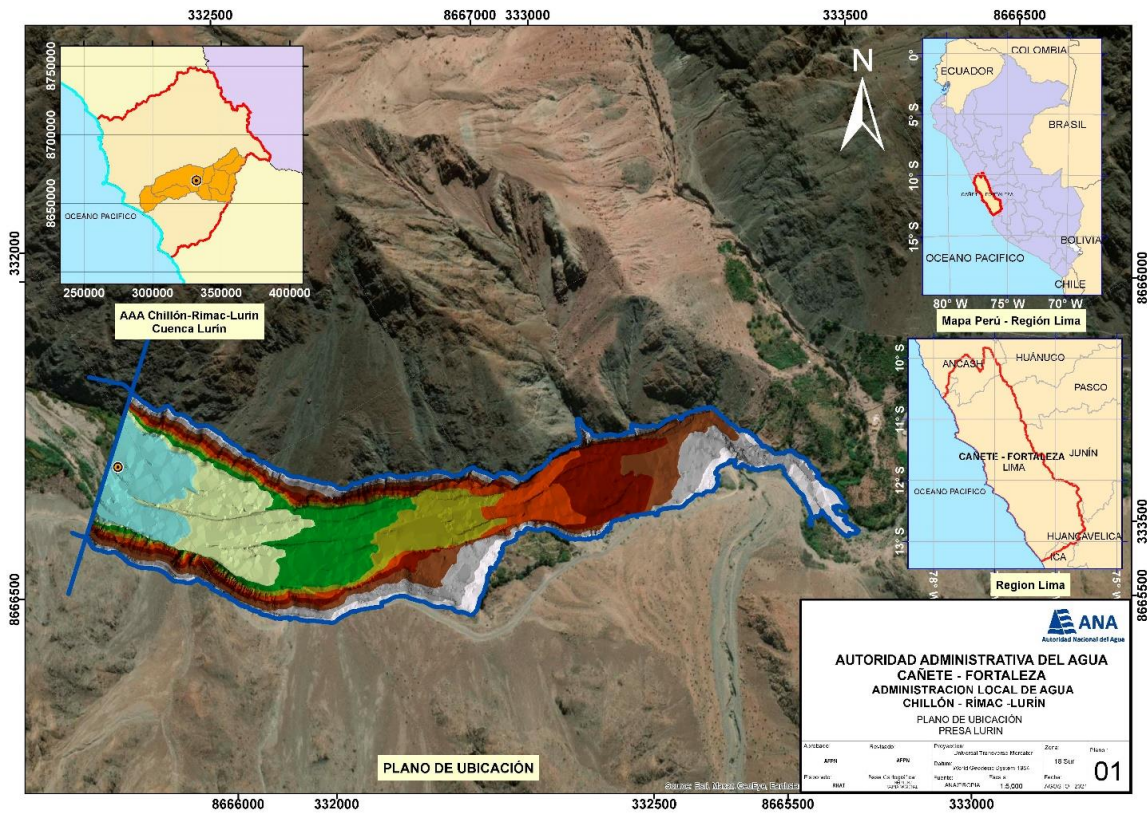




“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

# MEMORIA RESUMEN DEL ESTUDIO, HIDROLOGICO PARA EL REPRESAMIENTO PALMA ALTA distrito de Antioquia, provincia de Huarochirí – Lima.



Fuente: Estudio hidráulico – Mapa de ubicación de la

**METODOLOGÍA** : Modelamiento Hidrológico  
**UBICACIÓN** : Distrito : Antioquia  
Provincia : Huarochirí  
Región : Lima



## CONTENIDO

I. GENERALIDADES.....	5
1.1. Introducción .....	5
1.2. Objetivos .....	5
1.2.1.Objetivo general. ....	5
1.2.2.Objetivo específico. ....	5
1.3. Metas .....	5
II. ANALISIS.....	5
2.1. Ubicación: Política, Geográfica e hidrográfica.....	5
2.2. Descripción del punto de regulación. ....	6
2.2.1.Climatología. ....	6
2.2.2.Hidrografía.....	6
2.2.3.Parámetros geomorfológicos. ....	7
2.2.4.Histograma de frecuencia altimétrica.....	7
2.3. Identificación y descripción de las estaciones pluviométricas.....	8
2.4. Polígono de Thiessen. ....	8
2.5. Descripción de las estaciones. ....	9
2.6. Hidrometría.....	10
2.7. Información pluviométrica completada y consistente. ....	11
2.8. Ecuación regional de la precipitación.....	12
2.9. Precipitación promedia areal .....	13
2.10. Oferta hídrica.....	13
2.11. Modelo determinístico – estocástico de Lutz Scholz .....	14
2.11.1. Disponibilidad hídrica al 75%.....	15
2.12. Caudal ecológico. ....	15
2.13. Demanda hídrica con respecto al almacenamiento. ....	15
2.13.1. Coeficiente del cultivo (Kc).....	15
2.13.2. Evapotranspiración potencial .....	15
2.13.3. Precipitación efectiva .....	16
2.13.4. Eficiencia de riego.....	17
2.13.5. Demanda hídrica.....	17
2.14. Determinación del volumen de almacenamiento.....	17
2.15. Balance hídrico. ....	19
2.16. Análisis de máximas Avenidas.....	19
2.16.1. Modelos de precipitación a escorrentía.....	19
2.16.2. Determinación de caudal de máxima avenida.....	22
III. CONCLUSIONES. Y RECOMENDACIONES. ....	24
3.1. Conclusiones .....	24
3.2. Recomendaciones .....	26
IV. ANEXOS.....	26



*“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”*

## TABLA

Tabla N° 1. Temperatura media mensual .....	6
Tabla N° 2. Parámetros morfométricos. ....	7
Tabla N° 3. Estación meteorológica.....	8
Tabla N° 4. Análisis visual de hidrograma de la estación hidrológica Antapucro .....	10
Tabla N° 5. Estaciones meteorológicas seleccionadas para la zona de estudio.....	12
Tabla N° 6. Precipitación promedia mensual areal en toda la cuenca.....	13
Tabla N° 7. Disponibilidad hídrica de la intercuenca del río Lurin.....	14
Tabla N° 8. Caudales de oferta al 75% de persistencia en la cuenca Lurín – garganta de Palma.....	15
Tabla N° 9. Caudales ecológicos de la cuenca Lurín. ....	15
Tabla N° 10. Coeficiente de cultivo palto y manzano.....	15
Tabla N° 11. Coeficiente de cultivo ponderado.....	15
Tabla N° 12. Resumen Evapotranspiración Potencial para el proyecto .....	16
Tabla N° 13. Precipitación efectiva .....	16
Tabla N° 14. eficiencia de riego.....	17
Tabla N° 15. Demanda hídrica.....	17
Tabla N° 16. Valores curva altura – volumen – área – presa Palma Alta.....	18
Tabla N° 17. Curva altura - Área - Volumen del embalse .....	19
Tabla N° 18. Balance hídrico (Hm3). ....	19
Tabla N° 19. Resultados del test Kolmogorov – Smirnov: Estación Antioquia .....	20
Tabla N° 20. Resultados del test Kolmogorov – Smirnov: Estación Escomarca. ....	20
Tabla N° 21. Resultados del test Kolmogorov – Smirnov: Estación Huarochirí.....	20
Tabla N° 22. Resultados del test Kolmogorov – Smirnov: Estación Langa. ....	20
Tabla N° 23. Resultados del test Kolmogorov – Smirnov: Estación Matucana. ....	20
Tabla N° 24. Resultados del test Kolmogorov – Smirnov: Estación Parac.....	20
Tabla N° 24. Resultados del test Kolmogorov – Smirnov: Estación Tuna.....	20
Tabla N° 26. Precipitación máxima en 24 hr – Antioquia. ....	21
Tabla N° 27. Precipitación máxima en 24 hr – Escomarca.....	21
Tabla N° 28. Precipitación máxima en 24 hr – Huarochirí. ....	21
Tabla N° 29. Precipitación máxima en 24 hr – Langa.....	21
Tabla N° 30. Precipitación máxima en 24 hr – Matucana. ....	22
Tabla N° 31. Precipitación máxima en 24 hr – Parac. ....	22
Tabla N° 31. Precipitación máxima en 24 hr – Tuna.....	22
Tabla N° 33. Hidrograma de máxima avenida – periodo de retorno de 100, 500 y 1000 años.....	23

## IMAGENES

Figura N° 1. Hidrografía de la cuenca en estudio.....	7
Figura N° 2. Curva hipsométrica de frecuencia altimétrica. ....	8
Figura N° 3. Polígono de Thiessen.....	9
Figura N° 4. Variabilidad media mensual de las estaciones.....	9
Figura N° 5. Mapa de precipitación media anual.....	10



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



*“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”*

Figura N° 6. Precipitación total mensual – Completación y consistencia para la estación San Lazaro de Escomarca. ....	11
Figura N° 7. Precipitación total mensual – Completación y consistencia para la estación Santiago de Tuna.....	11
Figura N° 8. Precipitación total mensual – Completación y consistencia para la estación San José de Parac. ....	11
Figura N° 9. Precipitación total mensual – Completación y consistencia para la estación Huarochiri.....	12
Figura N° 10. Curva altitud - precipitación .....	12
Figura N° 11. Evapotranspiración método hargreaves.....	16
Figura N° 12. Cálculo del caudal máximo para distintos periodos retorno.....	23



*“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”*

## **I. GENERALIDADES**

### **1.1. Introducción**

La gestión de los recursos hídricos afronta múltiples problemas, además de la escasez, destacándose su inadecuada administración orientada a mantener y/o incrementar su disponibilidad en el tiempo. Esta gestión se va complicando aún más, con el incremento de la demanda, requiriendo herramientas que faciliten la toma de decisiones y den respuesta rápida a requerimientos de información sobre la oferta y demanda, tanto específica como a nivel de cuenca. Las fuentes de agua no se presentan de forma aislada e independiente, pues generalmente una forma proviene de un estado anterior y sea que provengan de ríos, lagunas, embalses o transvases, las aguas terminan en un sistema de conducción, desde donde se distribuirá a los Diferentes usuarios.

La Autoridad Administrativa de Agua Cañete – Fortaleza, ha determinado la necesidad de desarrollar un proyecto de “Estudio de identificación del punto de regulación de la cuenca Lurín – represamiento Palma Alta”, identificando previamente un lugar adecuado para realizar una presa. Es debido a ello que se requiere una intervención en el corto y mediano plazo, con acciones coordinadas entre instituciones locales y actores de la cuenca, con el objetivo de contar con un documento técnico que sustente el espacio que ocupará la Presa localizada en Palma Alta, como punto de regulación y almacenamiento en temporadas de estiaje.

### **1.2. Objetivos**

#### **1.2.1. Objetivo general.**

- Elaborar el estudio básico de hidrología para el proyecto “Estudio de identificación de punto de regulación para afianzamiento hídrico en el ámbito de la AAA-Cañete Fortaleza”.

#### **1.2.2. Objetivo específico.**

- Determinar la oferta hídrica con respecto al punto de regulación específica en la localidad Palma Alta.
- Determinar la disponibilidad de la fuente de agua de proyecto al 75% de persistencia.
- Determinar los caudales máximos para periodos de retorno específicos.

### **1.3. Metas**

Realiza el estudio hidrológico determinar la disponibilidad hídrica de la fuente de agua del proyecto.

## **II. ANALISIS**

### **2.1. Ubicación: Política, Geográfica e hidrográfica.**

- **Ubicación Política.**

**Distrito:** Antioquia

**Provincia:** Huarochirí

**Región:** Lima



*“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”*

- **Ubicación Geográfica.**

**Sector Palma Alta**

Coordenadas UTM (WGS 84) Zona 18 sur.

331 952 m E – 8 666 624 m N – Altura 1323 msnm.

- **Ubicación Hidrográfica.**

Nivel 1 : UH 1 (Vertiente del pacifico)

Nivel 2 : UH 13

Nivel 3 : UH 137

Nivel 4 : UH 1375

Nivel 5 : UH 13755

Nivel 6 : UH 137553

Nivel 7 : UH 1375534 – Cuenca Lurín

## 2.2. Descripción del punto de regulación.

### 2.2.1. Climatología.

a. Temperatura.

Se han utilizado los registros de temperatura máxima mensual en cada estación, establecido para cada mes de cada año la temperatura máxima como promedio de temperaturas máximas mensuales.

Tabla N° 1. Temperatura media mensual

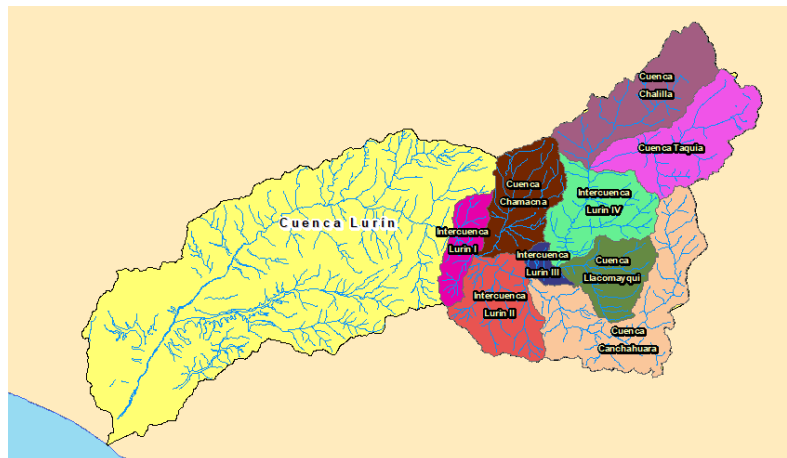
TEMPERATURA MEDIA MENSUAL													
ESTACIONES	MESES												MEDIA
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Área de Estudio	15.08	15.16	14.61	14.86	15.04	15.01	14.65	14.81	15.37	15.25	15.14	14.77	14.98

### 2.2.2. Hidrografía

La cuenca en estudio, está dividida en 9 subcuencas (Intercuenca Lurín I, Intercuenca Lurín II, Intercuenca Lurín III, Intercuenca Lurín IV, Canchahuara, Chamacna, Llacomayqui, Chalilla y Taquia), perteneciente a la cuenca principal del río Lurín y forma parte de las cuencas hidrográficas que descargan en la vertiente del Océano Pacífico.

“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Figura N° 1. Hidrografía de la cuenca en estudio



### 2.2.3. Parámetros geomorfológicos.

Se ha definido los parámetros físicos de la cuenca de estudio haciendo uso de la herramienta denominada ArcGis, con información del modelo de elevación digital (DEM) ALOS Palsar de resolución 12.5x12.5 m, la altitud topográfica de la cuenca en estudio varía desde los 1363 msnm hasta 5500 msnm.

volumen de escorrentía, proporcionado la tormenta que cubre el área completa. La cuenca es delimitada por la unión de puntos altos que separan las cuencas de drenaje en salidas diferentes. Debido al efecto de flujo subsuperficial (interflujo y flujo subterráneo), la división de cuenca hidrológica no podría estrictamente coincidir con la división topográfica de la cuenca. La división hidrológica, sin embargo, es menos tratable que la división topográfica; por lo que, este último es preferido para uso práctico.

Tabla N° 2. Parámetros morfométricos.

Parámetros	Unidad	Cuenca Canchahuara	Cuenca Chalilla	Cuenca Chamacna	Cuenca Llacomayqui	Cuenca Taquia	Intercuenca Lurín I	Intercuenca Lurín II	Intercuenca Lurín III	Intercuenca Lurín IV
Área	Km <sup>2</sup>	173.11	124.77	89.16	66.53	126.06	42.51	91.76	15.03	99.63
Perímetro	Km	98.34	63.81	45.28	39.29	62.64	36.24	44.73	19.27	51.77
Longitud del cauce más largo	Km	42.47	27.32	19.42	14.32	62.64	12.01	18.77	7.08	19.07
Pendiente	m/m	0.34	0.44	0.46	0.37	0.49	0.61	0.46	0.65	0.08
Elevación Mínima	msnm	4851	3025	1528	2063	3031	1363	1532	1801	2048
Elevación Máxima	msnm	1801	5289	4655	4709	5293	3548	3785	3622	4747
Elevación Media	msnm	3840.36	4420.69	3275.47	3805.91	4425.95	2367	2757.2	2670.88	3659.65
Coefficiente de compacidad	-	2.09	1.60	1.34	1.35	1.56	1.56	1.31	1.39	1.45
Factor de forma	-	0.10	0.17	0.24	0.32	0.19	0.30	0.26	0.30	0.27
Coefficiente de Masividad	-	0.02	0.04	0.04	0.06	0.04	0.06	0.03	0.18	0.04
Rectángulo equivalente mínimo	km	3.82	4.56	5.08	4.35	4.74	2.77	5.41	1.96	4.70
Rectángulo equivalente máximo	km	45.35	27.34	17.57	15.30	26.58	15.35	16.95	7.68	21.18
Tiempo de concentración Kirpich	min	218.30	156.00	93.00	71.60	144.60	68.90	108.40	42.00	101.70

Fuente: Estudio hidrológico de la unidad hidrológica – 2020.

### 2.2.4. Histograma de frecuencia altimétrica.

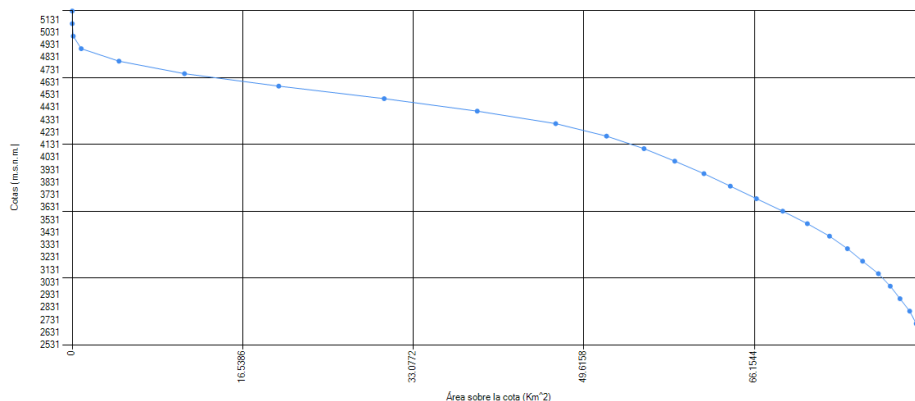
Representación de la superficie, en km<sup>2</sup> o en porcentaje, comprendida entre dos cotas, siendo la marca de clase el promedio de las alturas. La representación de varios niveles da lugar al histograma, que puede ser obtenido de los mismos datos de la curva hipsométrica. Realmente la curva hipsométrica y el histograma contienen la misma información, pero



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

con una representación diferente, dando una idea probabilística de la variación de la altura en la cuenca.

Figura N° 2. Curva hipsométrica de frecuencia altimétrica.



### 2.3. Identificación y descripción de las estaciones pluviométricas.

La información pluviométrica ha sido obtenida del servicio nacional de meteorología e hidrología SENAMHI, el cual cuenta con una estación pluviométrica en la cuenca materia de estudio.

Tabla N° 3. Estación meteorológica

ID	ESTACIÓN	Coordenadas UTM WGS 84 - Zone 18S		Altitud (m.s.n.m)	Parámetros Meteorológicos	Período de Registro	Operador
		ESTE (m)	NORTE (m)				
1	SAN LAZARO DE ESCOMARCA	353127.8	8652808.4	3600	Precipitación Total Mensual	1980 - 2013	SENAMHI
2	LANGA	347639.8	8661998.3	2860	Precipitación Total Mensual	1980 - 2013	SENAMHI
3	ANTIOQUIA	336744.6	8663784.1	1839	Precipitación Total Mensual	1980 - 2013	SENAMHI
4	SANTIAGO DE TUNA	334869.1	8674835.5	2921	Precipitación Total Mensual	1980 - 2013	SENAMHI
5	MATUCANA	349890.5	8690866.7	2479	Precipitación Total Mensual	1980 - 2013	SENAMHI
6	SAN JOSE DE PARAC	362933.1	8695195.6	3866	Precipitación Total Mensual	1980 - 2013	SENAMHI
7	HUAROCHIRI	365797.33	8658399	3154	Precipitación Total Mensual	1980 - 2013	SENAMHI

Fuente: estudio hidrológico

### 2.4. Polígono de Thiessen.

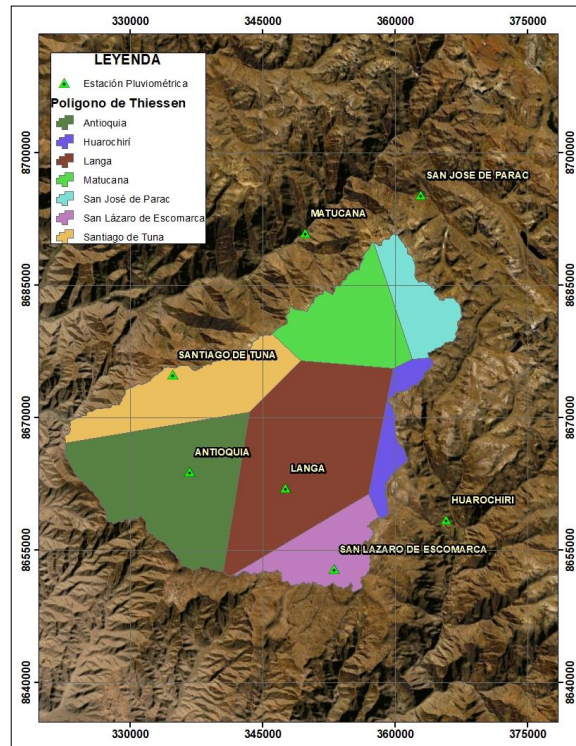
El software Hydracces facilito el cálculo de la precipitación representativa para la cuenca estimada utilizando el promedio de los tres métodos de interpolación, como se resumen los valores de precipitación areal mensualizada para la cuenca de la parte alta del río Lurín hasta el punto de la confluencia con la toma de inicio del proyecto.





“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

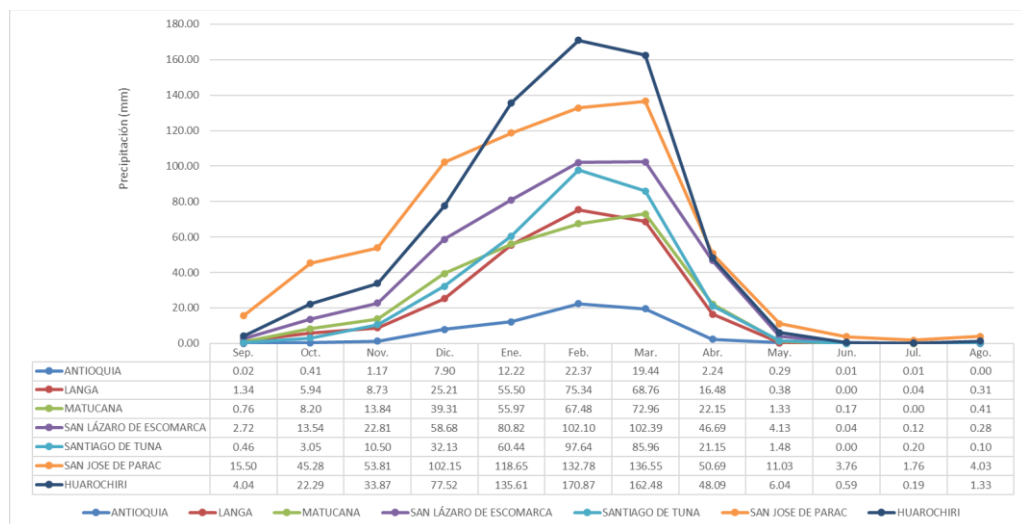
Figura N° 3. Polígono de Thiessen.



**2.5. Descripción de las estaciones.**

La información pluviométrica disponible corresponde a una red de 07 estaciones, ubicadas en el ámbito de la cuenca, las cuales están bajo la operación de SENAMHI, y permiten inferir cual es el comportamiento o variabilidad espacial y temporal de la precipitación

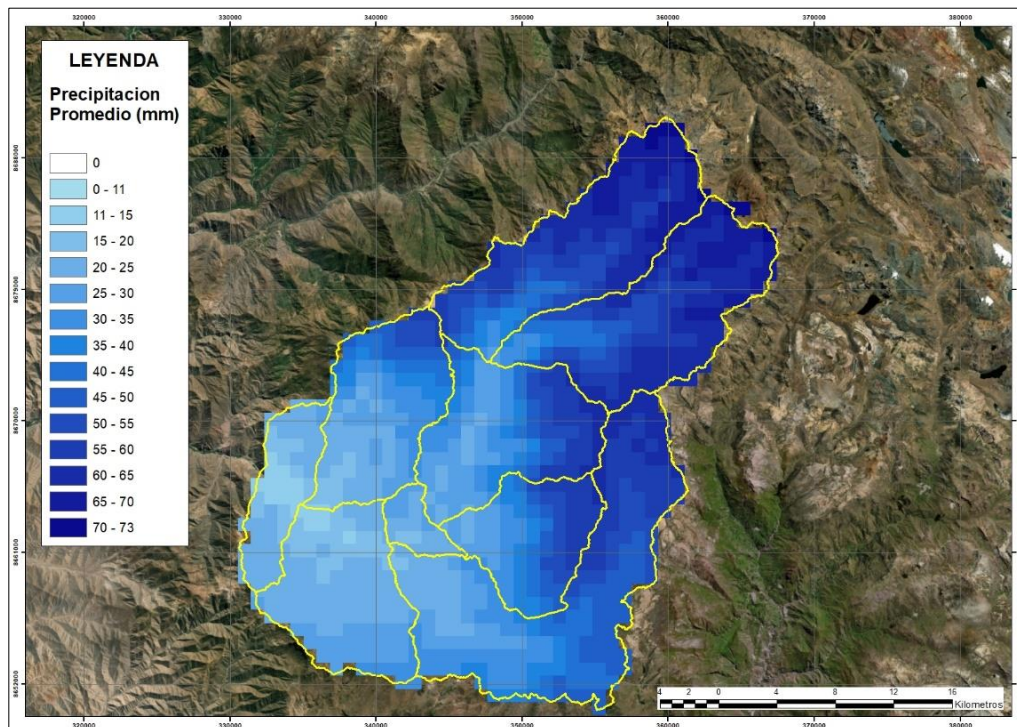
Figura N° 4. Variabilidad media mensual de las estaciones.





“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Figura N° 5. Mapa de precipitación media anual.



## 2.6. Hidrometría.

La estación hidrológica Antapucro es la única estación hidrométrica que se obtuvo para la evaluación de los caudales en la cuenca de estudio, dicha estación ha sido adquirida mediante la página web de la Autoridad Nacional de Agua y es administrada hasta la fecha por SENAMHI.

Tabla N° 4. Análisis visual de hidrograma de la estación hidrológica Antapucro

REGISTRO DE CAUDALES MENSUALES (mm)													
Estación:	<b>ANTAPUCRO</b>			Latitud:	12° 1' 53"		Dpto:	Lima					
Parámetro:	Caudal Medio Mensual			Longitud:	76° 37' 28"		Prov:	Hurochiri					
	Dist:	Antoquia											
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1980	8.30	16.30	21.63	8.21	3.41	1.61	1.19	0.99	0.86	0.91	1.11	2.88	5.62
1981	8.10	16.11	21.60	7.97	3.39	1.59	1.18	0.99	0.86	0.91	1.11	2.86	5.56
1982	7.84	16.00	20.28	7.86	3.37	1.59	1.17	0.97	0.86	0.89	1.10	2.72	5.39
1983	7.27	15.78	19.73	7.84	3.36	1.57	1.16	0.97	0.86	0.89	1.05	2.70	5.27
1984	7.21	15.05	19.04	7.68	3.36	1.56	1.16	0.97	0.85	0.87	1.03	2.26	5.09
1985	7.18	15.01	18.58	7.45	3.28	1.55	1.16	0.95	0.84	0.87	1.01	2.19	5.01
1986	7.15	14.44	18.39	7.19	3.26	1.52	1.14	0.95	0.83	0.85	1.01	2.17	4.91
1987	6.99	14.06	18.08	7.06	3.24	1.51	1.13	0.95	0.83	0.85	0.99	2.04	4.81
1988	6.88	13.02	17.09	6.88	3.19	1.49	1.13	0.94	0.83	0.84	0.98	2.02	4.61
1989	6.87	12.95	16.76	6.86	3.15	1.48	1.12	0.92	0.83	0.84	0.94	2.02	4.56
1990	6.85	12.75	16.57	6.77	3.15	1.47	1.12	0.92	0.82	0.83	0.92	1.90	4.51
1991	6.54	12.08	16.17	6.74	3.13	1.46	1.12	0.91	0.82	0.82	0.92	1.81	4.38
1992	5.23	11.51	15.49	6.69	3.12	1.46	1.11	0.90	0.82	0.81	0.90	1.71	4.15
1993	5.17	10.20	15.35	6.60	3.06	1.42	1.10	0.89	0.82	0.80	0.90	1.68	4.00
1994	4.75	10.07	15.20	6.38	3.03	1.32	1.02	0.87	0.82	0.78	0.89	1.66	3.90
1995	4.54	9.25	14.31	6.10	3.02	1.32	1.02	0.86	0.80	0.78	0.89	1.61	3.71
1996	4.52	8.94	13.18	6.03	3.01	1.32	1.02	0.84	0.79	0.77	0.87	1.59	3.57
1997	4.48	8.91	12.48	5.98	2.97	1.31	1.01	0.84	0.77	0.77	0.87	1.55	3.50
1998	4.47	8.81	12.35	5.81	2.83	1.29	1.00	0.84	0.76	0.75	0.85	1.47	3.44
1999	4.46	8.58	12.20	5.81	2.82	1.27	0.99	0.84	0.75	0.75	0.84	1.45	3.40
2000	4.39	8.45	12.08	5.79	2.78	1.25	0.97	0.83	0.75	0.73	0.82	1.29	3.34
2001	4.36	8.31	11.24	5.72	2.78	1.22	0.95	0.82	0.75	0.73	0.80	1.20	3.24
2002	4.03	8.29	11.01	5.50	2.77	1.19	0.94	0.81	0.73	0.72	0.78	1.13	3.16
2003	4.01	8.18	10.92	5.36	2.72	1.19	0.91	0.81	0.73	0.72	0.78	1.12	3.12
2004	3.99	7.90	10.20	5.28	2.64	1.15	0.90	0.79	0.73	0.72	0.76	1.09	3.01
2005	3.96	7.34	9.77	5.26	2.58	1.14	0.87	0.76	0.70	0.71	0.76	1.09	2.91
2006	3.93	7.29	9.75	5.12	2.55	1.13	0.85	0.75	0.69	0.71	0.75	1.00	2.88
2007	3.80	7.03	9.55	5.05	2.54	1.06	0.85	0.73	0.67	0.70	0.71	0.97	2.81
2008	3.69	6.98	9.47	4.76	2.45	1.05	0.84	0.71	0.66	0.68	0.71	0.97	2.75
2009	3.60	6.44	8.89	4.49	2.44	1.05	0.81	0.71	0.65	0.66	0.69	0.96	2.62
2010	3.42	5.94	8.79	4.48	2.41	1.00	0.79	0.69	0.64	0.65	0.68	0.90	2.46
2011	3.41	5.01	8.51	4.33	2.29	0.99	0.78	0.61	0.60	0.63	0.68	0.90	2.40
2012	3.40	4.77	8.13	4.27	2.29	0.95	0.66	0.49	0.27	0.62	0.67	0.82	2.28
2013	3.17	4.62	7.25	4.08	2.24	0.94	0.61	0.35	0.23	0.60	0.64	0.79	2.13
<b>MEDIA</b>	<b>5.23</b>	<b>10.16</b>	<b>13.82</b>	<b>6.10</b>	<b>2.90</b>	<b>1.31</b>	<b>0.99</b>	<b>0.83</b>	<b>0.74</b>	<b>0.77</b>	<b>0.87</b>	<b>1.60</b>	<b>3.78</b>



*“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”*

**2.7. Información pluviométrica completada y consistente.**

La mayor parte de la información histórica de precipitación registrada, presenta periodos incompletos, el cual realizó el proceso de uniformización de longitud de información en escala mensual a periodo base.

Luego realizo la completación y extensión de valores ausentes, se utilizó los modelos de regresión múltiple mediante una correlación espacial y estadística. Una vez verificada la consistencia de las series históricas. Se procedió a realizar la Completación de la información, de forma directa.

Figura N° 6. Precipitación total mensual – Completación y consistencia para la estación San Lazaro de Escomarca.

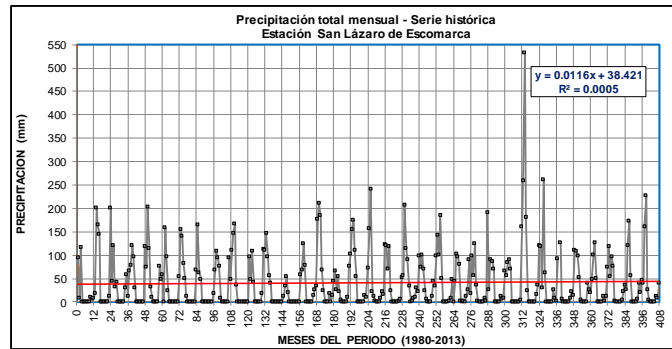


Figura N° 7. Precipitación total mensual – Completación y consistencia para la estación Santiago de Tuna.

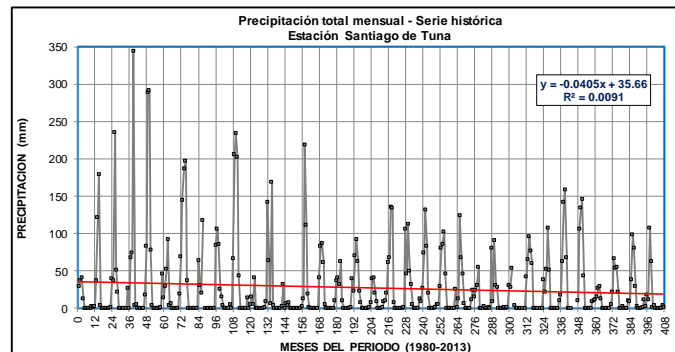
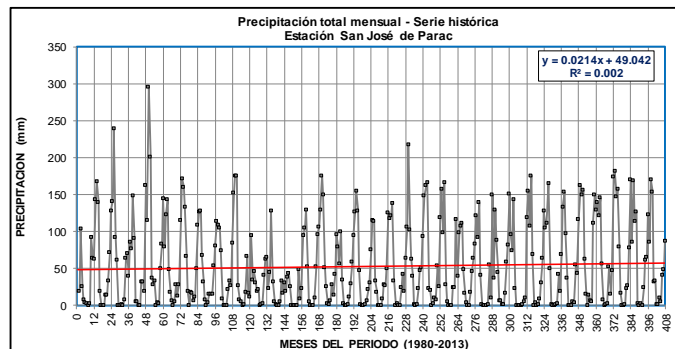


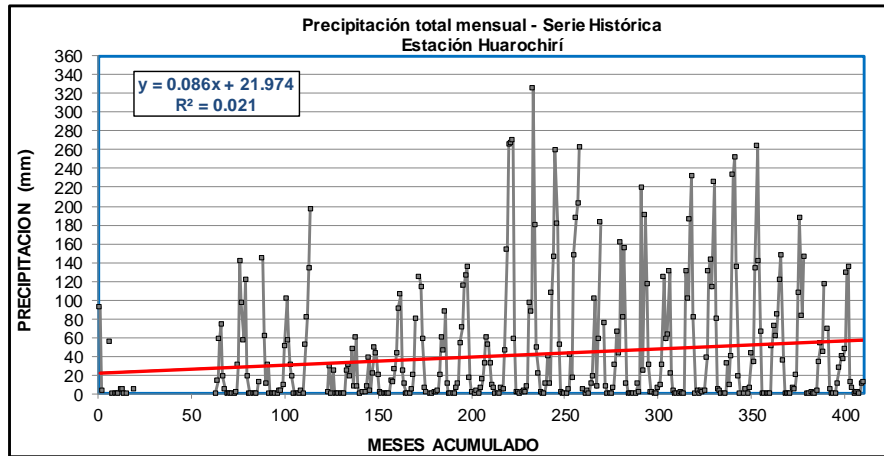
Figura N° 8. Precipitación total mensual – Completación y consistencia para la estación San José de Parac.





“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Figura N° 9. Precipitación total mensual – Completación y consistencia para la estación Huarochiri.



### 2.8. Ecuación regional de la precipitación

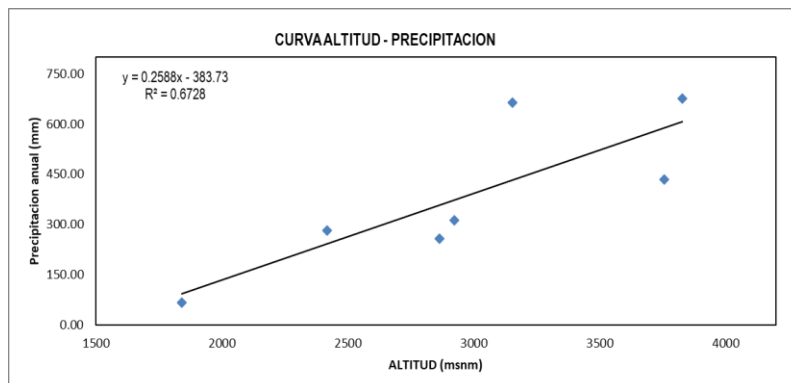
La ecuación regional de la precipitación para la cuenca en estudio, se realizó asumiendo una relación lineal entre los datos de precipitación total anual registrado en las estaciones pluviométricas ubicadas en la cuenca y cuencas vecinas con su altitud respectiva.

Lo que se hará a continuación es ver la correlación que existen entre estas estaciones y de ahí poder descartar algunas y quedarnos con las estaciones que mantienen relación.

Tabla N° 5. Estaciones meteorológicas seleccionadas para la zona de estudio.

SELECCIÓN DE ESTACIONES METEOROLOGICAS PARA LA ZONA DE ESTUDIO														
Precipitación media de estaciones aledaña a la zona de estudio (mm)														
Estación	Elevación	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	ANUAL
ANTIOQUIA	1839	12.22	22.37	19.44	2.24	0.29	0.01	0.01	0.00	0.02	0.41	1.17	7.90	66.10
LANGA	2863	55.50	75.34	68.76	16.48	0.38	0.00	0.04	0.31	1.34	5.94	8.73	25.21	258.04
MATUCANA	2417	55.97	67.48	72.96	22.15	1.33	0.17	0.00	0.41	0.76	8.20	13.84	39.31	282.57
SAN LÁZARO DE ESCOMARCA	3758	80.82	102.10	102.39	46.69	4.13	0.04	0.12	0.28	2.72	13.54	22.81	58.68	434.32
SANTIAGO DE TUNA	2924	60.44	97.64	85.96	21.15	1.48	0.00	0.20	0.10	0.46	3.05	10.50	32.13	313.12
SAN JOSE DE PARAC	3829	118.65	132.78	136.55	50.69	11.03	3.76	1.76	4.03	15.50	45.28	53.81	102.15	675.98
HUAROCHIRI	3154	135.61	170.87	162.48	48.09	6.04	0.59	0.19	1.33	4.04	22.29	33.87	77.52	662.91

Figura N° 10. Curva altitud - precipitación





“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

### 2.9. Precipitación promedio areal

Se presenta la precipitación promedio areal de la cuenca y el factor de influencia de cada estación en cada mes.

Tabla N° 6. Precipitación promedio mensual areal en toda la cuenca

REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA (mm)														
Estación: <b>GARGANTA DE PALMA</b>		Latitud : 12° 3' 30"		Dpto: Lima										
Parámetro: Precipitación Mensual (mm)		Longitud : 76° 32' 34"		Prov: Huarochiri										
		Altitud : 1363 msnm		Dist: Antioquia										
N° REGISTRO	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1980	40.28	9.27	46.45	8.10	0.56	0.33	0.18	0.00	0.34	15.20	5.69	7.15	133.55
2	1981	57.94	115.14	112.53	14.74	0.06	0.00	0.00	1.15	7.75	3.22	7.37	53.23	373.13
3	1982	64.10	112.17	36.83	12.23	0.00	0.00	0.26	2.81	0.52	13.16	26.80	6.79	275.67
4	1983	36.08	76.92	63.62	20.53	4.20	0.39	0.00	0.29	2.26	3.64	4.91	55.23	268.07
5	1984	75.73	140.08	90.55	19.06	3.36	2.84	0.00	0.30	0.22	39.50	23.68	30.63	425.96
6	1985	36.19	66.83	86.22	12.68	2.88	0.51	0.00	0.67	2.30	4.17	12.63	34.95	259.05
7	1986	93.88	86.48	87.89	39.72	5.01	0.00	1.26	2.34	0.48	1.76	8.29	59.55	386.66
8	1987	98.17	43.65	39.60	7.70	0.57	0.00	0.26	1.26	1.10	1.37	6.84	24.92	225.44
9	1988	48.37	63.33	35.39	22.74	5.34	0.10	0.00	0.06	1.50	3.42	10.19	56.69	247.13
10	1989	110.41	135.84	131.65	27.89	1.45	0.70	0.00	0.52	2.17	16.23	2.25	2.26	431.37
11	1990	30.44	9.71	33.63	8.09	3.45	2.62	0.05	0.32	0.35	12.06	33.76	45.88	190.36
12	1991	42.59	36.54	78.10	10.54	1.04	0.19	0.18	0.17	1.28	9.92	7.30	6.04	193.89
13	1992	14.49	18.98	28.58	8.29	0.14	0.01	0.00	0.25	0.00	10.67	2.64	7.04	91.09
14	1993	42.33	89.88	99.32	26.15	1.75	0.00	0.07	0.00	1.58	8.80	26.01	33.75	329.68
15	1994	92.66	89.78	63.90	20.01	4.61	0.22	0.16	0.49	5.68	1.24	8.13	29.60	316.48
16	1995	44.33	30.88	53.52	14.70	0.54	0.05	0.00	0.12	3.53	5.56	34.09	32.74	220.03
17	1996	67.42	82.83	72.70	18.18	1.48	0.03	0.05	0.46	0.53	2.95	5.08	16.23	267.94
18	1997	48.42	66.69	16.25	4.97	0.77	0.00	0.00	1.04	5.61	6.44	15.57	67.39	233.15
19	1998	96.35	102.89	110.77	13.59	0.17	0.24	0.07	0.36	2.12	3.22	2.78	40.97	373.52
20	1999	45.26	124.55	60.02	38.57	10.05	0.19	0.16	0.67	3.96	15.19	10.41	31.93	340.96
21	2000	71.89	103.44	58.66	16.53	2.66	0.00	0.19	0.74	2.26	11.28	5.64	44.61	317.89
22	2001	99.06	71.56	110.75	29.44	0.58	0.00	0.14	0.06	2.45	3.79	39.97	3.47	361.28
23	2002	21.01	81.03	72.54	33.05	3.85	0.31	0.24	0.04	4.28	13.47	26.65	16.61	275.08
24	2003	39.39	41.17	60.94	10.86	0.46	0.00	0.41	0.00	0.14	5.61	1.49	91.04	251.52
25	2004	11.24	83.72	42.33	25.93	0.48	1.06	0.09	0.49	3.18	5.90	11.66	43.84	229.93
26	2005	38.00	36.78	54.74	10.40	0.14	0.00	0.00	0.02	0.21	0.47	1.12	52.55	134.47
27	2006	67.15	75.37	92.14	31.81	0.15	0.38	0.00	0.26	0.80	4.63	15.46	64.40	352.56
28	2007	44.78	42.79	86.45	37.72	0.25	0.12	0.00	0.12	0.20	9.17	4.87	15.06	244.55
29	2008	81.93	117.31	107.00	17.02	0.02	0.00	0.00	0.67	0.31	5.66	13.03	19.50	382.44
30	2009	82.77	113.34	106.21	37.08	1.54	0.09	0.97	0.55	0.41	21.82	25.62	29.21	418.52
31	2010	28.33	60.92	59.48	18.41	0.61	0.06	0.13	0.23	5.15	2.80	8.82	44.92	228.94
32	2011	75.42	47.06	54.73	37.20	1.47	0.00	1.03	0.12	2.06	2.45	17.39	37.54	276.48
33	2012	26.87	85.32	93.16	39.89	0.75	0.02	0.17	0.00	3.44	18.27	11.51	30.13	309.54
34	2013	19.32	88.01	74.50	8.89	4.73	0.10	0.16	0.92	0.75	6.05	8.67	21.63	233.73
N° Datos		34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
Media		55.67	74.98	71.27	20.67	1.92	0.31	0.18	0.51	2.03	8.50	13.13	34.07	283.273
Desv. Estandar		27.41	34.95	28.39	10.99	2.21	0.66	0.31	0.63	1.94	7.73	10.39	20.97	82.04
Coef. Variacion		49.24	46.62	39.84	53.15	115.29	213.47	166.39	122.07	95.74	90.95	79.13	61.54	28.96
Prec. Máx.		110.41	140.08	131.65	39.89	10.05	2.84	1.26	2.81	7.75	39.50	39.97	91.04	431.37
Prec. Mín.		11.24	9.27	16.25	4.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	1.12	2.26	91.09

PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL GENERADA

### 2.10. Oferta hídrica.

La estimación de la disponibilidad de agua en la cuenca, se realizó por medio de modelos matemáticos. El uso de los modelos matemáticos en hidrología es muy amplio, tanto así que, prácticamente en cada especialidad hidrológica, se han desarrollado modelos matemáticos para la solución de problemas generales y específicos. En los últimos años las técnicas de simulación hidrológica han tenido una amplia difusión, algunos modelos son de aplicación específica, mientras que otros son de aplicación más general.

La transformación de la Precipitación en Escorrentía, se ha realizado aplicando el método de “Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Scholz”, desarrollado por el Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones – Plan Meris II en 1980, cuyo cálculo está basado la modelación matemática del ciclo hídrico.

2.11. Modelo determinístico – estocástico de Lutz Scholz

Se determino mediante el modelo hidrológico que cuenta con una estructura determinístico para el cálculo de los caudales mensuales para el año promedio (Balance Hídrico - Modelo determinístico) y una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (Proceso markoviano - Modelo Estocástico). Fue desarrollado por el experto en hidrología, Lutz Scholz para cuencas de la sierra peruana, entre los años 1979-1980, en el marco de Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meris II.

Tabla N° 7. Disponibilidad hídrica de la intercuenca del río Lurin.

Table with multiple sections: CAUDAL GENERADO - INTERCUENCA LURIN (m³/Seg), CAUDAL GENERADO - INTERCUENCA LURIN (Lt/Seg), CAUDAL ECOLOGICO - CUENCA INTERCUENCA LURIN (Lt/Seg), and CAUDAL DISPONIBLE PARA EL PROYECTO - INTERCUENCA LURIN (Lt/Seg). Includes a bar chart titled 'CAUDALES GENERADOS (m3/Seg)' comparing Q. 75%, Caudal Ecologico, and Q. DISPONIBLE across months.



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

### 2.11.1. Disponibilidad hídrica al 75%.

La oferta hídrica, viene a ser la oferta total o bruta, para fines de aprovechamiento hídrico y/o balance hídrico, es preciso realizar la estimación de la disponibilidad hídrica al 75% de persistencia con base en la data de medias generada a través del modelo.

Tabla N° 8. Caudales de oferta al 75% de persistencia en la cuenca Lurín – garganta de Palma.

CAUDAL GENERADO - INTERCUENCA LURIN (m <sup>3</sup> /Seg)													
DATOS		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Q. 75%	m3/s	2.64	6.87	7.62	3.77	1.80	0.71	0.56	0.34	0.13	0.00	0.00	0.63
Q. 75%	Hm3	7.08	16.63	20.40	9.77	4.82	1.83	1.50	0.92	0.33	0.00	0.00	1.69

### 2.12. Caudal ecológico.

De todos los métodos aplicados en el presente estudio se observa una ligera diferencia en los resultados obtenidos, así mismo, dado que estos métodos son teóricos y presentan una primera aproximación del caudal ecológico en los sectores de estudio se utilizará el método de la evaluación del régimen hidrológico de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) como criterio para determinar el caudal ecológico en temporada de avenida (diciembre a abril) y el método de caudal medio mensual para temporada de estiaje (mayo a noviembre), el cual está respaldado por la Resolución Jefatural N° 267-2019-ANA, en donde indica que se debe tomar como referencia el 15% del caudal medio mensual

Tabla N° 9. Caudales ecológicos de la cuenca Lurín.

CAUDAL GENERADO - INTERCUENCA LURIN (m <sup>3</sup> /Seg)													
DATOS		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Caudal Ecológico	m3/s	1.05	0.61	3.13	0.97	0.68	0.31	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00	0.09
	Hm3	2.80	1.49	8.38	2.52	1.82	0.81	0.57	0.34	0.00	0.00	0.00	0.24

### 2.13. Demanda hídrica con respecto al almacenamiento.

#### 2.13.1. Coeficiente del cultivo (Kc).

Tabla N° 10. Coeficiente de cultivo palto y manzano

CULTIVO	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PALTO	0.60	0.70	0.77	0.80	0.83	0.85	0.85	0.85	0.82	0.79	0.76	0.75
MANZANA	0.80	0.83	0.85	0.85	0.95	0.95	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.75

Tabla N° 11. Coeficiente de cultivo ponderado

Descripción	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Kc_ponderado	0.67	0.74	0.80	0.82	0.87	0.88	0.88	0.87	0.83	0.79	0.76	0.75

#### 2.13.2. Evapotranspiración potencial

La evapotranspiración es la cantidad total de agua que se pierde por evaporación considerando tanto al suelo (texturas). A continuación,

“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
 “Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

se presenta un cuadro resumen con los valores determinados (Latitud 10.65°)

Figura N° 11. Evapotranspiración método hargreaves

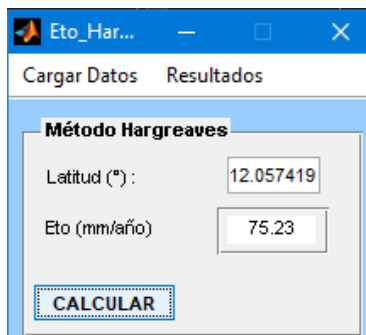


Tabla N° 12. Resumen Evapotranspiración Potencial para el proyecto

Eto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
día	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
m/día	2.79	2.74	2.60	2.35	2.08	1.93	2.02	2.22	2.50	2.70	2.79	2.96	2.47
mm/mes	86.60	76.75	80.75	70.55	64.61	57.90	62.55	68.88	74.92	83.83	83.78	91.61	75.23

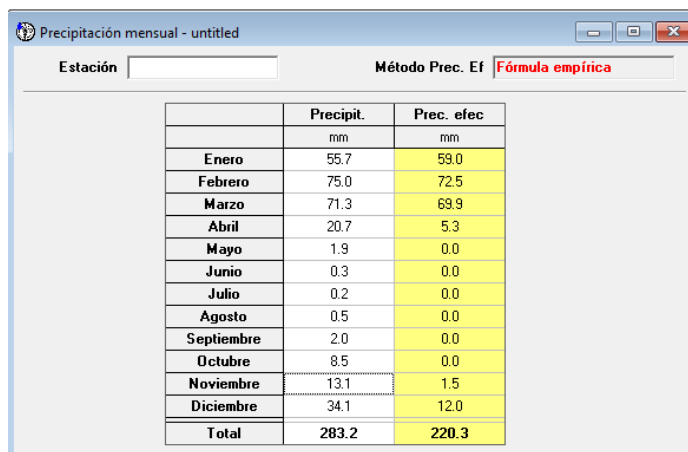
Fuente: Elaborado del equipo técnico

### 2.13.3. Precipitación efectiva

La precipitación efectiva es aquella fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas como aproximaciones, se desarrollaron las siguientes formulas en función de la precipitación media mensual registrada.

- Formula epirica CROPWAT.
- Servicio de conservación del suelo Soil Conversion Service (USDA-SCS)
- Organización de las naciones Unidas para La Agricultura y alimentación (FAO-AGLW)

Tabla N° 13. Precipitación efectiva



	Precipit. mm	Prec. efec mm
Enero	55.7	59.0
Febrero	75.0	72.5
Marzo	71.3	69.9
Abril	20.7	5.3
Mayo	1.9	0.0
Junio	0.3	0.0
Julio	0.2	0.0
Agosto	0.5	0.0
Septiembre	2.0	0.0
Octubre	8.5	0.0
Noviembre	13.1	1.5
Diciembre	34.1	12.0
Total	283.2	220.3





“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

### 2.13.4. Eficiencia de riego

Se utilizó la siguiente eficiencia para el riego:

Tabla N° 14. eficiencia de riego

Eficiencia (%)			Eficiencia de Riego (%)
Conducción	Distribución	Aplicación	
95 %	80%	75%	57%

### 2.13.5. Demanda hídrica

Con toda esta información recabada se procede a desarrollar el calculo de requerimiento de agua de los cultivos mediante la oferta y demanda para el estudio

Tabla N° 15. Demanda hídrica

DESCRIPCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL (m3/año)
N° de Días por Mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Evapotranspiración Potencial (mm/día)	2.79	2.74	2.60	2.35	2.08	1.93	2.02	2.22	2.50	2.70	2.79	2.96	
Evapotranspiración Potencial (mm/mes)	86.49	76.72	80.60	70.50	64.48	57.90	62.62	68.82	75.00	83.70	83.70	91.76	
Coefficiente de Cultivo (Kc)	0.67	0.74	0.80	0.82	0.87	0.88	0.88	0.87	0.83	0.79	0.76	0.75	
Evapotranspiración de Cultivos (mm/día)	1.87	2.03	2.08	1.93	1.81	1.70	1.78	1.93	2.08	2.13	2.12	2.22	
Evapotranspiración de Cultivos (mm/mes)	57.95	56.77	64.48	57.81	56.10	50.95	55.11	59.87	62.25	66.12	63.61	68.82	
Precipitación Efectiva (mm/día)**	1.90	2.59	2.25	0.18	-	-	-	-	-	-	0.05	0.39	
Precipitación Efectiva (mm/mes)**	59.00	72.50	69.90	5.30	-	-	-	-	-	-	1.50	12.00	
Requerimiento Neto (mm/día)	-	-	-	1.75	1.81	1.70	1.78	1.93	2.08	2.13	2.07	1.83	
Requerimiento Neto (mm/mes)	-	-	-	52.51	56.10	50.95	55.11	59.87	62.25	66.12	62.11	56.82	
Eficiencia Total (%)***	57.00%	57.00%	57.00%	57.00%	57.00%	57.00%	57.00%	57.00%	57.00%	57.00%	57.00%	57.00%	
Requerimiento Bruto (mm/día)	-	-	-	3.07	3.17	2.98	3.12	3.39	3.64	3.74	3.63	3.22	
Requerimiento Bruto (m³-ha/día)	-	-	-	30.71	31.75	29.80	31.19	33.88	36.40	37.42	36.32	32.16	
Requerimiento Bruto (m³-ha/mes)	-	-	-	921.23	984.17	893.89	966.76	1,050.41	1,092.11	1,160.05	1,089.68	996.84	
Área Cultivada (ha.)	750.00	750.00	750.00	750.00	750.00	750.00	750.00	750.00	750.00	750.00	750.00	750.00	
Horas de riego	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	24.00	
Módulo (l/s)	-	-	-	0.36	0.37	0.34	0.36	0.39	0.42	0.43	0.42	0.37	
Caudal (l/s)	-	-	-	266.56	275.58	258.65	270.71	294.13	316.00	324.84	315.30	279.13	
<b>Demanda Total (m³)</b>	-	-	-	<b>690,921.05</b>	<b>738,126.32</b>	<b>670,421.05</b>	<b>725,073.68</b>	<b>787,807.89</b>	<b>819,078.95</b>	<b>870,039.47</b>	<b>817,263.16</b>	<b>747,631.58</b>	<b>6,866,363.16</b>
Eficiencia de Conducción (%)	95.00%												
Eficiencia de Distribución (%)	80.00%												
Eficiencia de Aplicación (%)	75.00%												
Eficiencia Total (%)	57.00%												

(\*) Manual N° 56 de la FAO (Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos)

(\*\*) El área del proyecto está ubicada a una altitud aproximada de 120 msnm, por lo que se estima que la precipitación es insignificante.

(\*\*\*) La eficiencia de Riego total, es producto de la eficiencia de conducción, distribución y aplicación, en este caso es relativamente alta, por ser un sistema de riego por goteo

Horas de riego	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Módulo (l/s)	-	-	-	0.36	0.37	0.34	0.36	0.39	0.42	0.43	0.42	0.37	0.43

### 2.14. Determinación del volumen de almacenamiento.

Para determinar la capacidad de almacenamiento del vaso, se ha elaborado la curva altura – volumen – área, en el eje designado para la presa. Para ello se ha trabajado con base en la información topográfica, alcanzado por la Autoridad Administrativa del Agua Cañete-Fortaleza. Dicha topografía cuenta con curvas a nivel cada 0.50m.



*“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”*

Tabla N° 16. Valores curva altura – volumen – área – presa Palma Alta

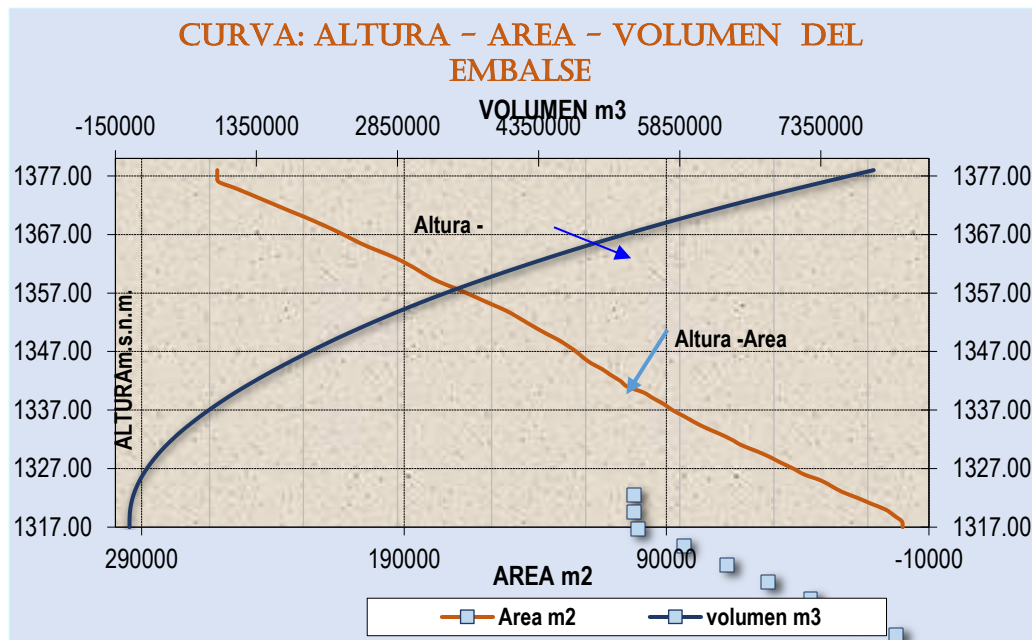
COTA (msnm)	ALTURA (m)	ÁREA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN TOTAL (MMC)
1317	0.00	0.00	0.00
1318	1.00	354.34	102.31
1319	2.00	3319.39	2085.45
1320	3.00	6505.86	7399.09
1321	4.00	12012.39	17714.80
1322	5.00	17231.22	33035.91
1323	6.00	22945.63	53336.00
1324	7.00	27137.41	78984.33
1325	8.00	31269.88	108695.59
1326	9.00	37562.48	144527.04
1327	10.00	41645.73	184578.83
1328	11.00	46399.55	229413.70
1329	12.00	50699.26	278554.13
1330	13.00	55769.67	332486.33
1331	14.00	61426.06	391870.27
1332	15.00	65364.11	455868.78
1333	16.00	70083.41	524029.34
1334	17.00	75214.62	597809.07
1335	18.00	79617.23	675971.01
1336	19.00	83563.16	758051.51
1337	20.00	87753.67	844273.83
1338	21.00	90933.34	934041.67
1339	22.00	94991.61	1027426.79
1340	23.00	98717.63	1124309.98
1341	24.00	104899.08	1227412.03
1342	25.00	107641.48	1333959.88
1343	26.00	111258.36	1443825.27
1344	27.00	114513.17	1557043.52
1345	28.00	118711.73	1674137.48
1346	29.00	121810	1794667.43
1347	30.00	124457	1917901.64
1348	31.00	127668.81	2044194.86
1349	32.00	131245.34	2173971.5
1350	33.00	135566.84	2307775.85
1351	34.00	139580.07	2445730.86
1352	35.00	143436.46	2587539.94
1353	36.00	147150.98	2733054.17
1354	37.00	151188.45	2882507.06
1355	38.00	156238.84	3036736.64
1356	39.00	161268.02	3195860.78
1357	40.00	166192.47	3360126.64
1358	41.00	171606.16	3529658.36
1359	42.00	177083.57	3704902.3
1360	43.00	181366	3884381.76
1361	44.00	185008.36	4067681.91
1362	45.00	188951.43	4254868.23
1363	46.00	193343.78	4446198.62
1364	47.00	198625.2	4642562.91
1365	48.00	204158.02	4844152.21
1366	49.00	208858.33	5050887.62
1367	50.00	213180.87	5262086.97
1368	51.00	217837.05	5477834.49
1369	52.00	222789.11	5698323.32
1370	53.00	227929.27	5923925.8
1371	54.00	233442.13	6154861.48
1372	55.00	238739.17	6391261.79
1373	56.00	244072.81	6632894.96
1374	57.00	249334.32	6879848.55
1375	58.00	254826.38	7132240.21
1376	59.00	260665.14	7390158.45
1377	60.00	261152.31	7651308.87
1378	61.00	261153.3	7912461.83



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

La capacidad máxima del embalse, de acuerdo a la información topográfica alcanzada es de hasta 7.39 hm<sup>3</sup>, con una altura de 59 m.

Tabla N° 17. Curva altura - Área - Volumen del embalse



### 2.15. Balance hídrico.

El balance hídrico se realiza considerando la oferta hídrica en el río y la demanda de un proyecto de área de riego de 750 ha.

Tabla N° 18. Balance hídrico (Hm3).

Meses	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
<b>OFERTA HÍDRICA</b>														
<b>OFERTA HÍDRICA</b>	m <sup>3</sup> /mes	7079241.94	18627356.11	20402945.82	9765433.66	4822874.31	1829974.44	1497655.74	921469.28	326139.16	0.00	0.00	1690471.01	
<b>DEMANDA HÍDRICA</b>														
<b>DEMANDA HÍDRICA</b>	m <sup>3</sup> /mes	-	-	-	690,921.05	738,126.32	670,421.05	725,073.68	767,807.89	819,078.95	870,039.47	817,263.16	747,631.58	6,866,363.16
<b>CAUDAL ECOLÓGICO</b>	m <sup>3</sup> /mes	2,800,367.95	1,485,645.90	8,375,008.11	2,520,871.89	1,819,636.12	806,227.02	568,894.78	343,077.63	-	-	-	237,028.46	-
<b>BALANCE HÍDRICO</b>	Superávit	4278873.99	15141710.21	12027937.71	6553640.72	2265111.88	353326.37	203687.28	-	-	-	-	705810.97	-
	Déficit	-	-	-	-	-	-	-	-209416.25	-492939.79	-870039.47	-817263.16	-	-

### 2.16. Análisis de máximas Avenidas.

#### 2.16.1. Modelos de precipitación a escorrentía.

El análisis de frecuencias se realizó aplicando el Software HIDROESTA y mediante el Test de Kolmogorov-Smirnov se ha procesado la data de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones, obteniendo como resultado que la distribución que más se ajusta es la distribución Log Normal 2 Parámetros.



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Tabla N° 19. Resultados del test Kolmogorov – Smirnov: Estación Antioquia

PRUEBA SMIRNOV-KOLGOMOROV: ANTIOQUIA					
Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.69%	0.05694
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.05%	0.06211
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.50%	0.06465

Tabla N° 20. Resultados del test Kolmogorov – Smirnov: Estación Escamarca.

PRUEBA SMIRNOV-KOLGOMOROV ESCOMARCA					
Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.57%	0.05613
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.44%	0.05724
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	99.15%	0.05922

Tabla N° 21. Resultados del test Kolmogorov – Smirnov: Estación Huarochiri

PRUEBA SMIRNOV-KOLGOMOROV HUAROCHIRI					
Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Pareto (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	60.11%	0.10908
Pareto	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	56.69%	0.11201
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	42.33%	0.12519

Tabla N° 22. Resultados del test Kolmogorov – Smirnov: Estación Langa.

PRUEBA SMIRNOV-KOLGOMOROV LANGA					
Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.53%	0.08942
EV3-Min (Weibull, L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.50%	0.08946
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	89.06%	0.09006

Tabla N° 23. Resultados del test Kolmogorov – Smirnov: Estación Matucana.

PRUEBA SMIRNOV-KOLGOMOROV MATUCANA					
Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	95.74%	0.06937
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.67%	0.07127
GEV-Max (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.21%	0.07354

Tabla N° 24. Resultados del test Kolmogorov – Smirnov: Estación Parac.

PRUEBA SMIRNOV-KOLGOMOROV SAN JOSÉ DE PARAC					
Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.98%	0.06572
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.86%	0.06636
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.80%	0.06668

Tabla N° 25. Resultados del test Kolmogorov – Smirnov: Estación Tuna.

PRUEBA SMIRNOV-KOLGOMOROV TUNA					
Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
EV3-Min (Weibull)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	97.94%	0.06536
GEV-Min (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	96.55%	0.06899
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.81%	0.07404



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

El análisis de la precipitación para distintos periodos de retorno.

Tabla N° 26. Precipitación máxima en 24 hr – Antioquia.

Periodo de Retorno T (años)	Hydrognomon Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P	HidroCALC V.02 Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)
2	11.958	13.513	0.500000	9.6697	10.927
5	18.873	21.326	0.800000	16.8989	19.096
10	21.867	24.709	0.900000	22.623	25.564
25	29.274	33.079	0.960000	30.874	34.888
50	35.345	39.939	0.980000	37.7431	42.650
100	41.874	47.317	0.990000	45.2018	51.078
200	48.901	55.258	0.995000	53.3507	60.286
500	59.015	66.687	0.998000	65.1775	73.651
1000	67.334	76.087	0.999000	75.0136	84.765
10000	99.550	112.492	0.999900	113.829	128.627

Tabla N° 27. Precipitación máxima en 24 hr – Escomarca.

Periodo de Retorno T (años)	Hydrognomon Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P	HidroCALC V.02 Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)
2	21.397	24.178	0.500000	21.294	24.062
5	29.950	33.843	0.800000	30.214	34.142
10	35.195	39.770	0.900000	35.717	40.360
25	41.401	46.783	0.960000	42.253	47.746
50	45.756	51.704	0.980000	46.851	52.942
100	49.910	56.398	0.990000	51.244	57.906
200	53.911	60.920	0.995000	55.482	62.695
500	59.019	66.692	0.998000	60.9	68.817
1000	62.773	70.934	0.999000	64.887	73.322
10000	74.749	84.466	0.999900	77.622	87.713

Tabla N° 28. Precipitación máxima en 24 hr – Huarochirí.

Periodo de Retorno T (años)	Hydrognomon Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P	HidroCALC V.02 Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)
2	18.341	20.725	0.500000	18.341	20.725
5	24.833	28.061	0.800000	24.8353	28.064
10	28.226	31.895	0.900000	28.2291	31.899
25	31.844	35.984	0.960000	31.8465	35.987
50	34.182	38.626	0.980000	34.1835	38.627
100	36.285	41.002	0.990000	36.2814	40.998
200	38.209	43.176	0.995000	38.2097	43.177
500	40.541	45.811	0.998000	40.539	45.809
1000	42.177	47.660	0.999000	42.1742	47.657
10000	47.027	53.140	0.999900	47.0256	53.139

Tabla N° 29. Precipitación máxima en 24 hr – Langa.

Periodo de Retorno T (años)	Hydrognomon Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P	HidroCALC V.02 Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)
2	16.414	18.548	0.500000	16.512	18.659
5	24.368	27.535	0.800000	24.437	27.614
10	29.373	33.191	0.900000	29.363	33.180
25	35.386	39.986	0.960000	35.237	39.818
50	39.653	44.808	0.980000	39.383	44.503
100	43.753	49.441	0.990000	43.353	48.989
200	47.726	53.930	0.995000	47.189	53.324
500	52.828	59.696	0.998000	52.101	58.874
1000	56.597	63.955	0.999000	55.721	62.965
10000	68.708	77.640	0.999900	67.305	76.055



“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Tabla N° 30. Precipitación máxima en 24 hr – Matucana.

Periodo de Retorno T (años)	Hydrognomon Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P	HidroCALC V.02 Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)
2	14.416	16.291	0.500000	14.399	16.271
5	18.171	20.533	0.800000	18.239	20.610
10	20.366	23.013	0.900000	20.49	23.154
25	22.889	25.864	0.960000	23.081	26.082
50	24.621	27.822	0.980000	24.862	28.094
100	26.248	29.661	0.990000	26.536	29.986
200	27.796	31.410	0.995000	28.13	31.787
500	29.748	33.615	0.998000	30.14	34.058
1000	31.167	35.219	0.999000	31.603	35.711
10000	35.621	40.252	0.999900	36.198	40.904

Tabla N° 31. Precipitación máxima en 24 hr – Parac.

Periodo de Retorno T (años)	Hydrognomon Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P	HidroCALC V.02 Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)
2	19.345	21.860	0.500000	19.345	21.860
5	23.456	26.505	0.800000	23.4573	26.507
10	25.604	28.933	0.900000	25.6063	28.935
25	27.895	31.522	0.960000	27.8969	31.523
50	29.375	33.194	0.980000	29.3767	33.196
100	30.707	34.699	0.990000	30.7052	34.697
200	31.925	36.075	0.995000	31.9262	36.077
500	33.402	37.744	0.998000	33.4012	37.743
1000	34.437	38.914	0.999000	34.4366	38.913
10000	37.508	42.384	0.999900	37.5086	42.385

Tabla N° 32. Precipitación máxima en 24 hr – Tuna.

Periodo de Retorno T (años)	Hydrognomon Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)	Probabilidad de no excedencia P	HidroCALC V.02 Pmax (mm)	Pmax Corregido (mm)
2	21.342	24.117	0.500000	21.6522	24.467
5	34.038	38.463	0.800000	33.7629	38.152
10	42.278	47.775	0.900000	41.7812	47.213
25	52.354	59.160	0.960000	51.9123	58.661
50	59.593	67.340	0.980000	59.4282	67.154
100	66.605	75.264	0.990000	66.8886	75.584
200	73.447	82.995	0.995000	74.3218	83.984
500	82.287	92.985	0.998000	84.1284	95.065
1000	88.853	100.403	0.999000	91.54	103.440
10000	110.113	124.428	0.999900	116.148	131.247

### 2.16.2. Determinación de caudal de máxima avenida.

El conocimiento del caudal máximo de avenida es de gran importancia en el diseño de infraestructura que interaccionan con el sistema de drenaje natural. El adecuado diseño de estas obras minimizará los daños producidos por las avenidas, para lo cual suele ser suficiente con estimar los caudales máximos asociados a unos periodos de retorno, que fijan el nivel de riesgo asumido en el proyecto.



*“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”*

Figura N° 12. Cálculo del caudal máximo para distintos periodos de retorno



Tabla N° 33. Hidrograma de máxima avenida – periodo de retorno de 100, 500 y 1000 años.

Global Summary Results for Run "Run 1"				
Project: Lurin_TR100		Simulation Run: Run 1		
Start of Run: 01ene.2000, 00:00	End of Run: 04ene.2000, 00:00	Basin Model: Cuenca_Lurin	Meteorologic Model: Met 1	
Compute Time: 02set.2021, 06:46:19		Control Specifications: Hidrograma		
Show Elements: All Elements	Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	Sorting: Hydrologic		
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Cuenca Chalilla	126.570	22.5	01ene.2000, 20:40	10.20
Cuenca Taquia	126.080	26.5	01ene.2000, 20:00	11.70
JU1	252.650	48.9	01ene.2000, 20:20	10.95
RE6	252.650	48.9	01ene.2000, 20:20	10.95
Cuenca Llacomayqui	69.102	32.7	01ene.2000, 16:20	19.50
Intercuenca Lurin IV	97.780	41.3	01ene.2000, 17:40	19.98
JU2	419.532	113.1	01ene.2000, 18:40	14.46
RE4	419.532	113.1	01ene.2000, 18:40	14.46
Cuenca Canchahuara	171.310	51.5	02ene.2000, 00:40	20.56
Intercuenca Lurin III	13.633	8.3	01ene.2000, 14:20	18.59
JU3	604.475	152.7	01ene.2000, 20:20	16.28
RE3	604.475	152.7	01ene.2000, 20:20	16.28
Cuenca Chamacna	88.587	54.7	01ene.2000, 18:00	29.54
Intercuenca Lurin II	91.327	32.9	01ene.2000, 18:40	17.86
JU4	784.389	235.9	01ene.2000, 19:00	17.96
RE1	784.389	235.9	01ene.2000, 19:00	17.96
Intercuenca Lurin I	43.442	28.6	01ene.2000, 14:40	21.18
Sink-1	827.831	252.6	01ene.2000, 18:40	18.13



*“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”*

Global Summary Results for Run "Run 1"

Project: Lurin\_TR500 Simulation Run: Run 1

Start of Run: 01ene.2000, 00:00 Basin Model: Cuenca\_Lurin  
End of Run: 04ene.2000, 00:00 Meteorologic Model: Met 1  
Compute Time:02set.2021, 06:49:31 Control Specifications:Hidrograma

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 Chalilla	126.570	28.8	01ene.2000, 20:20	12.91
Cuenca Taquia	126.080	35.4	01ene.2000, 20:00	15.43
JU1	252.650	64.1	01ene.2000, 20:20	14.17
RE6	252.650	64.1	01ene.2000, 20:20	14.17
Cuenca Llacmayqui	69.102	46.6	01ene.2000, 16:20	27.25
Intercuenca Lurin IV	97.780	58.9	01ene.2000, 17:40	28.00
JU2	419.532	155.8	01ene.2000, 18:20	19.55
RE4	419.532	155.8	01ene.2000, 18:20	19.55
Cuenca Canchahuara	171.310	77.9	02ene.2000, 00:20	30.98
Intercuenca Lurin III	13.633	13.4	01ene.2000, 14:20	29.15
JU3	604.475	215.4	01ene.2000, 20:00	23.00
RE3	604.475	215.4	01ene.2000, 20:00	23.00
Cuenca Chamacna	88.587	83.6	01ene.2000, 18:00	44.59
Intercuenca Lurin II	91.327	60.2	01ene.2000, 18:20	31.90
JU4	784.389	353.3	01ene.2000, 18:40	26.48
RE1	784.389	353.3	01ene.2000, 18:40	26.48
Intercuenca Lurin I	43.442	50.3	01ene.2000, 14:40	36.20
Sink-1	827.831	382.1	01ene.2000, 18:20	26.99

Global Summary Results for Run "Run 1"

Project: Lurin\_TR1000 Simulation Run: Run 1

Start of Run: 01ene.2000, 00:00 Basin Model: Cuenca\_Lurin  
End of Run: 04ene.2000, 00:00 Meteorologic Model: Met 1  
Compute Time:02set.2021, 06:50:17 Control Specifications:Hidrograma

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 Chalilla	126.570	31.5	01ene.2000, 20:20	14.04
Cuenca Taquia	126.080	39.2	01ene.2000, 20:00	17.02
JU1	252.650	70.6	01ene.2000, 20:00	15.52
RE6	252.650	70.6	01ene.2000, 20:00	15.52
Cuenca Llacmayqui	69.102	52.6	01ene.2000, 16:20	30.62
Intercuenca Lurin IV	97.780	66.6	01ene.2000, 17:40	31.51
JU2	419.532	174.2	01ene.2000, 18:00	21.74
RE4	419.532	174.2	01ene.2000, 18:00	21.74
Cuenca Canchahuara	171.310	69.9	02ene.2000, 00:40	27.85
Intercuenca Lurin III	13.633	15.9	01ene.2000, 14:20	34.25
JU3	604.475	226.9	01ene.2000, 19:40	23.75
RE3	604.475	226.9	01ene.2000, 19:40	23.75
Cuenca Chamacna	88.587	97.0	01ene.2000, 18:00	51.64
Intercuenca Lurin II	91.327	74.3	01ene.2000, 18:20	39.16
JU4	784.389	394.4	01ene.2000, 18:20	28.69
RE1	784.389	394.4	01ene.2000, 18:20	28.69
Intercuenca Lurin I	43.442	61.2	01ene.2000, 14:20	43.80
Sink-1	827.831	429.7	01ene.2000, 18:00	29.49

### III. CONCLUSIONES. Y RECOMENDACIONES.

#### 3.1. Conclusiones

3.1.1. La disponibilidad Hídrica al 75% de persistencia es de la siguiente manera:





*“Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”*

CAUDAL GENERADO - INTERCUENCA LURIN (m <sup>3</sup> /Seg)													
DATOS		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Q. 75%	m3/s	2.64	6.87	7.62	3.77	1.80	0.71	0.56	0.34	0.13	0.00	0.00	0.63
Q. 75%	Hm3	7.08	16.63	20.40	9.77	4.82	1.83	1.50	0.92	0.33	0.00	0.00	1.69

**3.1.2.** El caudal ecológico determinado para el presente ámbito o tramo de estudio.

CAUDAL GENERADO - INTERCUENCA LURIN (m <sup>3</sup> /Seg)													
DATOS		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Caudal Ecológico	m3/s	1.05	0.61	3.13	0.97	0.68	0.31	0.21	0.13	0.00	0.00	0.00	0.09
	Hm3	2.80	1.49	8.38	2.52	1.82	0.81	0.57	0.34	0.00	0.00	0.00	0.24

**3.1.3.** El cálculo de la demanda hídrica:

DESCRIPCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL (m3/año)
Demanda Total (m <sup>3</sup> )	-	-	-	690,921.05	738,126.32	670,421.05	725,073.68	787,807.89	819,078.95	870,039.47	817,263.16	747,631.58	6,866,363.16

**3.1.4.** La capacidad máxima del Vaso, según la Curva H-V-A, es de hasta 7.39 hm<sup>3</sup> a una cota de 1376msnm. Según la topografía alcanzada

**3.1.5.** La capacidad de Almacenamiento de la Presa es de 7.39 hm<sup>3</sup>, que corresponde al nivel máximo de operación (NAMO), dejando 2.0m desde la cota corona de 1376 msnm.

**3.1.6.** Para el volumen de almacenamiento indicado, el proyecto beneficiará a 750 ha, con una tasa anual de uso del Agua de 6.87 hm<sup>3</sup> /año y aporte en meses de estiaje (agosto a noviembre)

**3.1.7.** La disponibilidad hídrica que se genera en la cuenca destinados al Almacenamiento en la Represa, son suficientes para satisfacer la Demanda hídrica planteada (750 ha), al realizar la Simulación de almacenamiento se observa que en ningún mes promedio existe desabastecimiento de agua.

**3.1.8.** Del estudio hidrológico de máximas avenidas, realizado en la cuenca de la Palma Alta, se concluye lo siguiente:

**3.1.9.** De las pruebas de detección de datos atípicos realizados a las estaciones, se determinó que la estación Chosica, no presenta datos atípicos en la serie para el análisis. Por lo tanto, se encuentran dentro del límite de confianza y no se ha retirado ningún dato de la serie histórica.

**3.1.10.** De la simulación hidrológica se han obtenido siguientes caudales máximos para cada cuenca en estudio para un periodo de retorno de 100, 500 y 1000 años:

CUENCA	TR AÑOS	CAUDAL m <sup>3</sup> /s
Palma Alta	100	252.6
	500	382.1
	1000	429.7

**3.1.11.** La quebrada muestra arrastre de flujo de lodos, por el tipo de material de



PERÚ

Ministerio  
de Desarrollo Agrario  
y Riego



*"Decenio de la Igualdad de oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"*

la cuenca, por lo cual se recomienda realizar el modelamiento hidráulico de flujo de lodos.

### **3.2. Recomendaciones**

- 3.2.1.** Considerando que la finalidad de este estudio hidrológico de máximas avenidas es el diseño de la presa Palma alta se recomienda considerar caudales máximos para dimensionar la infraestructura propuesta.
- 3.2.2.** Es preciso implementar dispositivos de medición de caudales para un mejor monitoreo hidrológico.

## **IV. ANEXOS.**

- Anexo N° 01. Estudio Hidrológico.