



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



Informe técnico: Situación hidrológica de los Ríos Colca-Majes

Elaborado por:

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI

Dirección de Hidrología / Subdirección de Predicción Hidrológica
Dirección Zonal 6 - Arequipa.



EL PERÚ PRIMERO

INFORME SITUACIÓN HIDROLÓGICA DE LOS RÍOS COLCA-MAJES

I. ANTECEDENTES:

El día 18 de Junio a las 01:42 horas se produjo un deslizamiento de tierra de aproximadamente 80 hectáreas en los distritos de Achoma e Ichupampa provincia de Caylloma, región Arequipa, provocando la obstrucción del río Colca y generando el embalsamiento natural de sus aguas, la posibilidad de rotura podría generar un incremento en el caudal del río principalmente en la parte baja del Valle del Colca, Valle de Majes-Camaná en los distritos de Aplao, y Corire en la provincia Castilla y el distrito Nicolás de Piérola de la provincia Camaná de la Región Arequipa. En las figuras 1 y 2 se puede apreciar las imágenes del satélite de PerúSat de la zona del deslizamiento.



Figura 1. Imagen 08 de Agosto 2019
Fuente: Agencia espacial del Perú



Figura 2. Imagen 20 de Junio 2020

En las imágenes mostradas anteriormente se puede apreciar en el lado izquierdo una imagen de satélite sobre el río Colca antes del deslizamiento, en la segunda imagen se aprecia como el gran volumen de tierra deslizado sobre el cauce del río Colca ha generado un dique natural que está embalsando el río, según la información reportada el dique presenta una altitud variable que va desde los 40 hasta los 70 m. De acuerdo a las dimensiones que presenta el dique, la posibilidad que se rompa por acción de la presión de agua es muy remota, por lo que ante esta situación las autoridades competentes han dispuesto el inicio de trabajos de movimiento de tierras con maquinaria pesada con la finalidad de generar una especie de aliviadero en la margen izquierda del río para desalojar el volumen de agua acumulado y al mismo tiempo permitir que el caudal transite a través del dique.

Esta medida va permitir el desembalse gradual del volumen acumulado y de esta manera evitar que se acumule nuevamente con el fin de mitigar el impacto que tendría un incremento del caudal en la parte baja de la cuenca.



Figura 3. Vista del embalse y los pueblos de Ichupampa y Yanque
Fuente: Elaboración propia

El SENAMHI, ha venido informando a través de comunicados, sobre la evolución del comportamiento hidrológico de los ríos Colca-Majes asociado al represamiento. El presente informe, que ha sido elaborado de manera conjunta entre la Dirección Zonal de Arequipa y la Dirección de Hidrología del SENAMHI, tiene como objetivo ampliar la evaluación hidrológica de la cuenca considerando los potenciales peligros asociados a los volúmenes de almacenamiento.

II. Evaluación hidrológica

El SENAMHI cuenta con tres estaciones de monitoreo hidrológico en la cuenca, según el esquema hidráulico de la figura 4. En las estaciones hidrológicas de Sibayo y Hacienda Pampatá sólo se monitorea el nivel de agua, mientras que en la estación de Huatiapa se monitorea nivel de agua y caudal.

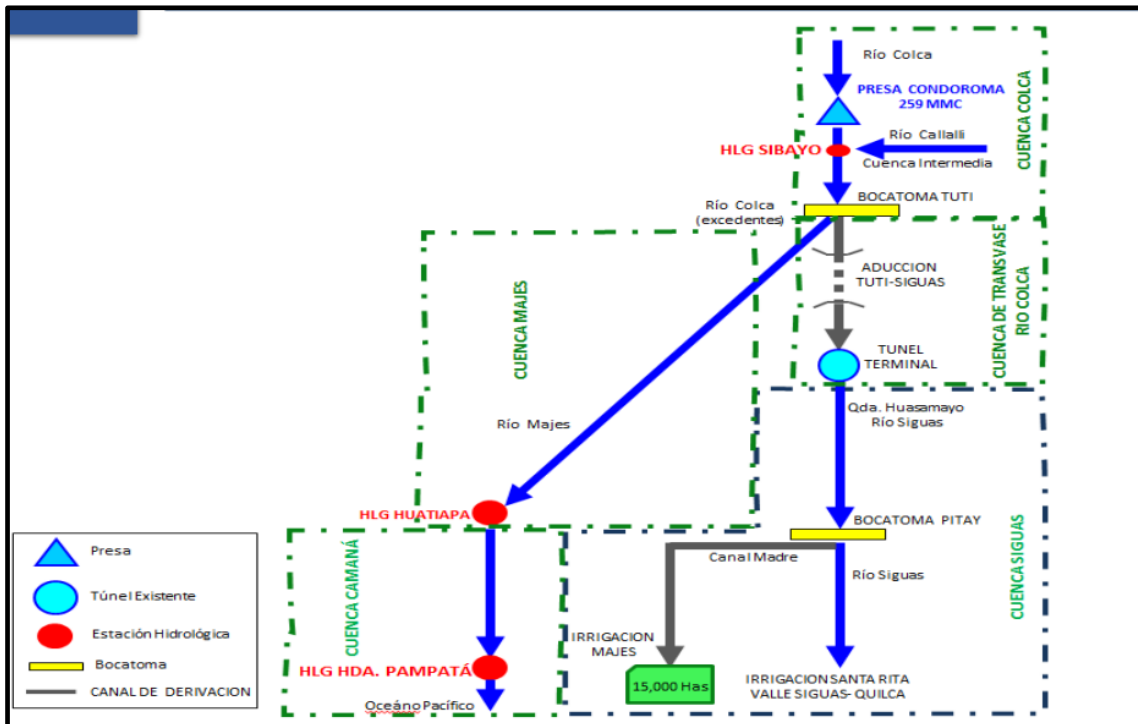


Figura 4. Esquema del sistema hidráulico de la cuenca Colca-Majes-Camaná y estaciones hidrológicas
Fuente: Cutipa, J

Los caudales naturales del río Colca son regulados en la represa de Condoroma, ubicada sobre los 4000,0 msnm en la cabecera de la cuenca del río Colca. Este caudal regulado es captado en la bocATOMA Tuti y derivado a través de un canal de aducción Tuti-Siguas para satisfacer las demandas de la Pampa de Siguas en la cuenca Quilca-Chili. Aguas abajo de la bocATOMA Tuti el río Colca sólo recibe los excedentes hídricos que aportan quebradas.

El día 20 de junio, personal de la Dirección Zonal SENAMHI-Arequipa, ejecutó una visita de campo a la zona del deslizamiento y en la zona de Yanque, ubicada a 2 700 metros de distancia de la zona de embalse, se realizó el aforo obteniendo un caudal de 1,80 m³/s; a este caudal se debe agregar los aportes de quebradas intermedias por lo que se estima que en el punto de afectación por el deslizamiento este llegando un caudal aproximado de 2,0 m³/s. Este caudal es el excedente hídrico que queda en el río Colca después de la captación y derivación que se hace desde la bocATOMA Tuti. El día 20 de junio todo el caudal captado en la bocATOMA Tuti era derivado por el canal, según los reportes de Movimiento hídrico Sistema Colca que publica AUTODEMA,

<https://autodema.gob.pe/reportesom/frmRptcolca.aspx>

Asimismo, personal de SENAMHI realizó el día 24 de junio el aforo en el río Majes-Camaná (Estación Huatiapa) a fin de monitorear el comportamiento hidrológico del río obteniendo un caudal de $36,8 \text{ m}^3/\text{s}$, este valor indica condiciones estables en el río.



Figura 5. Río Majes-Camaná en estación Huatiapa
Fuente: Jesús Medina DZ6 Arequipa



Figura 6. Aforo en el río Colca cerca de Yanque
Fuente: G. Gutiérrez Director Senamhi Arequipa

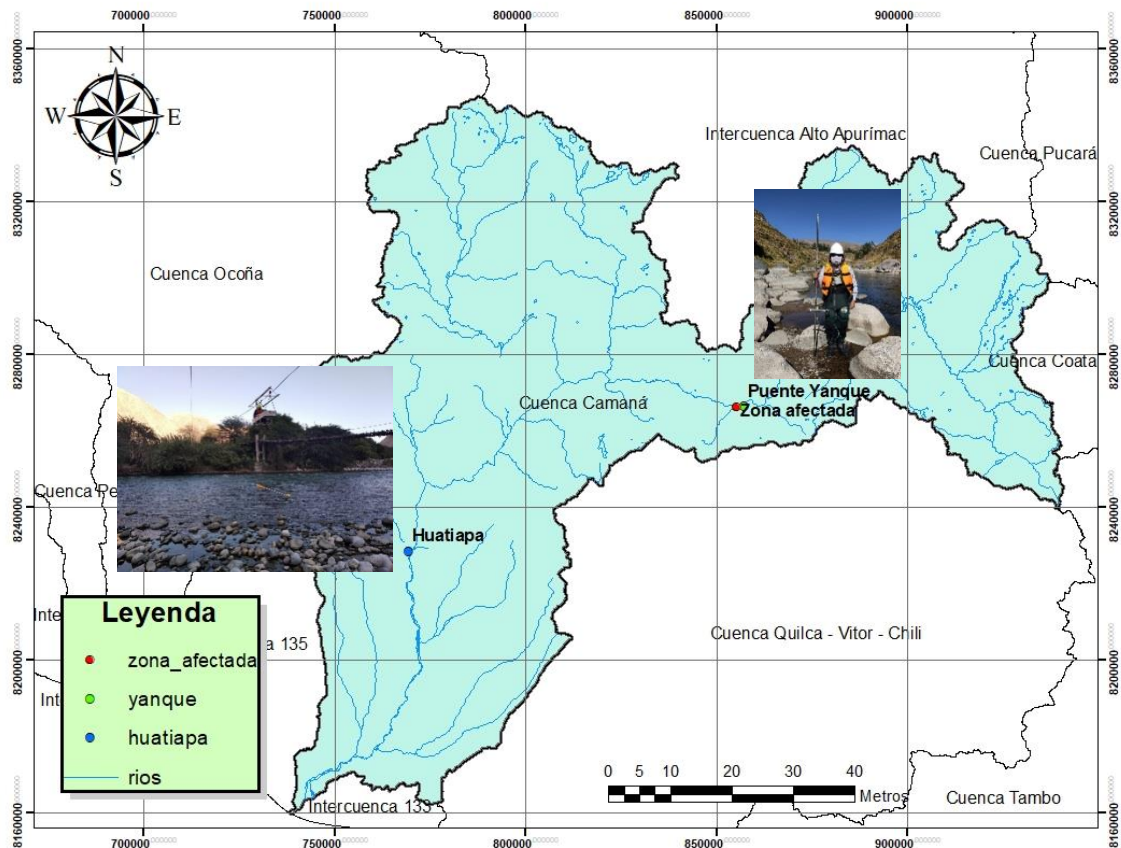


Figura 7. Ubicación de los Puntos de aforo.
Fuente: Elaboración propia

2.1 Estimación del área y altura del dique

En base a la información topográfica levantada con dron por el INGENMET realizado el día 20 de junio, se generó el modelo de elevación digital para la zona del deslizamiento, tal como se presenta en la figura 8. El área estimada que bloquea el río Colca es de aproximadamente 450 000 m² y está ubicado entre las cotas de elevación 3 360 y 3 427. Como se puede observar en la figura la altura del dique es variable y solo alcanza una altura de 67 metros en la parte más alta del dique (color verde oscuro). El muro del dique que está en contacto con el agua tiene en promedio

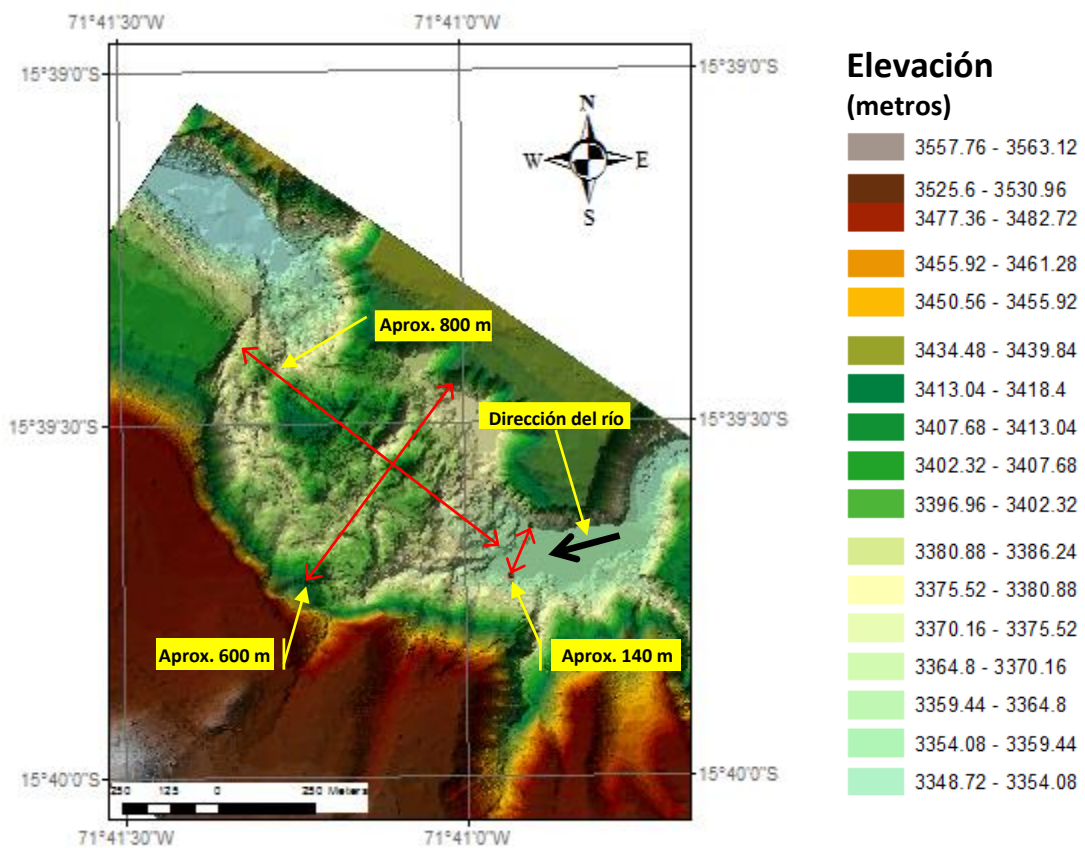


Figura 8. Modelo de elevación digital de la zona de deslizamiento del día 20 de junio
Fuente: Elaboración propia

2.2 Estimación de la capacidad de almacenamiento del vaso

En base a la información cartográfica de las imágenes de ALOS Palsar se ha realizado estimaciones de la superficie del espejo de agua y la capacidad de almacenamiento del vaso formado aguas arriba del dique. Para una altura de 40 m se ha estimado una capacidad de almacenamiento de 8,83 MMC tal como se presenta en la Tabla 1. Para el día 20 de junio el volumen captado fue de 0,52 MMC y un nivel de agua estimado de 10 m, asumiendo un caudal de entrada de 2,0 m³/s, tal como se muestra en la Tabla 1.

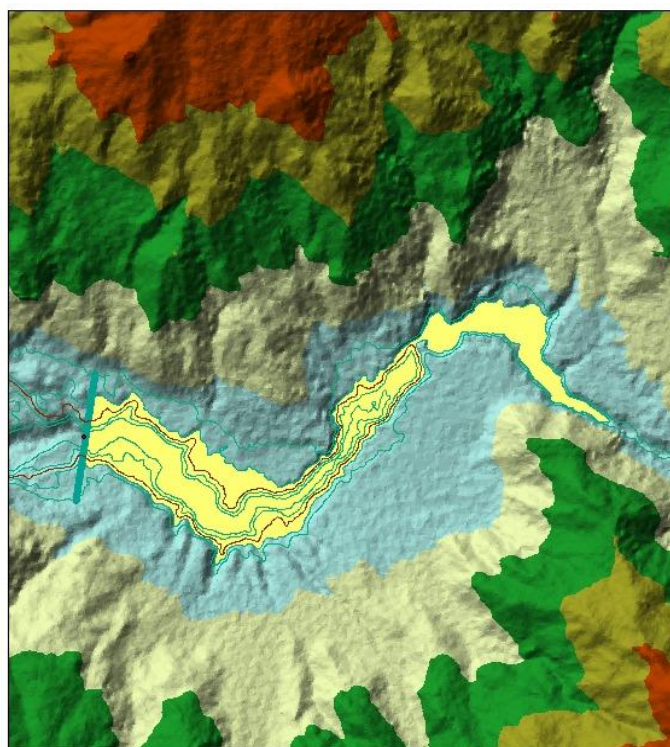


Figura 9. Imagen ALOS Palsar para el procesamiento de la capacidad del embalse
Fuente: Elaboración propia

Tabla 1. Volumen de almacenamiento estimado para diferentes niveles de agua

| Nivel (m) | Cota ALOS (msnm) | Area Espejo de agua (m ²) | Vol (MMC) |
|-----------|------------------|---------------------------------------|-----------|
| 0 | 3 351 | 0,00 | 0,00 |
| 10 | 3 361 | 128231,52 | 0,52 |
| 20 | 3 371 | 23922,00 | 1,40 |
| 30 | 3 381 | 372745,40 | 3,40 |
| 40 | 3 391 | 715732,54 | 8,83 |

En base a los diferentes volúmenes de almacenamiento del vaso y al caudal constante de entrada se determinó la fecha probable en que se alcanzaría el nivel de 40 m, según se ilustra en la figura 10.

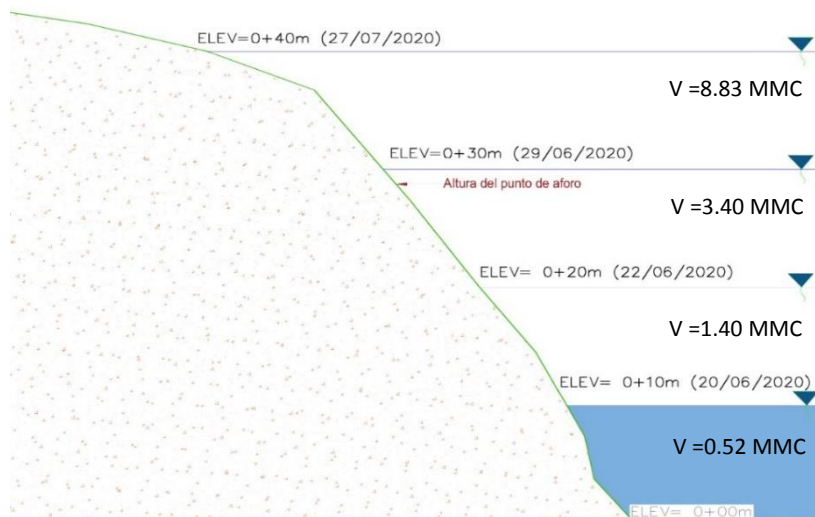
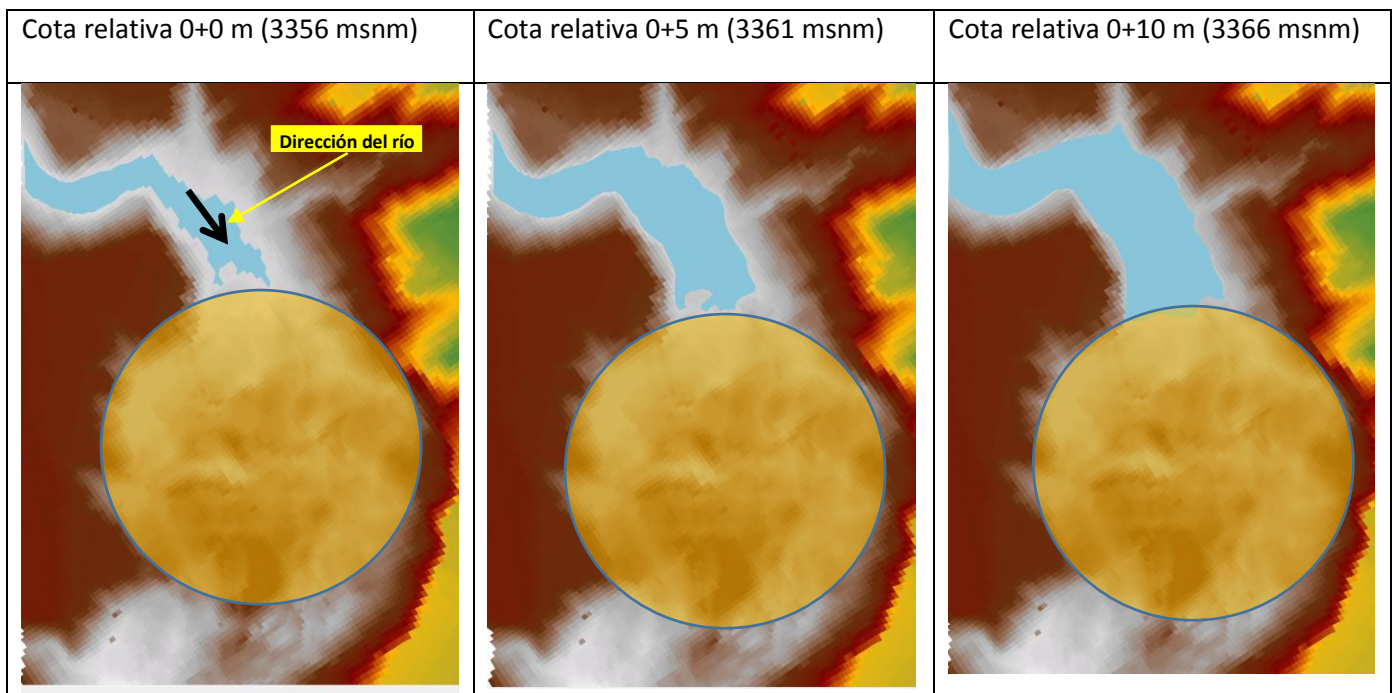


Figura 10. Volumen de almacenamiento para diferentes elevaciones del nivel de agua
Fuente: Elaboración propia

Para el día 28 de junio en que se ha reportado la inundación de los baños termales de Chacapi, el nivel de agua alcanzado en el dique fue 28,6 m.

A continuación se muestran proyecciones de los niveles de agua para distintos valores de cota del terreno. El mapa de elevación digital se generó a partir de las curvas de nivel proporcionado por el INGEMMET.



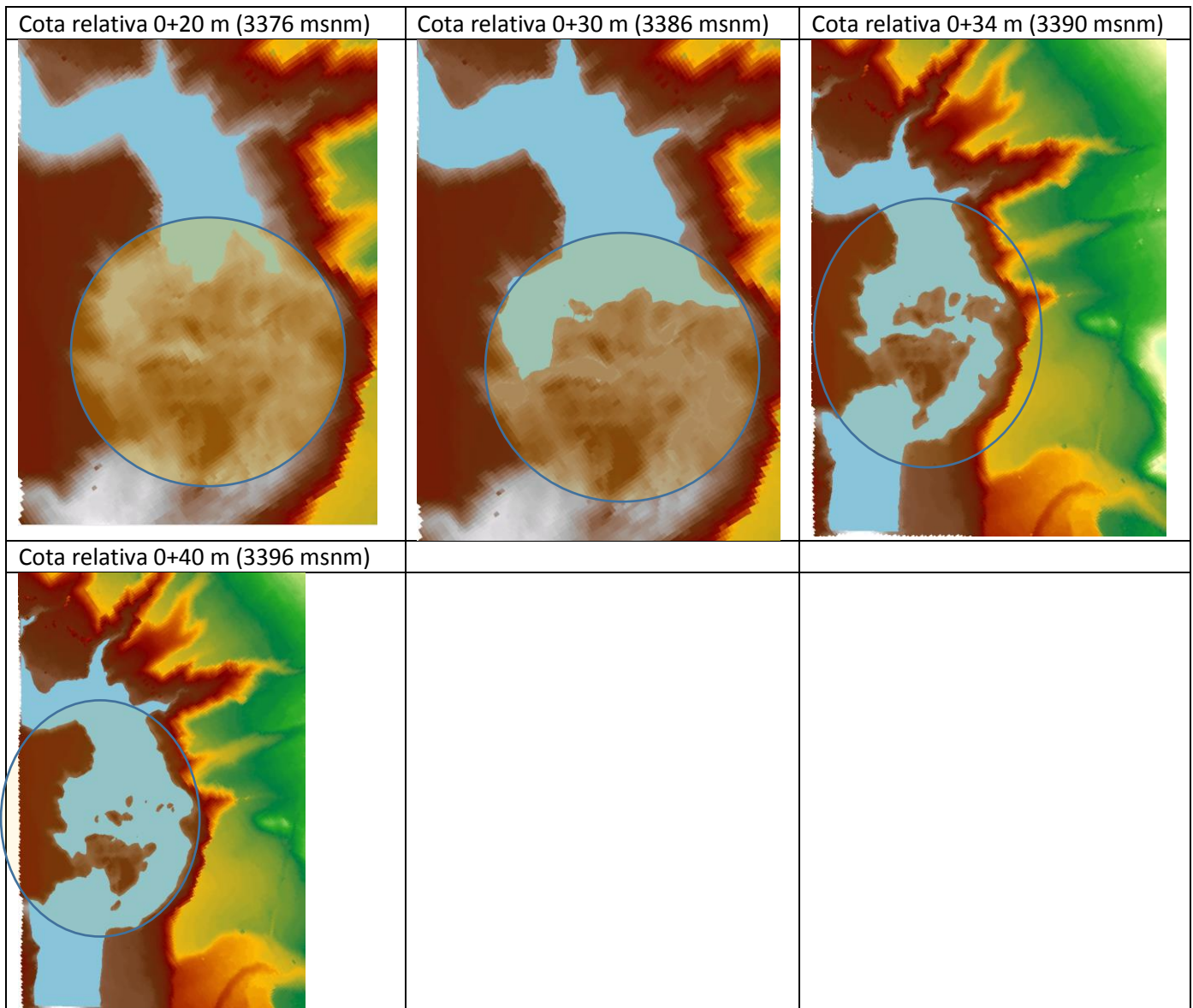


Figura 11. Simulación del nivel de agua embalsada para distintos valores de cota del terreno
Fuente: Elaboración propia

2.3 Peligros asociados

La presencia del dique de tierra de formación natural producto del deslizamiento de material coluvial con capas de arenas y limo-arcilla, que a la fecha viene embalsando las aguas del río Colca, representa un peligro debido a que dicho dique no cuenta con ningún tipo de seguridad estructural por lo cual podría fallar y generar una descarga violenta no controlada del agua combinada con el material de suelo del dique, esto formaría flujos con alta concentración de sólidos, o incluso formar flujos hiperconcentrados que generen inundaciones aguas abajo del dique.

El mecanismo de falla principal en este tipo de formación de tierras, ocurre cuando se da una gran cantidad incontrolada de erosión. Existen varios mecanismos para diferentes sistemas de falla de presas, sin embargo, para el caso del represamiento del río Colca aún no se ha realizado este tipo de evaluación por lo tanto aún no es posible determinar el nivel de vulnerabilidad y riesgo del mismo con exactitud.

Basados en las imágenes de ALOS se ha determinado que aguas arriba del dique la cola del embalse se extendería hasta el sector de Yanque donde el incremento del nivel de agua ya está ocasionando estragos. En la figura 11 se ilustra el área de influencia del embalsamiento del río Colca, donde se indica el punto del aforo realizado por el SENAMHI el día 20 de junio del presente año.

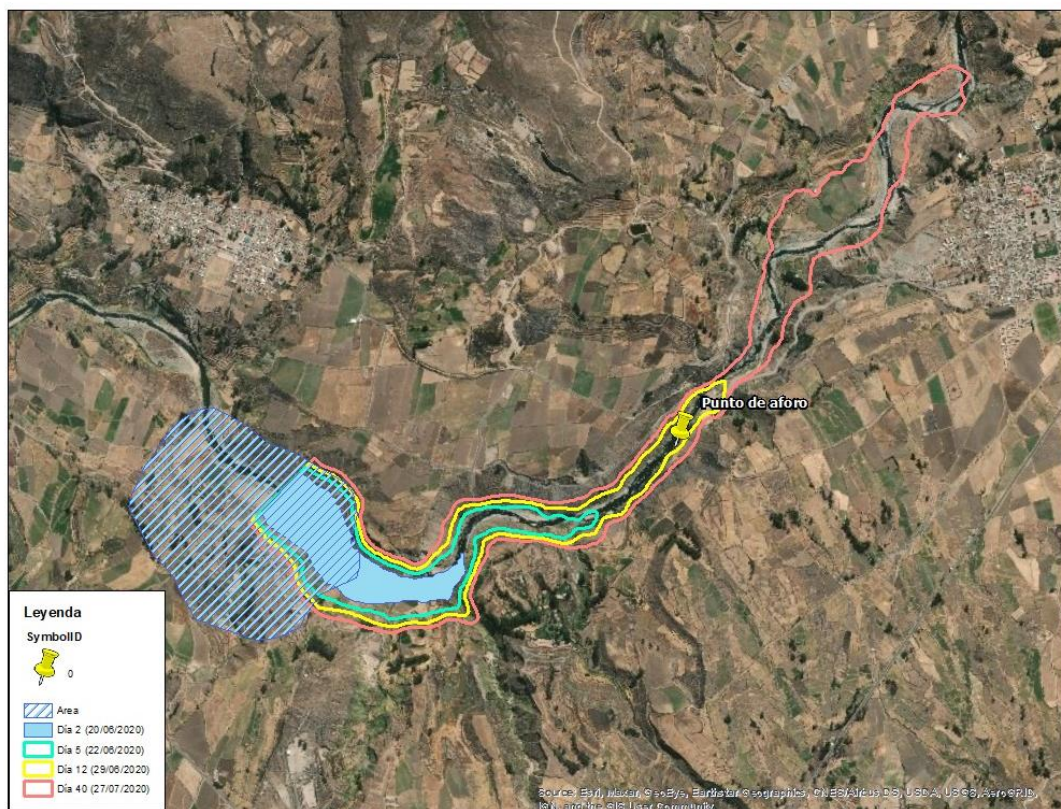


Figura 12. Área de influencia del embalse aguas arriba del dique. Curvas de nivel cada 10 m donde la curva celeste corresponde a Elev=0+10m
Fuente: Elaboración propia

2.4 Impactos observados y validación de las estimaciones realizadas

En todo modelamiento es importante validar los resultados con el fin de verificar si las proyecciones son correctas o no, en el caso del río Colca el punto de verificación que se ha considerado es el puente que se encuentra cerca de los baños termales de Chacapi del Distrito de Yanque, ubicado en la margen izquierda del río Colca, lugar cercano al sitio donde el SENAMHI realizó el aforo el día 20 de junio.

Las imágenes que se muestran son del día 28 de junio y se observa que las pozas termales ya están sumergidas casi en su totalidad, la parte central del puente también se encuentra muy cerca del nivel del río y es muy probable que quede afectado en los próximos días. Este punto se ubica en las siguientes coordenadas: latitud $-15,65^\circ$ y longitud $-71,67^\circ$ y está ubicado a solo 1 150 metros del pueblo de Yanque.



Figura 13. Puente en Baños termales de Chacapi (28 de junio)



Figura 14. Puente en Baños termales de Chacapi (30 de junio)



Figura 15. Puente en baños termales de Chacapi en condiciones normales

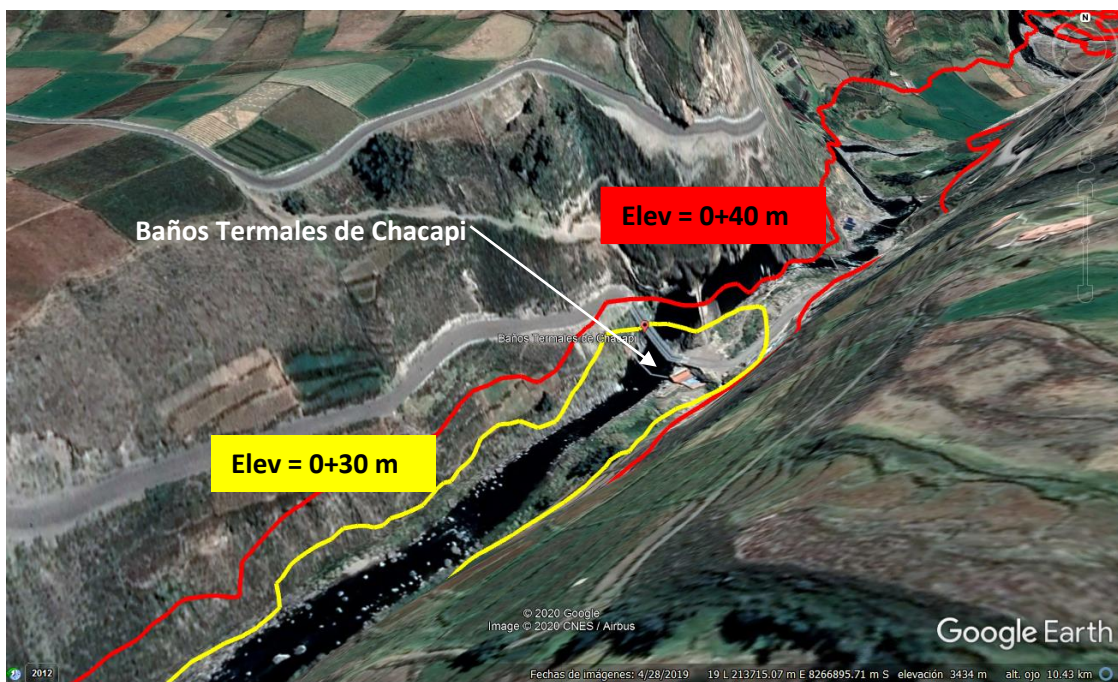


Figura 16. Verificación de la altura de agua proyectada con respecto a baños de Chacapi.

III. CONCLUSIONES

1. El caudal circulante en el río Colca que ingresa a la zona del embalse en promedio es de $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Dicho caudal corresponde a los excedentes hídricos que circulan en el río Colca aguas abajo del transvase de agua desde la bocatoma Tuti hacia la cuenca del río Siguan.
2. En la estación de Huatiapa el caudal del río Majes se mantiene estable con $36,8 \text{ m}^3/\text{s}$.
3. Para una altura de dique de 40 m el volumen máximo de almacenamiento estimado es de 8,83 MMC.
4. El volumen de almacenamiento para una elevación del nivel de agua de 40 metros en el dique se alcanzaría a fines del mes de julio.
5. Para el día 28 de junio el volumen de almacenamiento ha sido estimado en 3,40 MMC (38% del volumen total) para un nivel de agua de 28,6 m.
6. Los peligros asociados a este represamiento natural de las aguas del río Colca en caso de que no sea drenado oportunamente se puede dar aguas arriba como aguas abajo del dique. Aguas abajo existe el peligro de descargas descontroladas que viertan por el dique cuando se inicie el desvío por el canal de drenaje. Aguas arriba del dique la cola del embalse ya viene presentando impactos por la elevación del nivel de agua que ha inundado los baños termales de Chacapi en el distrito de Yanque. Se ha determinado que por la topografía del terreno el pueblo de Yanque no se puede inundar, lo que sucedería en todo caso es que el agua sobrepase la altura del dique afectando hacia aguas abajo del dique.
7. Desde el punto de vista del aprovechamiento hídrico, aguas abajo del dique el río está seco lo cual está afectando la demanda de agua de los diferentes usuarios.

IV. RECOMENDACIONES

Algunas recomendaciones que se deben de acotar, son las siguientes:

1. En principio continuar con las labores de movimiento de tierras, bajo condiciones de seguridad que no provoquen mayor inestabilidad del terreno.
2. Continuar monitoreando por medio de fotografías el puente cerca a los Baños termales de Chacapi con el fin de validar las proyecciones de las cotas y volúmenes de agua.
3. Realizar la evaluación geológica de los posibles mecanismos de falla del dique y realizar simulaciones numéricas de los caudales críticos de rotura para generar los escenarios de riesgo.
4. Elaborar la topobatimetría del vaso para mejorar las estimaciones de los volúmenes de almacenamiento.
5. En la medida de lo posible se debería regular de manera controlada los afluentes y aportes del embalsamiento aguas arriba del deslizamiento.
6. Delimitar áreas de peligro susceptibles a deslizamiento, cercanas a la falla previa, y restringir el acceso de las personas por su seguridad.