2	0.7917	0.8420	0.8342	0.0504
20	40.0	0.8333	0.8618	0.8539	0.0284
21	44.0	0.8750	0.9320	0.9255	0.0570
22	46.0	0.9167	0.9534	0.9479	0.0368
23	46.7	0.9583	0.9593	0.9542	0.0010

Fuente: Propia.

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1064, es menor que el delta tabular 0.2836. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución logNormal:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de escala (μ_y)= 3.4314

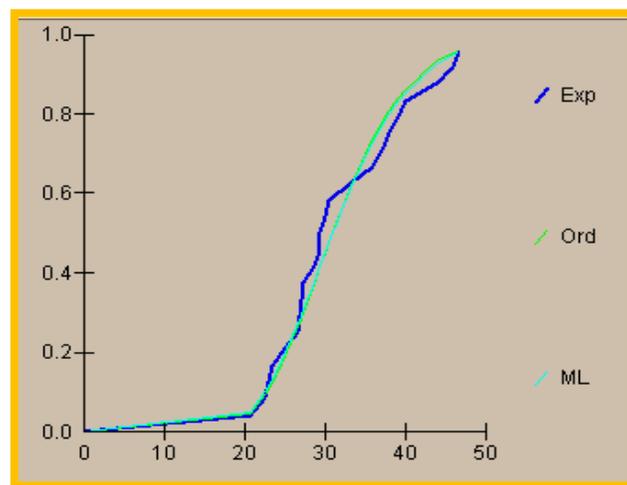
Parámetro de forma (S_y)= 0.2366

Con momentos lineales:

Parámetro de escala (μ_{yl})= 3.4314

Parámetro de forma (S_{yl})= 0.2444

Figura 2: Gráfica - Distribución logNormal 2



Fuente: Propia.

Distribución log normal 3 parámetros

La función de densidad de x es:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0) \sqrt{(2\pi)S_y}} e^{-1/2 \left(\frac{\ln(x-x_0) - \mu_y}{S_y} \right)^2}$$

Para $x > x_0$, donde:

X_0 : parámetro de posición.

U_y : parámetro de escala o media.

S_y^2 : parámetro de forma o varianza.

Tabla 10: Serie de datos X - Distribución log normal 3 parámetros

Nº	Año	X
1	1985	30.0
2	1986	44.0
3	1987	23.5
4	1988	46.0
5	1989	37.0
6	1990	40.0
7	1991	27.0
8	1992	23.0
9	1993	36.0
10	1994	28.6
11	1995	25.1
12	1998	30.5
13	1999	38.0
14	2000	22.6
15	2001	29.4
16	2002	26.8
17	2003	20.7
18	2004	33.2
19	2005	46.7
20	2006	27.3
21	2007	26.7
22	2008	29.4
23	2009	39.2

Fuente: Propia.

Tabla 11: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - Distribución log normal 3 parámetros.

m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	20.7	0.0417	-1.9498	0.0256	0.0161
2	22.6	0.0833	-1.4367	0.0754	0.0079
3	23.0	0.1250	-1.3403	0.0901	0.0349
4	23.5	0.1667	-1.2247	0.1103	0.0563
5	25.1	0.2083	-0.8855	0.1879	0.0204
6	26.7	0.2500	-0.5852	0.2792	0.0292
7	26.8	0.2917	-0.5675	0.2852	0.0065
8	27.0	0.3333	-0.5325	0.2972	0.0361
9	27.3	0.3750	-0.4808	0.3153	0.0597
10	28.6	0.4167	-0.2681	0.3943	0.0224
11	29.4	0.4583	-0.1453	0.4423	0.0161
12	29.4	0.5000	-0.1453	0.4423	0.0577
13	30.0	0.5417	-0.0568	0.4774	0.0643
14	30.5	0.5833	0.0148	0.5059	0.0774
15	33.2	0.6250	0.3706	0.6445	0.0195
16	36.0	0.6667	0.6948	0.7564	0.0897
17	37.0	0.7083	0.8015	0.7886	0.0803
18	38.0	0.7500	0.9041	0.8170	0.0670
19	39.2	0.7917	1.0221	0.8466	0.0550
20	40.0	0.8333	1.0979	0.8639	0.0305
21	44.0	0.8750	1.4473	0.9261	0.0511
22	46.0	0.9167	1.6060	0.9459	0.0292
23	46.7	0.9583	1.6593	0.9515	0.0069

Fuente: Propia.

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.0897, es menor que el delta tabular 0.2836. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

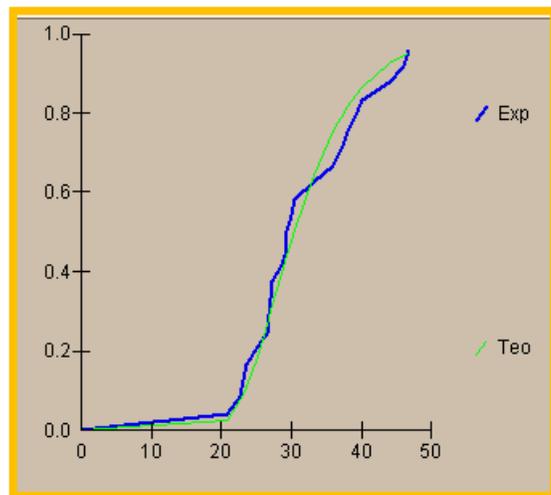
Parámetros de la distribución lognormal:

Parámetro de posición (x_0)= 11.8988

Parámetro de escala (μ_y)= 2.9176

Parámetro de forma (S_y)= 0.3809

Figura 3: Gráfica - Distribución



Fuente: Propia.

Distribución gamma 2 parámetros

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)}$$

Valido para:

$$0 \leq x < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

Tabla 12: Serie de datos X - Distribución gamma 2 parámetros.

Nº	Año	X
1	1985	30.0
2	1986	44.0
3	1987	23.5
4	1988	46.0
5	1989	37.0
6	1990	40.0
7	1991	27.0
8	1992	23.0
9	1993	36.0
10	1994	28.6
11	1995	25.1
12	1998	30.5
13	1999	38.0
14	2000	22.6
15	2001	29.4
16	2002	26.8
17	2003	20.7
18	2004	33.2
19	2005	46.7
20	2006	27.3
21	2007	26.7
22	2008	29.4
23	2009	39.2

Fuente: Propia.

Tabla 13: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - Distribución gamma 2 parámetros.

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	20.7	0.0417	0.0500	0.1495	0.0083
2	22.6	0.0833	0.0949	0.2076	0.0116
3	23.0	0.1250	0.1069	0.2209	0.0181
4	23.5	0.1667	0.1231	0.2379	0.0435
5	25.1	0.2083	0.1842	0.2950	0.0241
6	26.7	0.2500	0.2577	0.3549	0.0077
7	26.8	0.2917	0.2626	0.3587	0.0290
8	27.0	0.3333	0.2726	0.3663	0.0607
9	27.3	0.3750	0.2878	0.3778	0.0872
10	28.6	0.4167	0.3566	0.4275	0.0601
11	29.4	0.4583	0.4004	0.4580	0.0579
12	29.4	0.5000	0.4004	0.4580	0.0996
13	30.0	0.5417	0.4336	0.4807	0.1081
14	30.5	0.5833	0.4613	0.4994	0.1220
15	33.2	0.6250	0.6058	0.5962	0.0192
16	36.0	0.6667	0.7348	0.6858	0.0681
17	37.0	0.7083	0.7737	0.7145	0.0653
18	38.0	0.7500	0.8085	0.7415	0.0585
19	39.2	0.7917	0.8451	0.7715	0.0534
20	40.0	0.8333	0.8664	0.7901	0.0330
21	44.0	0.8750	0.9407	0.8663	0.0657
22	46.0	0.9167	0.9622	0.8950	0.0455
23	46.7	0.9583	0.9679	0.9038	0.0096

Fuente: Propia.

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1220, es menor que el delta tabular 0.2836. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Los 2 parámetros de la distribución Gamma:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de forma (gamma)= 18.6126

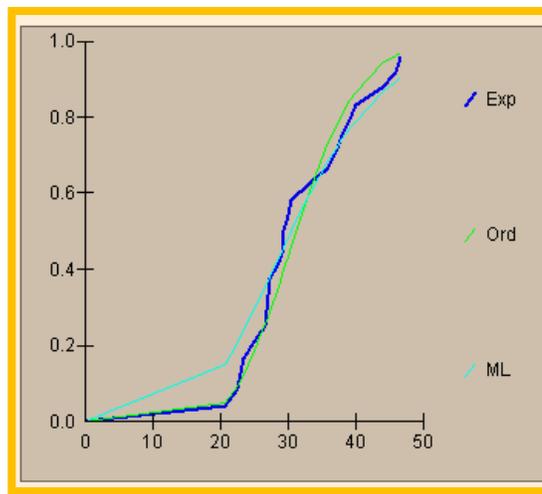
Parámetro de escala (beta)= 1.7069

Con momentos lineales:

Parámetro de forma (gammal)= 8.3825

Parámetro de escala (betal)= 3.79

Figura 4: Gráfica - Distribución gamma 2 parámetros



Fuente: Propia.

Distribución gamma 3 parámetros

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$$

Válido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde:

x₀: origen de la variable x, parámetro de posición.

y: parámetro de forma.

Tabla 14: Serie de datos X - Distribución gamma 3 parámetros.

Nº	Año	X
1	1985	30.0
2	1986	44.0
3	1987	23.5
4	1988	46.0
5	1989	37.0
6	1990	40.0
7	1991	27.0
8	1992	23.0
9	1993	36.0
10	1994	28.6
11	1995	25.1
12	1998	30.5
13	1999	38.0
14	2000	22.6
15	2001	29.4
16	2002	26.8
17	2003	20.7
18	2004	33.2
19	2005	46.7
20	2006	27.3
21	2007	26.7
22	2008	29.4
23	2009	39.2

Fuente: Propia.

Tabla 15: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - Distribución gamma 3 parámetros.

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	20.7	0.0417	0.0537	0.0393	0.0120
2	22.6	0.0833	0.1025	0.0976	0.0191
3	23.0	0.1250	0.1153	0.1132	0.0097
4	23.5	0.1667	0.1326	0.1342	0.0341
5	25.1	0.2083	0.1964	0.2102	0.0119
6	26.7	0.2500	0.2714	0.2953	0.0214
7	26.8	0.2917	0.2764	0.3008	0.0153
8	27.0	0.3333	0.2864	0.3118	0.0469
9	27.3	0.3750	0.3017	0.3283	0.0733
10	28.6	0.4167	0.3699	0.4003	0.0468
11	29.4	0.4583	0.4128	0.4440	0.0456
12	29.4	0.5000	0.4128	0.4440	0.0872
13	30.0	0.5417	0.4451	0.4761	0.0966
14	30.5	0.5833	0.4718	0.5023	0.1115
15	33.2	0.6250	0.6100	0.6322	0.0150
16	36.0	0.6667	0.7321	0.7415	0.0655
17	37.0	0.7083	0.7690	0.7740	0.0607
18	38.0	0.7500	0.8023	0.8031	0.0523
19	39.2	0.7917	0.8373	0.8340	0.0457
20	40.0	0.8333	0.8579	0.8523	0.0246
21	44.0	0.8750	0.9319	0.9199	0.0569
22	46.0	0.9167	0.9544	0.9420	0.0378
23	46.7	0.9583	0.9606	0.9483	0.0023

Fuente: Propia.

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.11149, es menor que el delta tabular 0.2836. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Los 3 parámetros de la distribución Gamma:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización (X_0)= 5.268

Parámetro de forma (gamma)= 11.8893

Parámetro de escala (beta)= 2.229

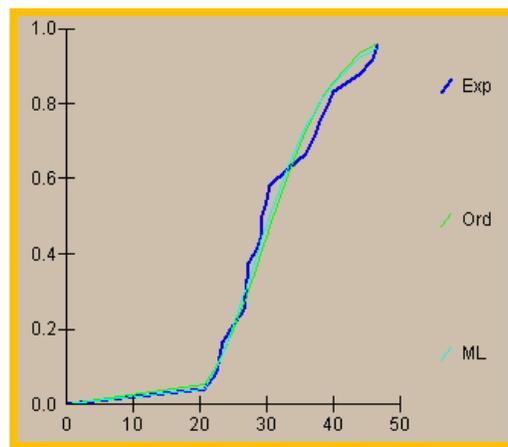
Con momentos lineales:

Parámetro de localización (Xol)= 15.5333

Parámetro de forma (gammal)= 4.0507

Parámetro de escala (betal)= 4.0083

Figura 5: Gráfica -Distribución gamma de 3 parámetros.



Fuente: Propia.

Distribución Logpearson Tipo III

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x\beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$$

Válido para: $x_0 \leq x < \infty$
 $-\infty < x_0 < \infty$
 $0 < \beta < \infty$
 $0 < \gamma < \infty$

Donde:

x_0 : parámetro de posición.

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

Tabla 16: Serie de datos X - Distribución Logpearson Tipo III

Nº	Año	X
1	1985	30.0
2	1986	44.0
3	1987	23.5
4	1988	46.0
5	1989	37.0
6	1990	40.0
7	1991	27.0
8	1992	23.0
9	1993	36.0
10	1994	28.6
11	1995	25.1
12	1998	30.5
13	1999	38.0
14	2000	22.6
15	2001	29.4
16	2002	26.8
17	2003	20.7
18	2004	33.2
19	2005	46.7
20	2006	27.3
21	2007	26.7
22	2008	29.4
23	2009	39.2

Fuente: Propia.

Tabla 17: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - Distribución Logpearson Tipo III

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	2.1	0.0435	0.0000	0.0000	0.0435
2	2.6	0.0870	0.0000	0.0000	0.0870
3	18.2	0.1304	0.0000	0.0000	0.1304
4	19.2	0.1739	0.0000	0.0000	0.1739
5	20.4	0.2174	0.0000	0.0000	0.2174
6	20.4	0.2609	0.0000	0.0000	0.2609
7	21.0	0.3043	0.0000	0.0000	0.3043
8	22.0	0.3478	0.0000	0.0000	0.3478
9	22.2	0.3913	0.0000	0.0000	0.3913
10	22.5	0.4348	0.0000	0.0000	0.4348
11	23.3	0.4783	0.0000	0.0000	0.4783
12	23.4	0.5217	0.0000	0.0000	0.5217
13	28.0	0.5652	0.0000	0.0000	0.5652
14	28.3	0.6087	0.0000	0.0000	0.6087
15	29.0	0.6522	0.0000	0.0000	0.6522
16	30.7	0.6957	0.0000	0.0000	0.6957
17	30.9	0.7391	0.0000	0.0000	0.7391
18	31.3	0.7826	0.0000	0.0000	0.7826
19	31.5	0.8261	0.0000	0.0000	0.8261
20	32.4	0.8696	0.0000	0.0000	0.8696
21	35.3	0.9130	0.0000	0.0000	0.9130
22	54.38	0.9565	0.0000	0.0000	0.9565

Fuente: Propia.

Ajuste con momentos ordinarios:

Los parámetros: X_0 , γ y β calculada por momentos ordinarios, son incorrectos, por lo que los datos no se ajustan a la distribución Log-Pearson tipo 3

Los 3 parámetros de la distribución Log-Pearson tipo 3:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización (X_0)= 3.6684

Parámetro de forma (γ)= 0.6737

Parámetro de escala (β)= -0.9203

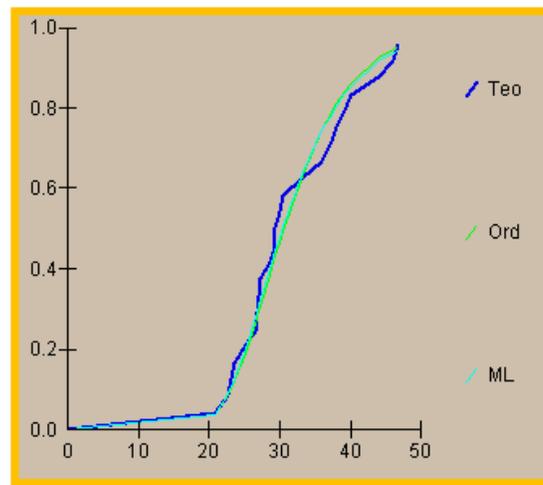
Con momentos lineales:

Parámetro de localización (X_0)= 2.4926

Parámetro de forma (γ)= 0.621

Parámetro de escala (β)= 0.8949

Figura 6: Gráfica - Distribución Logpearson Tipo III



Fuente: Propia.

Distribución Gumbel

La distribución de valores Tipo I conocida como distribución Gumbel o doble exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma}$$

$$\beta = \mu - 0.45\sigma$$

Donde:

α : Parámetro de concentración.

B: Parámetro de localización.

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k\sigma_x$$

x: Valor con una probabilidad dada.

\bar{x} : Media de la serie.

k: Factor de frecuencia.

Tabla 18: Serie de datos X - Distribución Gumbel.

Nº	Año	X
1	1990	30.9
2	1991	22.2
3	1992	20.4
4	1993	20.4
5	1994	2.6
6	1995	2.1
7	1996	21.0
8	1997	22.0
9	1998	29.0
10	1999	32.4
11	2000	19.2
12	2001	28.3
13	2002	18.2
14	2003	54.38
15	2004	23.4
16	2005	30.7
17	2006	22.5
18	2007	35.3
19	2008	23.3
20	2009	31.5
21	2010	31.3
22	2011	28.0

Fuente: Propia.

Tabla 19: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - Distribución Gumbel.

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	2.1	0.0435	0.0002	0.0001	0.0433
2	2.6	0.0870	0.0003	0.0001	0.0867
3	18.2	0.1304	0.2829	0.2734	0.1525
4	19.2	0.1739	0.3263	0.3180	0.1524
5	20.4	0.2174	0.3791	0.3725	0.1617
6	20.4	0.2609	0.3791	0.3725	0.1183
7	21.0	0.3043	0.4055	0.3998	0.1012
8	22.0	0.3478	0.4491	0.4449	0.1013
9	22.2	0.3913	0.4577	0.4538	0.0664
10	22.5	0.4348	0.4705	0.4671	0.0357
11	23.3	0.4783	0.5041	0.5018	0.0258
12	23.4	0.5217	0.5082	0.5061	0.0135
13	28.0	0.5652	0.6772	0.6803	0.1119
14	28.3	0.6087	0.6866	0.6899	0.0779
15	29.0	0.6522	0.7077	0.7115	0.0555
16	30.7	0.6957	0.7543	0.7590	0.0586
17	30.9	0.7391	0.7593	0.7642	0.0202
18	31.3	0.7826	0.7692	0.7742	0.0134
19	31.5	0.8261	0.7740	0.7790	0.0521
20	32.4	0.8696	0.7945	0.7998	0.0750
21	35.3	0.9130	0.8501	0.8556	0.0630
22	54.38	0.9565	0.9837	0.9854	0.0271

Fuente: Propia.

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1617, es menor que el delta tabular 0.2900. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución Gumbel:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de posición (μ)= 20.1449

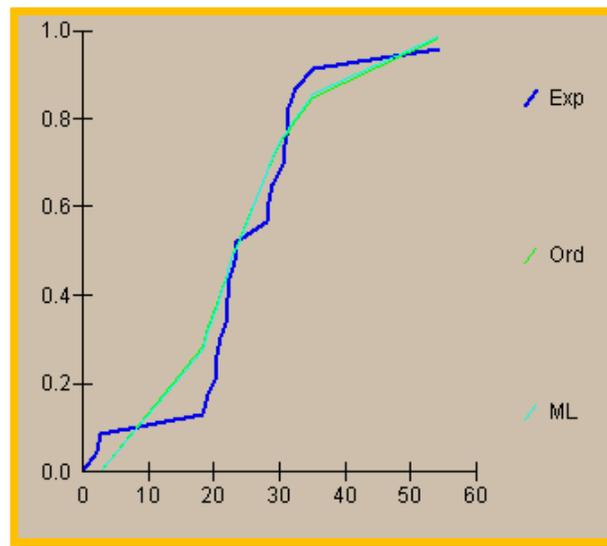
Parámetro de escala (alfa)= 8.3388

Con momentos lineales:

Parámetro de posición (μ)= 20.2975

Parámetro de escala (α)= 8.0743

Figura 7: Gráfica - Distribución Gumbel.



Fuente: Propia.

Distribución LogGumbel o distribución de Frechet

La variable aleatoria reducida LogGumbal, se define como:

$$y = \frac{\ln x - \mu}{\alpha}$$

Con lo cual, la función acumulada reducida log gumbel es:

$$G(y) = e^{-e^{-y}}$$

Tabla 20: Serie de datos X - LogGumbel o distribución de Frechet.

Nº	Año	X
1	1990	30.9
2	1991	22.2
3	1992	20.4
4	1993	20.4
5	1994	2.6
6	1995	2.1
7	1996	21.0
8	1997	22.0
9	1998	29.0
10	1999	32.4
11	2000	19.2
12	2001	28.3
13	2002	18.2
14	2003	54.38
15	2004	23.4
16	2005	30.7
17	2006	22.5
18	2007	35.3
19	2008	23.3
20	2009	31.5
21	2010	31.3
22	2011	28.0

Fuente: Propia.

Tabla 21: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov - LogGumbel o distribución de Frechet

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	2.1	0.0435	0.0000	0.0000	0.0435
2	2.6	0.0870	0.0000	0.0000	0.0870
3	18.2	0.1304	0.4865	0.4656	0.3560
4	19.2	0.1739	0.5179	0.5050	0.3440
5	20.4	0.2174	0.5523	0.5480	0.3349
6	20.4	0.2609	0.5523	0.5480	0.2914
7	21.0	0.3043	0.5683	0.5678	0.2639
8	22.0	0.3478	0.5932	0.5985	0.2454
9	22.2	0.3913	0.5979	0.6043	0.2066
10	22.5	0.4348	0.6049	0.6128	0.1701
11	23.3	0.4783	0.6227	0.6344	0.1444
12	23.4	0.5217	0.6248	0.6370	0.1031
13	28.0	0.5652	0.7070	0.7339	0.1418
14	28.3	0.6087	0.7114	0.7390	0.1027
15	29.0	0.6522	0.7213	0.7502	0.0691
16	30.7	0.6957	0.7433	0.7749	0.0477
17	30.9	0.7391	0.7458	0.7776	0.0066
18	31.3	0.7826	0.7505	0.7829	0.0321
19	31.5	0.8261	0.7528	0.7854	0.0733
20	32.4	0.8696	0.7629	0.7964	0.1067
21	35.3	0.9130	0.7914	0.8268	0.1217
22	54.38	0.9565	0.8937	0.9261	0.0628

Fuente: Propia.

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.3560, es mayor que el delta tabular 0.2900. Los datos no se ajustan a la distribución logGumbel, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución logGumbel:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de posición (μ)= 2.7084

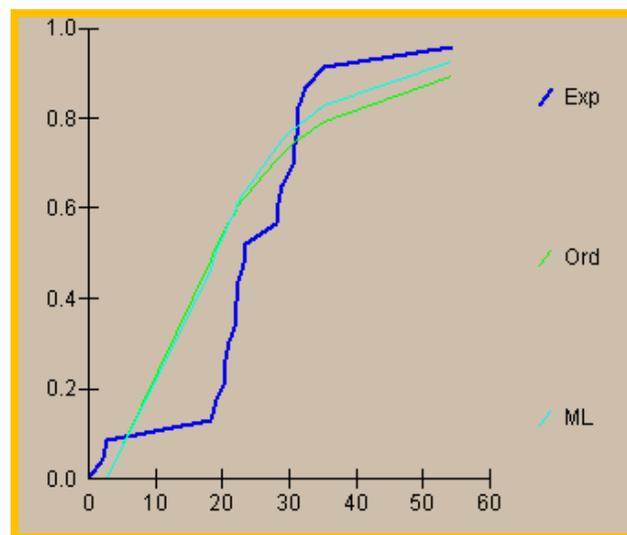
Parámetro de escala (alfa)= 0.589

Con momentos lineales:

Parámetro de posición (μ_l) = 2.7735

Parámetro de escala (alfal)= 0.4762

Figura 8: Gráfica de LogGumbel o distribución de Frechet.



Fuente: Propia.

3.7.5 Pruebas de bondad de ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos de una muestra independiente de la distribución elegida. En la estadística, las pruebas de bondad del ajuste más conocidas son la χ^2 y la Kolmogorov – Smirnov.

La prueba Kolmogorov – Smirnov tiene ventaja sobre la prueba de χ^2 que compara los datos con los modelos estadísticos sin necesidad de agruparlos. El análisis de la prueba de ajuste según Kolmogorov - Smirnov para la Estación Pluviométrica utilizada en el presente Estudio se muestra a continuación.

Método de Smirnov - Kolmogorov.

Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la que mejor se ajuste.

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $F_o(x_m)$ y la estimada $F(x_m)$:

$$D = \max |F_o(x_m) - F(x_m)|$$

Con un valor crítico d que depende del número de datos y el nivel de significancia. Si $D < d$ se acepta la hipótesis nula. La función de distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_o(x_m) = 1 - m / (n+1)$$

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

En los resultados anteriores se muestran los Resultados referentes a los Δ Teóricos y Δ Tabular necesarios para identificar a la distribución que mejor se ajusta a nuestra serie.

Tabla 22: Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov

DISTRIBUCIÓN	Δ Teórico	Δ Tabular	Comentario
i. Distribución Normal	0.1489	0.2836	Se ajusta a la Distribución
ii. Distribución Log Normal 2 parámetros	0.1064	0.2836	Se ajusta a la Distribución
iii. Distribución Log Normal 3 parámetros	0.0897	0.2836	Se ajusta a la Distribución
iv. Distribución Gamma 2 parámetros	0.122	0.2836	Se ajusta a la Distribución
v. Distribución Gamma 3 parámetros	0.1115	0.2836	Se ajusta a la Distribución
v. Distribución Log Pearson Tipo III	0.09063	0.2836	Se ajusta a la Distribución
vi. Distribución Gumbel	0.0913	0.2836	Se ajusta a la Distribución
vii. Distribución Log Gumbel	0.1151	0.2836	Se ajusta a la Distribución

Fuente: Propia.

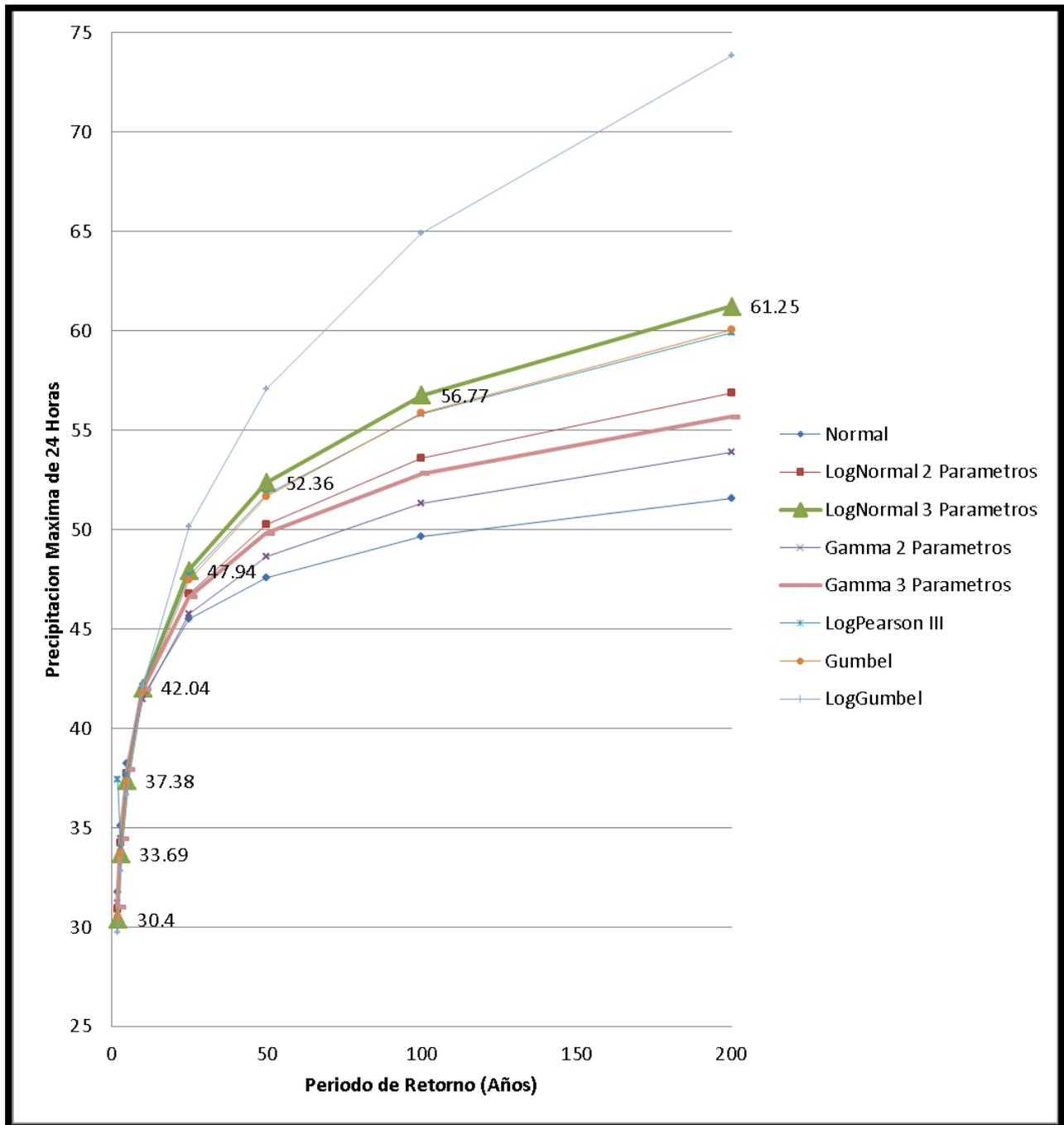
Por lo tanto, la distribución que mejor se ajusta en la Distribución Log Normal 3 parámetros.

Tabla 23: Valores Probables de Precipitación Máxima en 24 Horas según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad.

Años	Probab no exced.	DISTRIBUCION							
		Normal	LogNormal 2 Parametros	LogNormal 3 Parametros	Gamma 2 Parametros	Gamma 3 Parametros	LogPearson III	Gumbel	LogGumbel
2	0.5	31.77	30.92	30.4	31.2	31.03	37.43	30.51	29.74
3	0.6667	35.08	34.23	33.69	34.45	34.43	33.97	33.72	32.83
5	0.8001	38.24	37.73	37.38	37.74	37.93	37.61	37.3	36.66
10	0.9	41.62	41.87	42.04	41.49	41.97	42.1	41.8	42.1
25	0.9601	45.53	46.79	47.94	45.75	46.62	47.66	47.48	50.15
50	0.98	47.56	50.27	52.36	48.65	49.82	51.77	51.69	57.1
100	0.99	49.65	53.62	56.77	51.34	52.82	55.84	55.88	64.94
200	0.995	51.57	56.88	61.25	53.88	55.67	59.9	60.05	73.84

Fuente: Propia.

Figura 9: Variación de la precipitación máxima de 24h – Estación Cerro de Pasco.



Fuente: Senamhi.

Intensidad de lluvias

Se cuenta con registros de precipitaciones máximas de 24 horas y mensuales en la estación Cerro de Pasco, con la finalidad de que en el presente estudio se tenga resultados más consistentes y confiables la intensidad máxima horaria ha sido estimada a partir de la precipitación máxima 24 horas para el mismo periodo de retorno, registrada en la estación que componen las áreas de las Microcuencas correspondientes al drenaje superficial del proyecto.

Para ello se recurrió al principio conceptual, referente a que los valores extremos de lluvias de alta intensidad y corta duración aparecen, en el mayor de los casos, marginalmente dependientes de la localización geográfica, con base en el hecho de que estos eventos de lluvia están asociados con celdas atmosféricas las cuales tienen propiedades físicas similares en la mayor parte del mundo.

Las estaciones de lluvia ubicadas en la zona, no cuentan con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas. Sin embargo, estas pueden ser calculadas a partir de las lluvias máximas sobre la base del modelo de Dick y Peschke (Guevara 1991).

Este modelo permite calcular la lluvia máxima en función de la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente:

$$P_d = P_{\max 24hr} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde:

Pd = Precipitación total (mm)

d = Duración en minutos

P_{máx24hr} = Precipitación máxima en 24 horas (mm)

La intensidad se halla dividiendo la precipitación Pd entre la duración.

Las curvas de intensidad – duración – frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{K T^m}{t^n}$$

Donde:

I = Intensidad máxima (mm/min)

K, m, n = factores característicos de la zona de estudio

T = período de retorno en años

t = duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

Si se toman los logaritmos de la ecuación anterior se obtiene:

$$\text{Log (I)} = \text{Log (K)} + m \text{Log (T)} - n \text{Log (t)}$$

Bien: $Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2$

Donde:

$$Y = \text{Log (I)}, \quad a_0 = \text{Log K}$$

$$X_1 = \text{Log (T)} \quad a_1 = m$$

$$X_2 = \text{Log (t)} \quad a_2 = -n$$

Los factores de K, m, n, se obtienen a partir de los datos existentes.

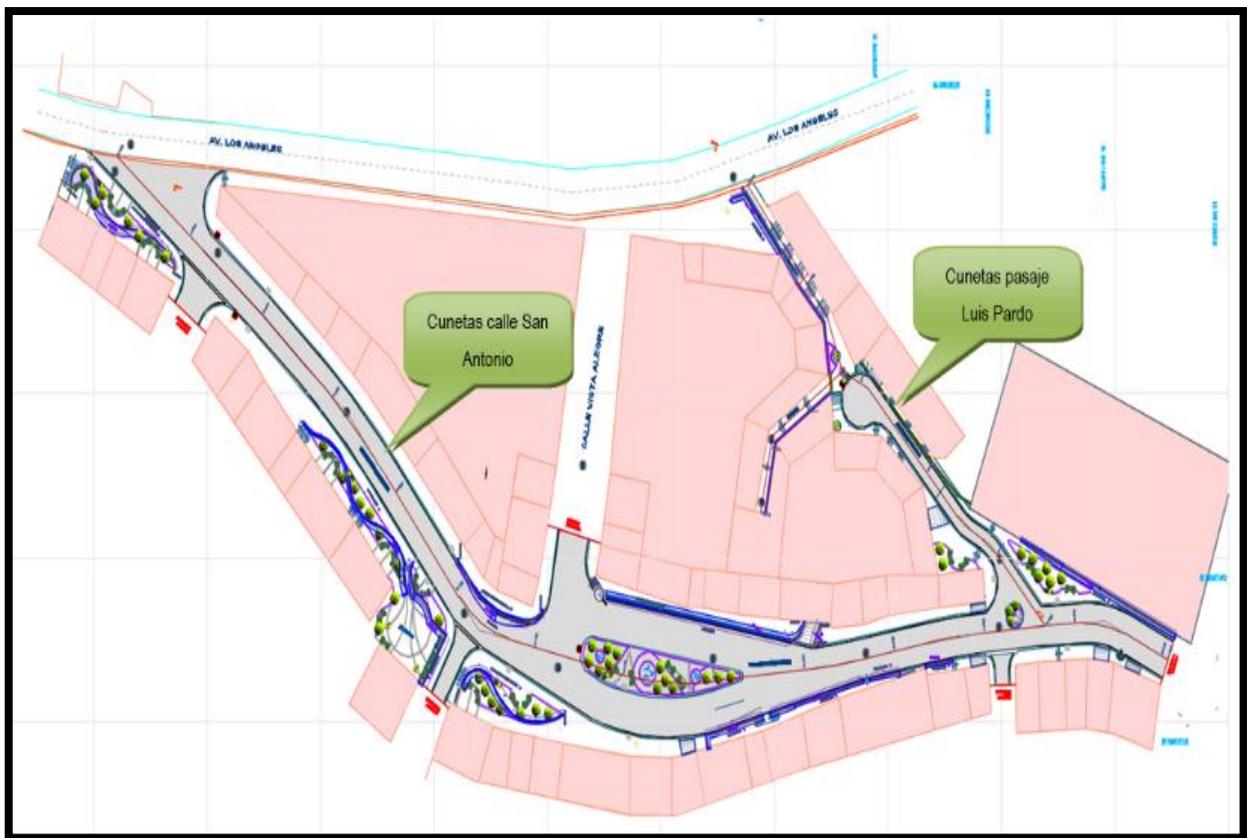
CAPÍTULO IV

Resultados

4.1 Método Racional

En la imagen siguiente se aprecia la ubicación de las 04 Alcantarillas y las cunetas que se van a dimensionar.

Figura 10: Cunetas a dimensionar.



Fuente: Municipalidad de Pasco.

Aplicación del Método Racional

Estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente c (Coeficiente de escorrentía), estimado sobre la base de las características de la cuenca. Muy usado para cuencas, $A < 10 \text{ Km}^2$. Considerar que la duración de P es igual a t_c .

La descarga máxima de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = 0.278 CIA$$

Q : Descarga máxima de diseño (m^3/s)

C : Coeficiente de escorrentía

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A : Área de la cuenca (Km^2)

4.2 Diseño de cunetas

Área

Es la proyección horizontal de la superficie de drenaje de cada microcuenca, (o zona delimitada) que tiene un área determinada.

En el presente estudio se cuenta con Calles promedio, para las cuales será indispensable cunetas, se propone área referencial promedio: 1.00 has.

Longitud del cauce

Es la longitud del cauce principal de la microcuenca desde el punto más bajo hasta el punto más alejado. En el presente estudio se cuenta con Calles promedio, para las cuales será indispensable cunetas, se propone área referencial promedio: 200 ml.

Elevación media de la sub cuenca

Es la elevación correspondiente a un porcentaje de área igual al 50% acumulado arriba de dicha elevación.

Pendiente de la cuenca

Esta característica controla en buena parte la velocidad con que se da la escorrentía principal, influyendo en el tiempo de concentración de las aguas en un determinado punto del cauce y su determinación no es sencilla.

En el presente estudio se cuenta con Calles promedio, para las cuales será indispensable cunetas, se propone pendiente referencial promedio: 3.00%.

Tabla 24: Intensidades máximas.

Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	30.4	198.18	0.449	5.274	15.61
5	37.4	189.58	0.523	8.199	29.01
10	42.0	198.30	0.544	9.867	36.77
25	47.9	207.89	0.569	12.172	48.15
50	52.4	214.24	0.586	12.172	50.18
100	56.8	220.05	0.602	16.007	68.58
CALCULO DE "n" y DE "k"					
Para Tr = 2					
$i = k / d^n$					
d =	24 horas				
d =	720 horas				
Para Tr = 2					
	$k / 24^n$	=	1.27	(1)	
	$k / 720^n$	=	0.28	(2)	
Resolviendo simultaneamente 1 y 2					
	30^n	=	4.60		
	n	=	0.449		
	k	=	5.274		
Para Tr = 5					
	$k / 24^n$	=	1.56	(1)	
	$k / 720^n$	=	0.26	(2)	
	30^n	=	5.92		
	n	=	0.523		
	k	=	8.199		
Para Tr = 10					
	$k / 24^n$	=	1.75	(1)	
	$k / 720^n$	=	0.28	(2)	
	30^n	=	6.36		
	n	=	0.544		
	k	=	9.867		
Para Tr = 25					
	$k / 24^n$	=	2.00	(1)	
	$k / 720^n$	=	0.29	(2)	
	30^n	=	6.92		
	n	=	0.569		
	k	=	12.172		
Para Tr = 50					
	$k / 24^n$	=	2.18	(1)	
	$k / 720^n$	=	0.30	(2)	
	30^n	=	7.33		
	n	=	0.586		
	k	=	14.036		
Para Tr = 100					
	$k / 24^n$	=	2.37	(1)	
	$k / 720^n$	=	0.31	(2)	
	30^n	=	7.74		
	n	=	0.602		

Fuente: propia.

Cálculo del tiempo de concentración

$$T_c = \left(0.871 * \frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

L= longitud del cauce principal (km) =0.31

H= desnivel (m)= 14.0

Tc= 0.09 horas.

Cálculo de la intensidad máxima:

$$i_2=15.611$$

$$i_5=29.014$$

$$i_{10}=36.766$$

$$i_{25}=48.148$$

$$i_{50}=50.179$$

$$i_{100}=68.578$$

Tabla 25: Cálculo del coeficiente de escorrentía para ser utilizados en el Método Racional.

CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
AREAS URBANAS							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto / Techos	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00

Fuente: Propia.

Tabla 26: Caudales máximos – cuneta Jr. Rigoberto Tufino.

PERIODO DE RETORNO	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	I _{max} 24 hr mm/hr	AREA Ha	CAUDAL m3/seg
5	0.80	29.01	0.95	0.061
25	0.80	48.15	0.95	0.102
50	0.80	50.18	0.95	0.106
FORMULA	Q _i : C.I.A/360			
Q	CAUDAL DE INTENSIDAD DE LLUVIA (M3/Seg.)			
C	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA (ADIMENSIONAL)			
I	INTENSIDAD DE LLUVIA (MM/HORA)			
A	AREA DE INFLUENCIA (Ha)			

Fuente: Propia.

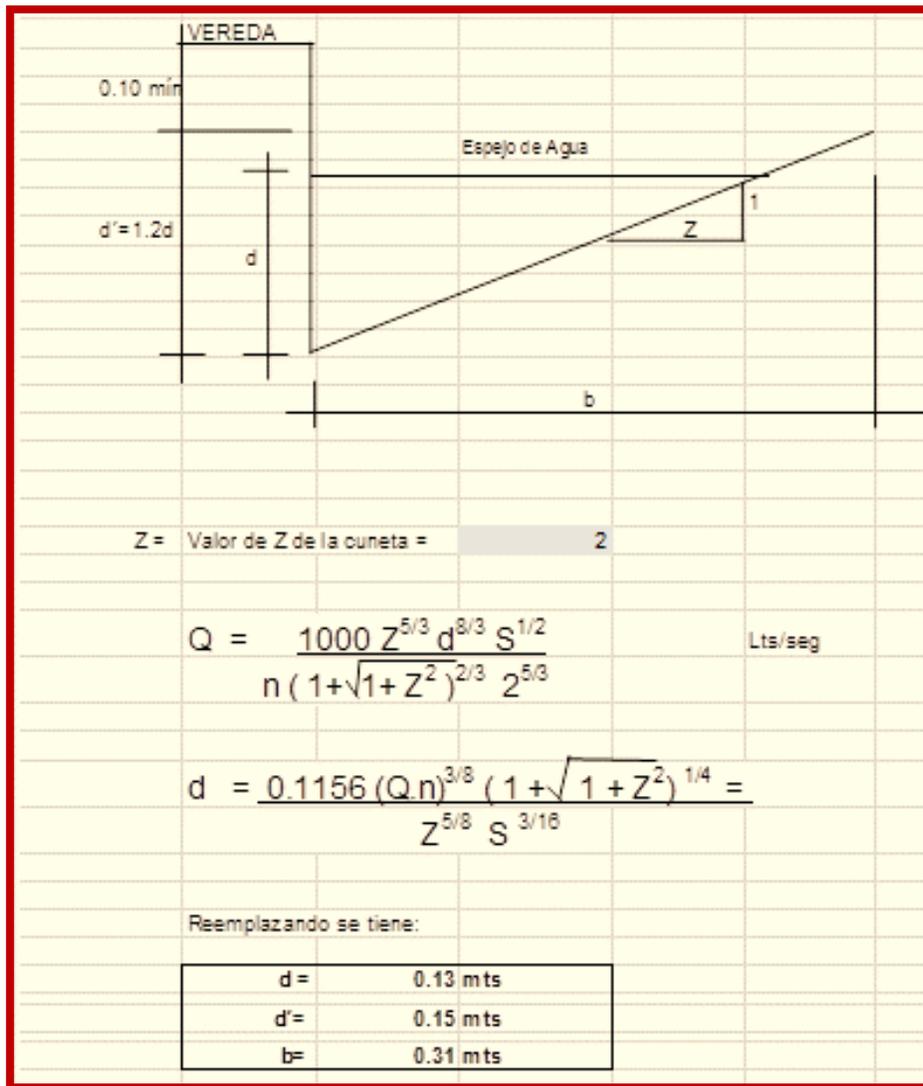
Tabla 27: Caudal promedio.

PERIODO DE RETORNO	COEF. DE ESCORRENTIA	I _{max} x 24 hor mm / hr	AREA Ha	CAUDAL m3/seg
5	0.8	29.01	0.95	0.06124333
25	0.8	48.15	0.95	0.10165
50	0.8	50.18	0.95	0.10593556

Fuente: Propia.

Con los resultados obtenidos se dimensiona las cuentas de las calles antes señaladas.

Tabla 28: Dimensionamiento de cunetas.



Fuente: Propia.

Para facilitar el proceso constructivo se considerará una cuneta de sección Triángulo Rectángulo d=0.20m y b=0.30m.

CAPÍTULO V

Discusión de resultados

De acuerdo con la evaluación realizada, notamos que existe deficiencia en el sistema de drenaje pluvial, lo cual origina daños y deterioros en el pavimento existente. Por ello resulta sumamente importante la construcción de cunetas que permitan la evacuación correcta del agua, para lo cual se debe realizar un diseño eficiente de esta infraestructura de drenaje pluvial.

Se ha realizado la presente tesis con registros de precipitaciones máximas de 24 horas y mensuales en la estación Cerro de Pasco, con la finalidad de que en el presente estudio se tenga resultados más consistentes y confiables. La intensidad máxima horaria ha sido estimada a partir de la precipitación máxima 24 horas para el mismo periodo de retorno, registrada en la estación que componen las áreas de las Microcuencas correspondientes al drenaje superficial del proyecto en el que se basa la presente tesis.

Según las pruebas de Bondad de Ajuste, al realizar los cálculos del ajuste de Smirnov Kolmogorov, la distribución que mejor se ajusta es la Distribución Log Normal 3 parámetros.

Para poder facilitar los procesos constructivos se ha considerado un diseño de cuneta con forma triángulo rectángulo.

CONCLUSIONES

El método racional estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente c (Coeficiente de escorrentía), estimado sobre la base de las características de la cuenca.

Dentro de los principales parámetros hidrológicos a considerarse en el diseño de cunetas podemos mencionar: la proyección horizontal de la superficie de drenaje de cada microcuenca, la longitud del cauce principal de la microcuenca desde el punto más bajo hasta el punto más alejado, la elevación media de la sub cuenca (elevación correspondiente a un porcentaje de área igual al 50% acumulado arriba de dicha elevación) y la pendiente de la cuenca, que es una característica que controla en buena parte la velocidad con que se da la escorrentía principal.

Siguiendo el procedimiento del método racional se ha realizado el dimensionamiento de la cuneta, definiéndose una cuneta de sección Triangulo rectángulo de $0.20 \times 0.30\text{m}$.

RECOMENDACIONES

En la aplicación del método racional, se recomienda usar para cuencas, un área de la cuenca (A) menor de 10 Km². Así mismo se recomienda, para calcular la descarga máxima de diseño, la expresión: $Q=0.278 CIA$, donde Q es la descarga máxima de diseño, C el coeficiente de escurrimiento, e “I” la intensidad de precipitación máxima horaria.

En lo concerniente a los parámetros hidrológicos, como en la presente tesis se cuenta con calles promedio, se recomienda usar un área referencial promedio de 1.00 has. Así mismo se recomienda usar una pendiente referencial promedia de 3.00%.

Para facilitar el desarrollo del proceso constructivo, se plantea usar cunetas de una sección caracterizada por ser un triángulo – rectángulo.

BIBLIOGRAFÍA

Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación*. Caracas, Venezuela: Episteme – Sexta Edición.

Bernal, J. & Rengifo, J. (2013). *Diseño hidráulico de la red de agua potable y alcantarillado del sector la estación de la ciudad de Ascope-La Libertad* (Trabajo de suficiencia profesional), Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

Carrión, H. & Orellana, C. (2016). *Estudio del sistema de drenaje para la vía Molleturo - Tres Marías - La Iberia, en la provincia del Azuay* (Tesis de Pregrado), Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Delgado, J. & Sánchez, Ll. (2003). *Diseño hidráulico y estructural del sistema de drenaje pluvial urbano del Sector Progreso. Margen izquierda quebrada Choclino, en la banda de Shilcayo* (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.

Rivadeneira, J. (2012). *Diseño del sistema de alcantarillado pluvial del barrio “La Campiña del Inca” Cantón Quito, provincia de Pichincha* (Tesis de Pregrado), Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.

Yañez, E. (2014). *Eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa*
(Tesis de Pregrado), Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.

ANEXOS

Anexo 01

Panel fotográfico

Figura 11: Intersección de la Calle San Antonio – Av. Los Ángeles con Pav. Rígido
Existente iniciando el reconocimiento de campo de dicha zona



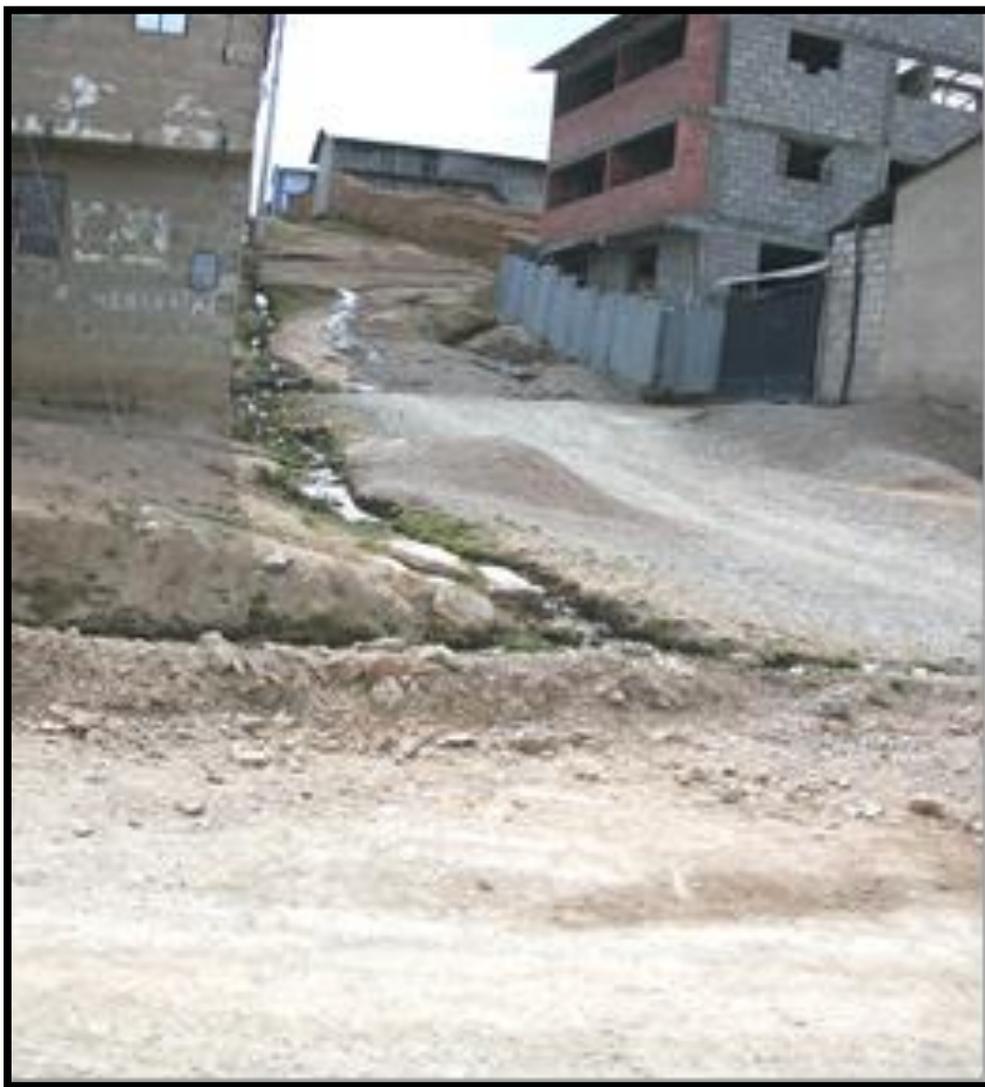
Fuente: Propia.

Figura 12: Calle San Antonio, se observa que hay montículos de piedras en dicha calle.



Fuente: Propia.

Figura 13: Aquí podemos observar la pendiente pronunciada de dicha calle.



Fuente: Propia.

Figura 14: Calle San Antonio, se observa la acumulación de lodo en temporada de lluvias por falta de cunetas.



Fuente: Propia.

Figura 15:Calle San Antonio, podemos observar que hay muros de contención de piedras.



Fuente: Propia.

Figura 16: Intersección Calle San Antonio – Calle Vista Alegre, se observa que una casa se encuentra más abajo del nivel del terreno, también se observa veredas existentes.



Fuente: Propia.

Figura 17: Calle San Antonio – se observa que una casa se encuentra más abajo del nivel del terreno como también veredas existentes.



Fuente: Propia.

Figura 18: Se observa muros de contención de piedra y veredas existentes, las cuales no cuentan con las dimensiones requeridas según la sección vial.



Fuente: Propia.

Figura 19: Calle San Antonio – Cuando transitan los vehículos en tiempo se sequía ocasionan polvareda la cual afecta a los pobladores de dicha zona.



Fuente: Propia.

Figura 20: Se observa la acumulación de lodo en temporada de lluvias y por la inexistencia de cunetas.



Fuente: Propia.

Figura 21: Pasaje Luis Pardo, aquí podemos observar la pendiente pronunciada de dicha calle.



Fuente: Propia.

Figura 22: Pje. Luis Pardo, aquí podemos observar la pendiente pronunciada de dicha calle y que por constantes lluvias este jirón se llena de lodo, el cual imposibilita la circulación de los peatones.



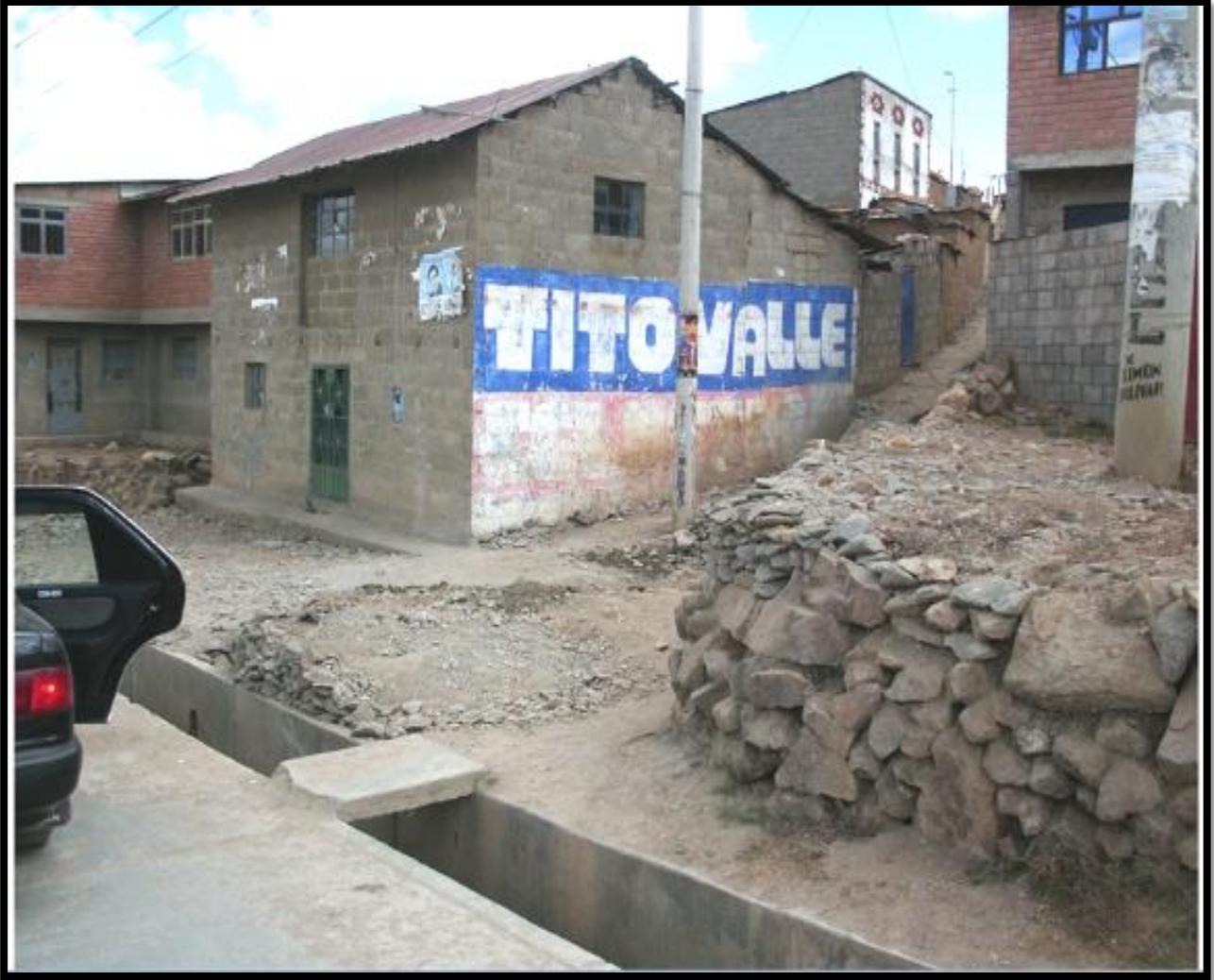
Fuente: Propia.

Figura 23: Intersección del Pje. Luis Pardo – Jr. S/N, no cuenta con cunetas.



Fuente: Propia.

Figura 24: Intersección del Pje. Luis Pardo – Av. Los Angeles con pav. existente, se puede observar muro de contención de piedra.



Fuente: Propia.

Anexo 02

Informe topográfico.

Introducción

El presente estudio presenta parte de los Servicios de Campo y es referido a los Servicios Topográficos, realizados por el consultor, como parte integrante de los estudios definitivos de la obra anteriormente citada.

Los trabajos que integran este estudio reflejan la obtención de información necesaria para las obras a proyectarse y es resultado de los trabajos desarrollados en forma sistemática tanto en campo como en gabinete.

Es importante mencionar que los levantamientos topográficos se efectuaron basándose en una poligonal electrónica cerrada con medida directa con estación total, cuyos puntos de vértices han sido ubicados teniendo como base los puntos inicial y referencia obtenidos con un navegador GPS y apoyados por el plano cartográfico de la ciudad de Cerro de Pasco

Alcance de los servicios

Los Servicios de Campo que conforman este Informe, están basados en la inspección ocular del terreno realizado en la calle san Antonio y el Pasaje Luis Pardo, ejecutados en concordancia a los Términos de Referencia, y coordinaciones efectuadas con el Gerente de Obras del Municipio y las autoridades de la zona urbana.

Y, sobre todo, tomando en cuenta que estos trabajos deben proporcionar la información necesaria para el desarrollo final de los diseños de las diferentes obras a ejecutarse como son: La pavimentación, obras de arte entre otros.

En los levantamientos ejecutados se han procurado obtener todas las informaciones y características necesarias para la ubicación de las obras a proyectarse. El alcance de los servicios comprende los siguientes:

Levantamientos de obras lineales

Estos trabajos comprenden el levantamiento de las fajas de las líneas de los flujos de agua para el diseño de las obras de arte (cunetas y alcantarillas).

Levantamiento de obras no lineales

Estos trabajos comprenden los trabajos topográficos necesarios para el diseño de las áreas verdes y tratamiento paisajístico

Levantamiento planimétrico de calles

Estos trabajos fueron ejecutados con la finalidad de los diseños de los pavimentados.

Metodología de trabajo

Poligonal de Control Básico Horizontal y Vertical

En función a la importancia de los Estudios a ejecutarse como los Diseños Definitivos de los pavimentos, tratamientos paisajísticos y obras de arte, y para el cumplimiento de lo requerido en los Términos de Referencia se han empleado equipos electrónicos de alta precisión como son la Estacione Total y GPS, en las que se han almacenado información codificada que luego es convertida en datos que se suministran a programas de cómputo para la elaboración de planos vectorizados en sistemas CAD (AUTOCAD LAND, CIVIL DESIGN)

Para el caso de la poligonal de control se realizó con un equipo de Estación Total, básicamente para poder obtener niveles de error mínimos. Para ello, se tomaron lecturas de distancia repetida y en modo fino del instrumento lo que significa que, en un intervalo de tiempo de 2,5 segundos por visada, utilizando de este tiempo el promedio de lecturas computarizadas, cada una de esas medidas con rayos infrarrojos de onda corta, viajando a la velocidad de la luz dan una cantidad considerable de precisión al desnivel resultante, el cual se afecta principalmente por la posición y el número de prismas utilizados. Además, se realizaron los ajustes por temperatura y presión en el momento de la colección de datos.

La metodología resumida fue la siguiente:

Se ejecutó una poligonal con medida directa, utilizándose para ello una Estación Total SOUTH NTS 555 de aproximación 1" con colector interno de información, cada medida se realizó en modo fino (ya descrito). En series de tres visadas cada una, de las cuales el software de cálculo tomó el promedio final, de esta manera se reduce al mínimo el error del operador y logrando errores de cierre dentro de lo permitido por los términos de referencia los cuales son:

Tabla 29: Ubicación e Implantación de Hitos

Descripción	Control con Estación Total	
	Cuarto Orden	Poligonales Secundarias
Límite de error Acimutal		
Máximo error en la medición de distancia		
Cierre después del ajuste Acimutal	$15'' (N)^{1/2}$	$30'' (N)^{1/2}$
Criterio de cálculo y compensación	1:10,000 1:5,000 MC ó Crandall	1:5,000 1:3,000 MC ó Crandall

MC = Mínimo cuadrados

Fuente: Propia.

N = Número de vértices

Se implantaron vértices de la poligonal sin exceder de una distancia promedio de 200 m asegurando su ínter visibilidad. Estos vértices se materializaron con pintura en las superficies previamente definidas (buzones existentes) para su fácil ubicación en obra.

Todos los vértices de la poligonal se nivelaron y contra nivelaron geoméricamente, empleando niveles automáticos y con los siguientes criterios

Tabla 30: Nivelación Geométrica

Descripción	Nivelación Diferencial
	Segundo Orden
Tolerancia	6 mm (N) ^ 1/2
Máxima diferencia entre nivelación y contra nivelación x 1 Km.	6 mm
Máxima extensión de visada	60 m
Equipo accesorios utilizados	Nivel Automático Mira de Aluminio con nivel incorporado
Apoyo de mira	Bases o puntos fijos
Distancia máxima entre BM de control en la obra	300 m

N = Distancia en Km.

Fuente: Propia.

Apoyados en estas poligonales de control, se procedió a realizar los levantamientos de obras lineales, no lineales y áreas de calles.

Levantamientos topográficos

Para los trabajos de levantamiento topográfico de las obras lineales, no lineales y calles se siguió el siguiente procedimiento:

Apoyados en los vértices de las Poligonales de Control, se levantaron en campo todos los detalles planimétricos compatibles con la escala de presentación de los servicios, tales como: vivienda, veredas, carreteras, postes. Así mismo, se han tomado en cuenta los niveles de agua de los canales existentes. Para ello se hizo uso de la Estación Total y un nivel automático; los cuales se apoyaron en una red de poligonales ajustadas y calculadas previamente con un equipo de Estación Total.

Se caracterizaron todos los puntos bajos y puntos altos, tomados a partir de la lectura de puntos intermedios entre las plantillas.

Toda la información obtenida se ha procesado empleando programas, con un software de cálculo en el caso de la Estación Total (indicado en el equipo de software utilizado). Los puntos obtenidos con un GPS han servido para la orientación de los azimutes y las coordenadas se han transportado topográficamente hacia todos los puntos mediante las poligonales de control.

Los puntos de coordenadas y con el empleo de los programas indicados en el punto N° 3, se procedieron a modelar las superficies topográficas para finalmente obtener las curvas de nivel.

Estos trazos que generan los planos, han sido procesados en dibujos Vectorizados en AutoCAD LAND. Los archivos están en unidades métricas.

Los puntos son incluidos como bloques en la capa Puntos Topográficos y controlada en tres tipos de información básica (número de punto, descripción y elevación).

Características de los equipos utilizados

Equipo de Colección de Datos

01 Estación Total SOUTH NTS 360R (Aprox. 1")

Nivel King automático

01 Mira de aluminio retráctil de 4m.

01 Porta prisma

01 Prisma

01 Wincha de fibra de vidrio de 30 m

01 Brújula

02 Radio Motorota T-5000.

01 Automóvil

Equipo de Cómputo

01 Computadora Quad dual core 2.4 Mhz. y 2 Gb. de memoria Ram

01 Monitor LG 22" LCD color

01 Plotter HP 110 plus

01 Disco HDD de 500 GB

Equipo de Software Topográfico

Sistema NTS-COM, AutoCAD Land 2002

- Módulos: Básico y colector de datos
- Módulos: Sistema Data Collection, SOUTH

Brigadas de Campo y Gabinete

01 Brigada de campo, que consta de 01 Topógrafo, 01 porta prisma y un libretista

01 Topógrafo especializado en procesar información de campo, colección de equipo digital y planos computarizados (puentes, carreteras, obras de saneamiento, etc.). Un automóvil para el traslado del personal de campo (cuadrilla de topografía) y equipos topográficos.

Trabajos ejecutados

Cuantificación de los Servicios

Tabla 31: Relación cuantificada de los trabajos ejecutados.

Ítem	Descripción	Tipo de Levantamiento	Unidad	Cantidad
1	OBRAS LINEALES PROYECTADAS			
1.1	CALLES			
1.2.1	Pavimento rígido	Faja	m.	769.63
2	OBRAS NO LINEALES PROYECTADAS			
2.1	AREAS VERDES			
2.1.1	Tratamiento paisajístico	Área	m2	202.01
3	SONDAJES GEOTÉCNICOS, COTAS Y COORDENADAS			
3.2	PAVIMENTO RIGIDO	Puntos	und	04

Fuente: Propia.

Puntos Topográficos

Estos puntos fueron levantados como nudos topográficos orientados a generar las curvas de nivel. Se utilizó el equipo de Estación Total para poder ubicarlos en campo. Estos puntos fueron apoyados en coordenadas y cotas desde las poligonales existentes para los levantamientos ya descritos.

Anexo 3

Consideraciones de seguridad en la construcción.

Generalidades

Objeto

El presente estudio especifica las consideraciones mínimas indispensables de seguridad a tener en cuenta en las actividades de construcción, con el objeto de prevenir los riesgos ocupacionales y proteger la salud e integridad física y mental de los trabajadores que laboran en obras de construcción.

Campo de aplicación

El presente estudio se aplica a todas las actividades de construcción que se desarrollen en obras de edificación, obras públicas, obras de montaje y desmontaje, y cualquier operación incluido el transporte en las obras, desde la planificación hasta la conclusión del proyecto. La presente Norma se aplica a todo el ámbito del proyecto, en concordancia con la Resolución Suprema N° 021 – 83 TR del 23 de marzo de 1983.

Definiciones

Para los propósitos de este estudio se aplican las siguientes definiciones:

Andamio: Estructura provisional con estabilidad, fija, suspendida o móvil, y los componentes en el que se apoye, que sirve de soporte en el espacio a trabajadores, equipos, herramientas y materiales, con exclusión de los aparatos elevadores.

Construcción: Abarca las siguientes acepciones: Edificación, incluidas las excavaciones y las construcciones provisionales, las transformaciones estructurales, la renovación, la reparación, el mantenimiento (incluidos los trabajos de limpieza y pintura), la restauración y la demolición de todo tipo de edificios y estructuras. Obras de uso y servicio público: movimiento de tierras, trabajos de demolición, obras viales, cunetas, terminales, intercambios viales, aeropuertos, carreteras y autopistas, ferrocarriles, puentes, túneles, trabajos de servicios como: comunicaciones, desagüe, alcantarillado y suministro de agua y energía. Montaje electromecánico, montaje y desmontaje de edificios y estructuras de elementos prefabricados. Procesos de preparación, habilitación y transporte de materiales.

Empleador: Abarca las siguientes acepciones: Persona natural o jurídica que emplea bajo cualquier modalidad a uno o varios trabajadores en una obra, y según el caso: el contratista principal, subcontratista y trabajadores independientes.

Entibaciones: Apuntar con madera las excavaciones que ofrecen riesgo de hundimiento.

Estrobos: Cabo unido por sus chicotes que sirve para suspender cosas pesadas.

Eslingas: Cuerda trenzada prevista de ganchos para levantar grandes pesos.

Lugar de trabajo: Sitio en el que los trabajadores deban estar o a los que hayan de acudir a causa de su trabajo, y que se halle bajo control de un empleador.

Obra: Cualquier lugar o jurisdicción en el que se realice alguno de los trabajos u operaciones

Persona competente: Persona en posesión de calificaciones adecuadas, tales como una formación apropiada y conocimientos y experiencia para ejecutar funciones específicas en condiciones de seguridad.

Representante de los trabajadores (o del empleador): Persona elegida por las partes y con conocimiento de la autoridad oficial de trabajo, autorizada para ejecutar acciones y adquirir compromisos establecidos por los dispositivos legales vigentes, en nombre de sus representados.

Trabajador: Persona empleada en la construcción.

Inspección del trabajo

Para los efectos del control de cumplimiento de la presente Norma se aplicará lo dispuesto en la Ley General de Inspección del Trabajo y Defensa del Trabajador - Decreto Legislativo N° 910, del dieciséis de marzo del dos mil uno.

Requisitos del lugar de trabajo

Consideraciones básicas Generales

El lugar de trabajo debe reunir las condiciones necesarias para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, transeúntes, terceros y propiedades adyacentes. Se mantendrá en buen estado y convenientemente señalizadas, las vías de acceso a todos los lugares de trabajo. El empleador designará, delimitará y señalizará las diferentes áreas de la obra, que a continuación se indican, tomando en consideración la seguridad y la salud de los trabajadores

Área administrativa

Área de servicios (SSHH, comedor y vestuarios)

Área de operaciones de obra.

Área de preparación y habilitación de materiales y elementos prefabricados.

Área de almacenamiento de materiales

Área de parqueo de equipos

Vías de circulación peatonal y de transporte de materiales

Guardianía

Áreas de acopio temporal de desmonte y de desperdicios.

Asimismo, se deberá programar los medios de seguridad apropiados, la distribución y la disposición de cada uno de los elementos que los componen dentro de los lugares zonificados. Se adoptarán todas las precauciones necesarias para proteger a las personas que se encuentren en la obra y sus inmediaciones, de todos los riesgos que puedan derivarse de la misma.

El ingreso y tránsito de personas ajenas a la obra deberá ser utilizando el equipo de protección personal necesario, y será reglamentado por el responsable de Seguridad de la Obra. Se debe prever medidas para evitar la producción de polvo en la zona de trabajo, con la aplicación de paliativos de polvos y en caso de no ser posible utilizando equipos de protección personal y protecciones colectivas.

Instalaciones Eléctricas Provisionales

Las instalaciones eléctricas provisionales para la obra deberán ser ejecutadas y mantenidas por personal calificado. Toda obra deberá contar con “línea de tierra” en todos los circuitos eléctricos provisionales. La línea de tierra deberá descargar en un pozo de tierra de características adecuadas para el tamaño de la obra y según lo establecido en el Código Nacional de Electricidad.

Primeros auxilios

El empleador será responsable de garantizar en todo momento la disponibilidad de medios adecuados y de personal con formación apropiada para prestar primeros auxilios. Teniendo en consideración las características de la obra, se dispondrán las facilidades necesarias para garantizar la atención inmediata, debiendo por lo menos contar con un botiquín de primeros auxilios el mismo que deberá contar con el equipamiento que se indica en el anexo 01. De ser necesario, la evacuación a centros hospitalarios de las personas heridas o súbitamente enfermas.

Servicios de Bienestar

En el área asignada para la obra, se dispondrá, en función del número de trabajadores y de las características de la obra.

Suministro de agua potable.

Inodoros o baños portátiles para hombres y para mujeres.

Duchas y lavatorios para hombres y para mujeres.

Vestidores para hombres y para mujeres.

Comedores.

Para obras ubicadas dentro y fuera del radio urbano, y según sus características, el empleador establecerá las condiciones para garantizar la alimentación de los trabajadores, tanto en calidad como en higiene.

Comité de Seguridad

En toda obra se formará el comité de seguridad que estará presidido por el responsable, según al siguiente detalle:

Obra de autoconstrucción: el responsable de la obra es el propietario o el maestro de obra.

Obra de contrato: Hasta 20 trabajadores, el profesional responsable

De 20 a 100 trabajadores el profesional responsable y el representante de los trabajadores.

Más de 100 trabajadores: Un ingeniero especialista en seguridad, el ingeniero responsable y el representante de los trabajadores.

Información y Formación

Se facilitará a los trabajadores:

Información sobre los riesgos de seguridad y salud por medio de vitrina de información general, folletos, avisos gráficos, etc.

Instrucción para prevenir y controlar los riesgos de accidentes.

Manuales de seguridad que ayuden a prevenir y controlar los riesgos de accidentes.

Señalización

Se deberán señalar los sitios indicados por el responsable de seguridad, de conformidad a las características de señalización de cada caso en particular.

Estos sistemas de señalización (carteles, vallas, balizas, cadenas, sirenas, etc.) se mantendrán, modificarán y adecuarán según la evolución de los trabajos y sus riesgos emergentes.

Se deberá señalar adecuadamente la presencia de obstáculos que pudieran originar accidentes. En las horas diurnas se utilizarán barreras, o carteles indicadores que permitan alertar debidamente el peligro.

En horas nocturnas se utilizarán, complementariamente balizas luminosas, en lo posible intermitentes. En horas nocturnas queda prohibido colocar balizas de las denominadas de fuego abierto. Las señales deberán cumplir lo indicado en el Código Internacional de Señales de Seguridad.

Para las obras en la vía pública deberá cumplirse lo indicado por la normativa vigente del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

Orden y limpieza

La obra se mantendrá constantemente limpia, para lo cual se eliminarán periódicamente los desechos y desperdicios, los que deben ser depositados en zonas específicas señaladas y/o en recipientes adecuados debidamente rotulados.

Plan de seguridad y salud

Toda obra de construcción, deberá contar con un plan de seguridad y salud que garantice en todo momento y durante el desarrollo de todas y cada una de las actividades previstas en el presupuesto de obra y presupuestos adicionales que se deriven del principal, la integridad física y salud de sus trabajadores, sean estos de contratación directa o subcontrata y toda persona que de una u otra forma tenga acceso a la obra.

El plan de seguridad y salud, deberá integrarse al proceso de construcción.

Estándares de seguridad y salud y procedimientos de trabajo

Previo a la elaboración de estándares y procedimientos de trabajo, se deberá hacer un análisis de riesgos de la obra, con el cual se identificarán los peligros asociados a cada una de las actividades y se propondrán las medidas preventivas para eliminar o controlar dichos peligros.

Luego se identificarán los riesgos que, por su magnitud, sean considerados “Riesgos Críticos” los mismos que deberán ser priorizados y atendidos en forma inmediata.

Programa de capacitación

El programa de capacitación deberá incluir a todos los trabajadores de la obra, profesionales, técnicos y obreros, cualquiera sea su modalidad de contratación.

Dicho programa deberá garantizar la transmisión efectiva de las medidas preventivas generales y específicas que garanticen el normal desarrollo de las actividades de obra, es decir, cada trabajador deberá comprender y ser capaz de aplicar los estándares de Seguridad y Salud y procedimientos de trabajo establecidos para los trabajos que le sean asignados.

Mecanismos de supervisión y control

La responsabilidad de supervisar el cumplimiento de estándares de seguridad y salud y procedimientos de trabajo, quedará delegada en el jefe inmediato de cada trabajador.

El responsable de la obra debe colocar en lugar visible El Plan de Seguridad para ser presentado a los Inspectores de Seguridad del Ministerio de Trabajo.

Declaración de accidentes y enfermedades

En caso de accidentes de trabajo se seguirán las pautas siguientes:

Informe del Accidente

El responsable de seguridad de la obra, elevará a su inmediato superior y dentro de las 24 horas de acaecido el accidente el informe correspondiente. El informe de accidentes se remitirá al Ministerio de Trabajo y Promoción Social

Formato para registro de índices de accidentes

El registro de índices de accidentes deberá llevarse mensualmente.