



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Sistema de alerta temprana para inundaciones, Caso: Quebrada Solivín, San Jacinto – 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR(ES):

Silva Pereda, José Luis (ORCID: 0000-0003-2159-7443)

Sparrow Anicama, Jean Franco (ORCID: 0000-0002-4985-5339)

ASESOR:

Mg. Segura Terrones, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-9320-0540)

LINEA DE INVESTIGACION:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

La presente tesis se la queremos dedicar directamente de manera especial a nuestras familias, agradecidos a ellos por su confianza, por su amor y sobre todo su gran apoyo incondicional, para Uds.

AGRADECIMIENTO

Para todos que de distintas maneras se involucraron ya sea de manera directa e indirectamente para con nuestro desarrollo, ayudándonos alcanzar el sueño de ser profesionales.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	4
III. METODOLOGÍA.....	9
3.1 Tipo y Diseño de Investigación	9
3.2 Variables y operacionalización.....	10
3.3 Población, muestra y muestreo	10
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	11
3.5 Procedimientos	11
3.6 Métodos de análisis de datos	12
3.7 Aspectos éticos	12
IV. RESULTADOS	13
V. DISCUSIÓN	46
VI. CONCLUSIONES.....	50
VII. RECOMENDACIONES.....	51
VIII. REFERENCIAS:.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Partes de un sistema de alerta temprana.....	9
Tabla 2. Cuadro de instrumentos de datos.....	11
Tabla 3. Cuadro de informe de la quebrada	18
Tabla 4. Cuadro de estaciones pluviométricas.....	19
Tabla 5. Máxima precipitación en 24 horas, periodo registrado de 30 años.	21
Tabla 6. Promedio de precipitaciones	21
Tabla 7. Cálculo para determinar el número de curva para cada subcuenca considerando la condición de humedad según su antecedente normal AMC II.	25
Tabla 8. Clasificación de clases antecedentes de humedad (AMC) para el método de abstracciones de lluvia del SCS.	25
Tabla 9. Resultados obtenidos de la precipitación de 5 días.....	26
Tabla 10. Resultados considerados de parámetros con el método SCS Lag.	26
Tabla 11. Resultados de pesos relativos de las estaciones en las subcuencas.....	26
Tabla 12. Resultados de lluvias del mes de marzo 2017, en estaciones circundantes a la quebrada Solivin.....	26
Tabla 13. Resultados del registro de información según GPS.	28
Tabla 14. Resultados de cálculo de coeficiente.	28
Tabla 15. Parámetros del cauce obtenidos al ingresar en el software Hec-Hms.	28
Tabla 16. Comparación de precio de equipos.....	38
Tabla 17. Presupuesto referencial de instalación.	39
Tabla 18. Presupuesto referencial de operación anual.	40
Tabla 19. Estados de alerta para un sistema de alerta temprana.	43
Tabla 20. Funcionamiento de un sistema de alerta temprana.....	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de la quebrada Solivín.....	13
Figura 2. Cuadro estadístico del distrito de Nepeña.....	14
Figura 3. Carta cartográfica.....	16
Figura 4. Estación meteorológica Yungay.....	19
Figura 5. Estación meteorológica buena vista.....	20
Figura 6. Variación de las precipitaciones.....	22
Figura 7. Hietograma de precipitación media mensual.....	22
Figura 8. Hietograma de precipitación media anual.....	23
Figura 9. Hidrograma generado en la intersección (inicio de la subcuenca).....	27
Figura 10. Hidrograma de la subcuenca de Solivín.....	28
Figura 11. Estación hidrométrica tipo radar.....	31
Figura 12. Diseño de operación de un SAT típico.....	33
Figura 13. Operación del SAT.....	34
Figura 14. funcionamiento del SAT con sirena.....	34
Figura 15. Pluviómetro meteodata - GEONICA.....	40
Figura 16. Pluviómetro automático - SUTRON.....	41
Figura 17. Sistema automático - SEBAS.....	41
Figura 18. Ubicación actual de la zona de estudio.....	42
Figura 19. Pluviómetro automático - SEBAS.....	43

RESUMEN

Se tiene que tener en cuenta que en el Perú la ocurrencia para las lluvias durante las épocas de impactos meteorológicos, como en el fenómeno del niño, hacen que los ríos especialmente de la costa estén en constante aumento de caudales lo que origina que su cauce aumente en proporciones inimaginable a los habituales, a esto se suma la alteración de los cauces por diferentes motivos (arrojo constante de basura o desmonte, por distintas actividades humanas, por la erosión, etc.) estos son algunos de los factores que causan las inundaciones. Debido a estas épocas mencionadas por incrementos meteorológicos encontramos que conlleva a la crecida de los caudales de manera impensable lo conlleva a crear un sistema de alerta el cual servirá para poder prevenir y así poder evitar algún posible evento extraordinario.

Gracias a las cantidades de los ríos existentes en el litoral de la costa peruana, esto conlleva a poner en marcha el desarrollo para el acondicionamiento de futuros planes que puedan minimizar los perjuicios que podrían ser causa de este evento, esta metodología conlleva en primer lugar realizar un profundo análisis a los equipos que nos sirven para la medición hidrometeorológicas que existen en las cuencas y también estos datos que ellas nos proveerá, luego se llevara para el establecimiento o realización de un ejemplo hidrológico para así tener poder tener como finalidad el simular el posible comportamiento real del río cuando es alimentado por abundantes lluvias, lo que origina poder predecir caudales según tiempos en pequeños, mediano y en tiempos prolongados; luego de manera final proponer posibles mejoras a tener en cuenta cuando se active los sistemas que son el acopio de información, las que proporciona una reacción para evitar desastres.

Deseamos que nuestro proyecto pueda servir de ayuda para la realización de posibles implementaciones de alertas temprana, y también prevenir inundaciones para la Quebrada Solivín, así como de otros.

Palabras Clave: Inundación Fluvial, Peligro, riesgo, SAT, modelamiento hidrológico, estaciones hidrométricas.

ABSTRACT

It must be taken into account that in Peru the occurrence of rains during times of meteorological impacts, such as in the El Niño phenomenon, cause rivers, especially on the coast, to constantly increase in flow, which causes their channel to increase. In unimaginable proportions to the usual ones, to this is added the alteration of the riverbeds for different reasons (constant dumping of garbage or clearing, by different human activities, by erosion, etc.) These are some of the factors that cause floods. Due to these times mentioned by meteorological increases, we find that it leads to the rise of the flows in an unthinkable way that leads to the creation of an alert system which will serve to prevent and thus be able to avoid any possible extraordinary event.

Thanks to the amounts of the existing rivers on the coast of the Peruvian coast, this leads to start the development for the conditioning of future plans that can minimize the damages that could be caused by this event, this methodology involves first of all carrying out a deep analysis of the equipment that serves us for the hydrometeorological measurement that exists in the basins and also these data that they will provide us, then it will be carried out for the establishment or realization of a hydrological example in order to have the purpose of simulating the possible real behavior of the river when it is fed by abundant rains, which originates to be able to predict flows according to times in small, medium and long times; then finally propose possible improvements to take into account when activating the systems that are the collection of information, which provides a reaction to avoid disasters.

We hope that our project can help to carry out possible early warning implementations, and also prevent floods for Quebrada Solivín, as well as others

Key Words: River Flood, Danger, risk, SAT, hydrological modeling, hydrometric stations.

I. INTRODUCCIÓN

La región Áncash siempre es afectada por el fenómeno del Niño Costero del cual los lugares del Callejón de los Conchucos, tanto como el Callejón de Huaylas, son lugares donde realmente se puede apreciar el daño. En este caso tomaremos en cuenta los hechos registrados desde el 02 de febrero del año 2017, donde se registraron precipitaciones pluviales de moderada hasta obtener un fenómeno de poco común el cual ha venido generando derrumbes, inundaciones, huaycos los cuales ponen como en peligro el bienestar de los moradores de la zona, poniendo también en riesgo algunas viviendas, terrenos agrícolas, vías de comunicación y locales de uso común, esto ocurre de manera masiva en todas las provincias de nuestro departamento de Áncash. El cual con fecha de 14 del mes de marzo sufrió un golpe por parte de este fenómeno, lo que origino lluvias de manera intensa que logro afectar de manera principal al distrito de Cáceres del Perú, estas lluvias de manera intensa origino la activación de quebradas existentes que son la de san Cristóbal, Solivín, san juan y san José. Al activarse estas quebradas originaron el incremento de forma desmedida del rio Nepeña aumentando su caudal, el que por incremento dejo incomunicado al distrito con los demás distritos de la provincia, esto por el colapso del puente Huambacho, también se perdió el servicio de telecomunicación esto debió a la ruptura de cable conductor de datos (fibra óptica).

Debido a esto, se motivó a presentar el modelo de investigación el cual cuenta con el propósito de crear un estudio hidrológico para la quebrada Solivín, el cual permitirá poder comprender a la quebrada Solivín frente a posibles crecidas generadas por fenómenos pluviales, esto permitirá poder definir métodos de reducciones por desastres en el lugar, para poder realizarlos de manera económica y eficaz.

Este modelo nos ayudará estimar con los resultados el porcentaje de agua en la parte interna de la cuenca, también nos conducirá a poder obtener la distribución espacial creada por la lluvia su escorrentía y propagación.

En este caso se entiende que la quebrada Solivín, se activa cada cinco años y trae consigo el agua acumulada en ese periodo de tiempo, el cual es generado en un periodo de tiempo corto, estas quebradas son quebradas secas, y se activan en épocas de lluvia, estas quebradas son las que alimentan al rio Nepeña, las que usualmente no traen agua, ya que el mayor tiempo posible estas secos y normales, y solo se activan en épocas donde son influenciados por el fenómeno natural ya mencionado, en años hiperhúmedos esta quebrada desata huaycos los cuales arrastran las arenas que se fueron acumulando por el periodo de tiempo seco, estas bajan en grandes cantidades hacia tierras en la

parte baja de la cuenca rellenándolas, destruyendo y erosionando las tierras de cultivo, también se tiene que considerar los daños no solo en terrenos agrícolas si no en todo lo que viene destruyendo en su paso, como los daños causados al sector urbano rural, a los caminos, a las viviendas, a la zona industrial, puentes, instalaciones de agua de consumo humano, desagüe, torres de energía eléctrica de alta tensión y postes de alumbrado público, etc.

Dicho esto, analizamos la realidad problemática, entonces surge el problema para la investigación: ¿Cómo establecer un sistema de alerta temprana para prevenir desbordamientos, empleando un modelo hidrológico creado en HEC-HMS para la quebrada Solivín – San Jacinto en el año 2021?

Para esto la presente investigación se justifica en el ámbito social ya que dicha investigación se basa en que en La región Áncash siempre es afectada por el fenómeno del Niño Costero del cual los lugares del Callejón de los Conchucos, tanto como el Callejón de Huaylas, son lugares donde realmente se puede apreciar el daño. En este caso tomaremos en cuenta los hechos registrados desde el 02 de febrero del año 2017, donde se registraron precipitaciones pluviales de moderada hasta obtener un fenómeno de poco común el cual ha venido generando derrumbes, inundaciones, huaycos los cuales ponen como en riesgo la integridad de los habitantes de la zona, poniendo también en riesgo algunas viviendas, terrenos agrícolas, vías de comunicación y locales de uso común, esto ocurre de manera masiva en todas las provincias de nuestro departamento de Áncash. El cual con fecha de 14 del mes de marzo sufrió un golpe por parte de este fenómeno, lo que origino lluvias de manera intensa que logro afectar de manera principal al distrito de Cáceres del Perú, estas lluvias de manera intensa origino la activación de quebradas existentes que son la de san Cristóbal, Solivín, san juan y san José. Al activarse estas quebradas originaron el incremento de forma desmedida del rio Nepeña aumentando su caudal, el que por incremento dejo incomunicado al distrito con los demás distritos de la provincia, esto por el colapso del puente Huambacho, también se perdió el servicio de telecomunicación esto debió a la ruptura de cable conductor de datos (fibra óptica).

Debido a esto, se motivó a presentar el modelo de investigación el cual cuenta con el propósito de crear un estudio hidrológico para la quebrada Solivín, el cual permitirá poder comprender a la quebrada Solivín frente a posibles crecidas generadas por fenómenos pluviales, esto permitirá poder definir métodos de reducciones por desastres en el lugar, para poder realizarlos de manera económica y eficaz.

Este modelo nos ayudará estimar con los resultados el porcentaje de agua en la parte interna de la cuenca, también nos conducirá a poder obtener la distribución espacial creada por la lluvia su escorrentía y propagación.

Para ello se tendrá como objetivo general Cómo establecer un sistema de alerta temprana para prevenir desbordes, empleando un modelo hidrológico creado en HEC-HMS para la quebrada Solivín – San Jacinto en el año 2021

De igual forma, se plantea presentar como objetivos específicos lo siguientes puntos: (1) Descripción y ubicación de la zona de estudio. (2) Conocer el diagnostico situacional actual de la Quebrada Solivín. (3) Realizar la generación de datos hidrológicos con un modelo hidrológico, utilizando los softwares HEC-HMS y el ArcGIS. (4) Proponer implementar los elementos para un sistema de alerta constituida por estaciones pluviométricas e hidrométricas. (5) Plantear un Sistema de Alerta Temprana de desbordes en la Quebrada Solivín usando un modelamiento hidrológico.

Como hipótesis de investigación para este trabajo se realizará de forma no experimental en un nivel descriptivo que tiene por finalidad generar una recomendación para la inserción de un sistema de preventivo para desbordes por inundaciones que se obtendrá y evaluará de datos obtenidos de la quebrada para con ello realizar el modelo hidrológico que nos va permitir conocer zonas de riesgo para con ello evitar y propones soliviones para mitigar los desastres originados por la naturaleza.

II. MARCO TEORICO

Moccetti (2016) en su investigación indica que los efectos de lluvia en el país del Perú, crean en los ríos un aumento considerable de caudal en proporciones mayores a las normales, las cuales suman para alterar el cauce (actividades humanas, arrojamiento de basura y desmonte, erosión, etc.) estas son algunas de las causas de las inundaciones. Debido a que el litoral de la costa peruana cuenta con una buena cantidad de ríos, se necesita desarrollar e implementar estrategias en las cuales se den daños mínimos por este tipo de fenómenos, una de estas estrategias sería la implementación del SAT, el cual se tomó el río Chillón como ejemplo, que se encuentra ubicado en el departamento de Lima, este río sufre constantes desbordes en época de avenidas, para ello se requiere inserción de un sistema de alerta; el cual nos alerte de forma anticipada para futuras ocurrencias en la zona más baja de la cuenca, ya que esta zona es la más poblada y sobre todo la más vulnerable. Esto llevara a tomar un análisis de riesgos tener un control de medición hidrometeorológico para la cuenca y estos datos proporcionados llevarlos a crear un modelo hidrológico para así simular el posible comportamiento del río Chillón en caso de precipitaciones en la zona de arriba de la cuenca y así predecir los caudales; al final de todo se designa proponer mejoras para los sistemas de toma de información, esto conlleva al tiempo que se podrá tener en cuenta en caso de desastre creando así un tiempo de reducción frente al mismo, este trabajo se dividió en cinco capítulos, donde se habla de conceptos básicos de lo que significa sistema de alerta temprana de inundaciones, seguido de esto nos habla de las características de la cuenca del río, las cuales fueron tomadas para poder realizar el modelamiento, luego se describe el estado total de las estaciones que existen en la actualidad y forman parte de la cuenca, y luego se describe como se creó el modelo hidrológico, como se calibró y de qué forma se usó el HEC-HMS, donde se definirán los componentes y la forma de operación del sistema propuesto, también incluye un presupuesto junto con un cronograma para implementación de este sistema, para luego dar paso a las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado, donde se espera que el trabajo pueda ser referente para usarse en la cuenca del río Chillón y en cualquier cuenca país que podría ser afectada por este fenómeno natural.

Borda (2018) en su investigación se puso como propósito poder analizar el nivel de efectividad de un sistema de alerta temprana, para prevenir máximas avenidas y cualquier tipo de inundación en el distrito de Parcona; a lo cual se concientizará a la población para saber cómo lidiar contra posibles inundaciones o casos de emergencia que provocaría diferentes amenazas, para ello los requisitos del sistema de alerta temprana

presenta una estructura de funcionamiento conformada por miembros de la comunidad, autoridades y organismos de respuesta, consiguiendo así que de manera conjunta la población sea informada de dichos procedimientos; en su estudio se tomó por finalidad poder medir entre el tipo de estudio con su variable común de sistema de alerta temprana, usando un estudio de forma descriptiva usando como fundamento el diseño que no fue experimental.

Lo que significó que dicha variable no estuvo manipulada de manera continua, su muestra fue los 84 pobladores del distrito, para su investigación uso la encuesta como referencia, y su variable fue de escala dicotómica. Sus datos fueron validados a intermedio de expertos en el tema analizado con el factor estadístico de alfa de cron Bach. La investigación concluyo en que los pobladores no cuentan en Parcona con una educación frente a desastres, este desconocimiento frente a posibles amenazas de inundaciones y huaycos, el cual demuestra un vacío existente de practica y desarrollo por la población.

Alzamora (2020) En su estudio se tomó por explicar la variable de sistema de alerta temprana (SAT) y su realidad, utilizo el formato de informe descriptivo, explicativo para ello utilizó el formato cuasi experimental, esto nos manifiesta que no hay obligación de manipuleo de variables, se tiene que reconocer que el sistema de alerta temprana, nos ayuda a conocer de manera anticipada con certeza, el tiempo y sobre todo el lugar de un posible evento natural, de diferentes características y sobre todo de las destructivas, esto provoca situaciones de mucho riesgo para todos los habitantes en lo cual generan muchas pérdidas económicas, para esto el sistema de alerta temprana se activa por un tiempo prudente lo que conduce a tomar de manera conjunta los datos recopilados por dicho sistema, para así poder actuar en coordinación, con la población y organismos de respuesta establecidos. En su investigación el en todo momento busco concluir con la concientización de los moradores del centro poblado Nicolás de Piérola para que sepan en cuento a los riesgos de posibles amenazas por fenómenos naturales, con procedimientos establecidos, para poder reaccionar en caso de huayco, el estudio mostro que las categorías otorgan poco compromiso por parte de la comunidad.

Pablo (2019) En su estudio el coloco como objetivo principal poder instalar un sistema de alerta para poder prevenir desbordes por máximas avenidas, para ello utilizo el software HEC-HMS creando un modelamiento en el rio culebras, para que de esta manera se pueda prevenir los desastres que se podrían ocasionar en consecuencia de un fenómeno natural, utilizo para su investigación el tipo descriptivo. Lo que realizo primero para su proyecto fue poder realizar el modelamiento hidrológico, en el cual se obtuvo la información de 9 sub cuencas, con parámetros geomorfológicos, utilizando el servicio de

conservación de suelos (SCS) lo que ayudo para determinar la curva número (CN) y las abstracciones iniciales de cada una de las sub cuencas, en el modelamiento pudo definir por el SCS que la lluvia logro transformar la escorrentía, y como pico de caudal obtuvo que será de 95.5 m³/s caudal que provoca inundaciones en el tramo del proyecto de investigación, se reconoce que tuvo como finalidad poder prevenir a los moradores acerca de un sistema de alerta temprana de inundaciones, eso permitirá conocer a la población posibles siniestros, se dio a conocer también las zonas vulnerables y los peligros a los cuales son expuestos los habitantes de la zona de estudio, en lo cual se espera que este proyecto sea de influencia para en un futuro posible se pueda implementar un sistema de alerta temprana, donde la zona beneficiada será las zonas cercanas al rio culebras, y también que se reconozca esta herramienta para poder no solo implementado en el rio culebras si no de manera uniforme en las diferentes cuencas del país, minimizando así las zonas vulnerables, esto es un gran logro para la ingeniería, el proponer un sistema de alerta temprana, para ello se realizó un modelo hidrológico con el software HEC-HMS.

Orellana (2021) en su proyecto de investigación, reconoce que las inundaciones originadas por siniestros naturales son catastróficas y son las más difíciles a las que el hombre se ha enfrentado. Esto es porque desde muchos años atrás se tenía en conocimiento que el ser humano solía establecerse en los márgenes cercanos a los ríos, con el propósito de obtener agua ya sea para consumo personal o agrícola, ganadera. Esto conlleva a la exposición de posibles desbordes o inundaciones, en conocimiento general se tiene que saber que la región de Piura es una región del norte del Perú, la cual está expuesta de manera constante a los fenómenos naturales como es el fenómeno del niño, que se manifiesta con precipitaciones las que conlleva a inundaciones y desborde de ríos, la que afecta directamente a la población. Se conoce que el rio Piura durante la mayor parte del año cuenta con un caudal insignificante, y durante el tiempo de lluvia se incrementa de manera considerable a tal punto de sobrepasar el flujo promedio que produce inundaciones en las diferentes zonas de la localidad, se cuenta con referencias de estos siniestros en años como el de 1925, 1983, 1998 y el 2017. En su estudio el determina hidrogramas del diseño, también se cuenta con las áreas de la ciudad posibles a ser inundadas, todo esto en distintas etapas o periodos de retornos, iniciando desde la toma de la toma de datos pluviométricos, completando algunos datos que falta, su análisis de estudio estadístico de sus precipitaciones por el tiempo de 24 horas, su modelo para precipitación – escorrentía usando el programa HEC-HMS, con el cual tendremos los caudales máximos instantáneos y también tendremos con el modelo hidrológico los hidrogramas. En el modelo hidráulico se realizó con el programa HEC-RAS, con el cual obtendremos una simulación de inundación, con el cual podremos delimitar las zonas

posibles de inundación, para luego proponer medidas preventivas para reducir daños por desborde. Por ello el trabajo se dividió en cinco capítulos en las cuales el primero habla sobre el problema que él toma para su proyecto de investigación que luego poder realizar o resaltar los objetivos, en su segundo capítulo nos menciona sobre su marco teórico, en su tercer capítulo presentara todas las características esenciales con las que cuenta la cuenca del río, el que para su caso fue del río Piura, en su cuarto capítulo hablara de como la metodología logro alcanzar a cada uno de los objetivos que se propusieron y en su último y quinto capítulo se podrá discutir sus resultados.

Yabar (2018) En su trabajo realizo un proyecto para gestionar los riesgos por inundaciones en el cual agrego la herramienta SIG y su modelación la realizo para poder predecir futuros eventos para concluir con un método de planificación en el cual se realizó con un sistema de alerta temprana de prevención para la región de madre Dios. Donde pudo verificar por intermedio de una lista, los indicadores posibles de riesgo, para el país como para la región, se tiene que conocer que, en las regiones cercanas a las fronteras en esta oportunidad, se tomó en cuenta en Brasil el estado de Acre y también para Bolivia se tomó en cuenta la región Pando. Se utilizo la para su proyecto de investigación los softwares de ArcGIS 10, el SIG, analyst y HEC-GeoRAS también para que pueda realizar la modelación usó el HEC-RAS que nos mostró la capacidad de predicción de amenazar frente a eventos extremos, es de fácil uso y manejo, para poder identificar las zonas vulnerables, para esta modelación se analizó la siguientes claves, donde se realizó un diagnóstico del sistema de alerta temprana para el área de análisis, tomando como gestión operativa, administrativa, siguiendo o teniendo en cuenta las indicaciones de los expertos en sistemas de alertas conjuntamente con la población, este proyecto tiene como su principal objetivo poder planear nuevas estrategias, nuevos enfoques o herramientas para poder evitar situaciones previamente identificadas con el sistema de alerta temprana presente en madre de Dios; de la misma manera que en otros países donde ya cuentan con sistemas de alerta para prevenir inundaciones, los cuales van implementando y mejorando constantemente, donde se unifica la predicción de áreas en riesgo de inundación con proponer posibles mejoras, planificando con el sistema de alerta temprana para proponer una metodología en la región. De estos resultados tenemos que el nivel alto de la gestión de riesgo que tienen los países de Colombia y Brasil y su poca capacidad de países como Bolivia y Perú. Obtener la viabilidad de sistema integral de gestión y la modelación para prevención y descripción de las áreas en riesgo para la cuenca del río Tahuamanu.

Flores & Ponce (2018), con su investigación, se pretendió poder encontrar el objetivo general que fue determinar el caudal de llegada del río Lacramarca para un periodo de retorno de 100 años además como objetivos específicos realizar el estudio detallado de la cuenca del río Lacramarca, para lograr un mayor aprovechamiento del recurso hídrico, y comparar los diferentes métodos modernos utilizados en la determinación del caudal en cuencas carentes de información hidrológica y recomendar el más óptimo. Concluyendo que la metodología que se tomó en cuenta para poder determinar el caudal máximo para avenidas de la cuenca del río Lacramarca usando el método del hidrograma sintético US-SCS, en el que se determinó el caudal máximo instantáneo 126.60 m³/s. y su hidrograma tiene como pico máximo 76.10 m³/s teniendo como tiempo de concentración 4.04 horas y como tiempo base de 8.43 horas. Considerando la crecida extraordinaria ocurrida el 10 de febrero de 1998 (Fenómeno “El Niño”) con registros de 250 m³/s, el cual es casi el doble del caudal pico calculado por el análisis regional (126.60m³/s) para un periodo de retorno de 100 años, se adoptó el valor de la crecida extraordinaria, como avenida de diseño para el cálculo de las secciones, donde se emplazarán obras de cruce.

Algunos factores que intervienen en una inundación son los siguientes:

- Las precipitaciones en el Perú para los meses más lluviosos inician diciembre hasta marzo, y en la selva podría llegar hasta abril.
- Los factores de alteración del cauce en ríos (actividades humanas, erosión, etc.), lo cual hace que sea difícil la conducción de las aguas.
- Deslizamientos, huaycos, avalanchas. (MINAGRI, ANA – 2014)

Cuando hablamos del Sistema de Alerta Temprana inundaciones podemos decir que se considera sistemas de operación en el cual podríamos de manera conjunta con los habitantes puedan realizar algunas acciones las cuales podrían ayudar a detener fenómenos naturales. Estos sistemas de alerta tienen como propósito de avisar con anticipación a los habitantes de las zonas vulnerables si ocurriera algún evento natural podrían generar daños a la población. Cual sea el sistema debe complementarse con el criterio operativo para poder brindar alertas de manera anticipada en lo que los habitantes puedan tomar acciones preventivas necesarias en caso se suscite algún fenómeno. Para ello usaremos un cuadro donde se mostrará los detalles del sistema y las diferentes respuestas para distintos tipos de cuencas:

Tabla 1

Tabla 1. Partes de un sistema de alerta temprana.

Tipo de cuenca	Tiempo de alerta	Componentes del Sistema	Respuesta
Riachuelos en montañas pequeñas	< 6 horas	Monitoreo regional, observadores.	Evacuación de emergencia de las planicies de inundación.
Riachuelos, tributarios o pequeños ríos (la mayoría de cuencas con pendiente suave y área de drenaje entre 51.8 – 777 Km ²)	6 a 24 horas	Estaciones Hidrométricas y posiblemente pluviométricas. Posiblemente modelo de predicción de caudales, dependiendo de las posibilidades de inversión	Evacuación asistida, conservación del servicio vital, reubicación de propiedades y otras acciones que pueden ser cumplidas en el tiempo de alerta.
Cuencas largas o grandes de ríos importantes	> 24 horas	Monitoreo a base de estaciones pluviométricas e hidrométricas. Modelos de predicción. sofisticados.	Todo lo anterior incluyendo un esfuerzo significativo de lucha contra la inundación.

Nota: Esta indica que debería contar con estaciones de ambos tipos tanto hidrométricas como pluviométricas para poder así determinar los modelos de prevención de caudales, se tiene que analizar el presupuesto esto dependerá de la capacidad de inversión.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación: para realizar esta investigación será de diseño no experimental - descriptivo para ello el informe evaluaremos el deseo de realizar un sistema de alerta temprana el cual servirá de recolectar información y evaluarla para la quebrada Solivín, con estos datos realizaremos un modelamiento hidrológico con el cual conoceremos las zonas de alto riesgo por inundación para poder lograr minimizar los estragos que podrían ser ocasionados por la naturaleza.

3.2 Diseño de investigación:

El diseño de la investigación es del tipo no experimental, se hizo en relación con los objetivos propuestos, en pocas palabras se diseñó con un plan general para cumplir y obtener respuesta de los objetivos planteados.

3.3 Variables y operacionalización

El sistema de alerta temprana (variable independiente). La variable de la investigación fue el sistema de alerta temprana para inundaciones en este caso para la quebrada Solivín en el cual tomaremos una variable el cual cuenta con categoría independiente, para esto tomaremos en cuenta la topografía con la cuenta la quebrada Solivín, donde se tomará en consideración el clima que afecta la zona donde realizaremos el estudio, conjuntamente tomaremos la variable de operacionalización con la cual podremos describir que el factor de riesgo por desborde “Que sería la mezcla de probabilidades que ocurran eventos con hechos negativos, con factores como son acción o efecto para desbordar” (Unisdr, 2009, p.90).

Para ello entendemos que tenemos que entender conceptualmente que, los sistemas de alertas de prevención de inundaciones se les considera estructuras de operación las cuales de forma directa permite a la población tomar el control frente a impactos de tipo ambiental que los denominamos desastres naturales, estos sistemas tienen como finalidad poder alertar en caso de siniestros, eventualidades que podrían causar daño a la población, este tipo de sistema deberá satisfacer a la población en tal sentido que, se cuente con un tiempo de alerta prudente el cual permita al poblador a tomar las precauciones del caso según sea necesario y todo de acuerdo al evento que se pronostique. Para ello definiremos lo operacional, el cual va a permitir determinar el riesgo en un área donde influirá por determinado por las características geográficas, realizado por mapas y el cual definirá las zonas inundables separándolas por niveles de acuerdo a la necesidad del investigador.

Se tendrá en consideración que la variable que esta unificada con el sector de influencia el cual contara con indicadores geográficos, urbanísticos, para ello se tiene que buscar información basada en el tiempo, en los cuales se encontró episodios afectados nuestra zona de estudio, de la misma forma el mapa de riesgo servirá para medir la variable según el intervalo, contando así que la dimensión de nuestra variable a estudiar se registró de los datos hidrográficos obtenidos, los que bajo indicadores del caudal fueron asumidos, por su tirante hidráulico, caudal del río, pendiente del cauce, y la velocidad de flujo ello según datos topográficos, los indicadores formaran un intervalo medidos por escala.

3.4 Población, muestra y muestreo

Respecta a la población y muestra cabe aclarar que debido a la naturaleza de la variable de estudio estará constituida por el número de habitantes que estará en riesgo. La población San Jacinto comprende el distrito Nepeña a una población de los 14324 habitantes los cuales fueron registrados en el INEI ya que estos datos fueron tomados en el censo nacional que se llevó a cabo en el 2007: que fue un censo tipo XI de Población y VI de Vivienda.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Tabla 2

Tabla 2. Cuadro de instrumentos de datos.

TECNICA	INSTRUMENTOS
Análisis y recolección de datos	Se basa en fichas de observación utilizadas para recolectar los datos técnicos, que proveen información y sirven como base para el trabajo de campo dentro del cual se incluyen: ficha resumen, fichas de trabajo, registro fotográfico.

Nota: Se indica la técnica que se elaboró la tesis con su respectivo instrumento. *Fuente:* Elaboración propia.

Aplicaremos para la observación como técnica la visualización por medio de una visita a la zona de estudio, donde se registrará toda información para llevarla al análisis de investigación. Utilizando la ficha de observación el cual nos ayudara a elaborar sistemas para implementar la organización y así poder clasificar nuestra información de los diversos ensayos que se realizaran.

3.6 Procedimientos

La investigación se llevara a cabo en dos etapas, consideradas así la primera etapa tomo la información y elaboración de estudios básicos preliminares, en los cuales realizamos reiteradas visitas a la zona de Solivín, que forma parte del distrito de san Jacinto, en el cual encontramos la quebrada Solivín, en dicha recopilación se observó el comportamiento de la quebrada, el estado actual es una quebrada de flujo hídrico inactivo, el cual en el momento de la visita de campo se percibió vestigios del fenómenos pasados como el evento del niño costero que ocurrió en el año 2017,

del que se sabe que origina daños permanentes en la zona, así mismo en dichas inspecciones se aprovechó para realizar un compendio de la información basada en el historial antes descritos, en esta parte se utilizó la recolección de información, por intermedio de fichas, cabe resaltar que también se conversó con algunos pobladores de la zona los cuales manifestaron que para ellos dicho fenómeno ya descrito fue un acontecimiento inesperado y desastroso, causando muchos daños materiales en la zona, en viviendas, avenidas, también manifestaron su deseo de contar con un sistema que ayude a poder evitar situaciones futuras como la acontecida.

Por otro lado, en el caso de las fichas técnicas se juntaron datos de interés como, la ubicación geográfica, datos que son específicos de la quebrada, características de la zona de afectación, datos estaciones pluviométricas cercanas a la zona, una vez recopilada la información, se procedió al procesamiento de la información llevando los datos al software ArcGIS, del cual se tuvo los datos de la cuenca para la quebrada, para luego poder ser trasladados al software HEC-HMS, en el cual se obtuvo simulaciones en periodos distintos de retorno 100, 200 y 500 años, en lo que luego se obtuvo la duración, frecuencia y curva de intensidad. Donde iniciamos para poder calcular el caudal máximo de diseño y el caudal de diseño considerando el método nacional con el cual se ejecutó el modelo hidrológico en HEC-HMS.

3.7 Métodos de análisis de datos

Para poder procesar los datos de esta investigación se utilizó algunos softwares de aplicación hidrológica como ArcGIS, y HEC-HMS

3.8 Aspectos éticos

Estableceremos para este proyecto un proceso el cual se realizó con comportamiento ético, el cual nos permitirá realizar el desarrollo y garantizar la autenticidad de la información, así como la responsabilidad en el tratamiento de los resultados, para ello no se maniobro ni altero alguna información con lo cual los resultados obtenidos fueron verídicos, mostrándose de la forma original como fue aplicado teniendo en cuenta los principios éticos a beneficio, no maleficencia, con justicia y autonomía, no teniendo como finalidad cuestionamientos de plagio, la redacción que se utilizó en esta investigación fue citada debidamente siguiendo los

principios de Normas Apa 6ta edición, considerada de esta forma la norma International Organization for Standardization (ISO) 690 -690-2.

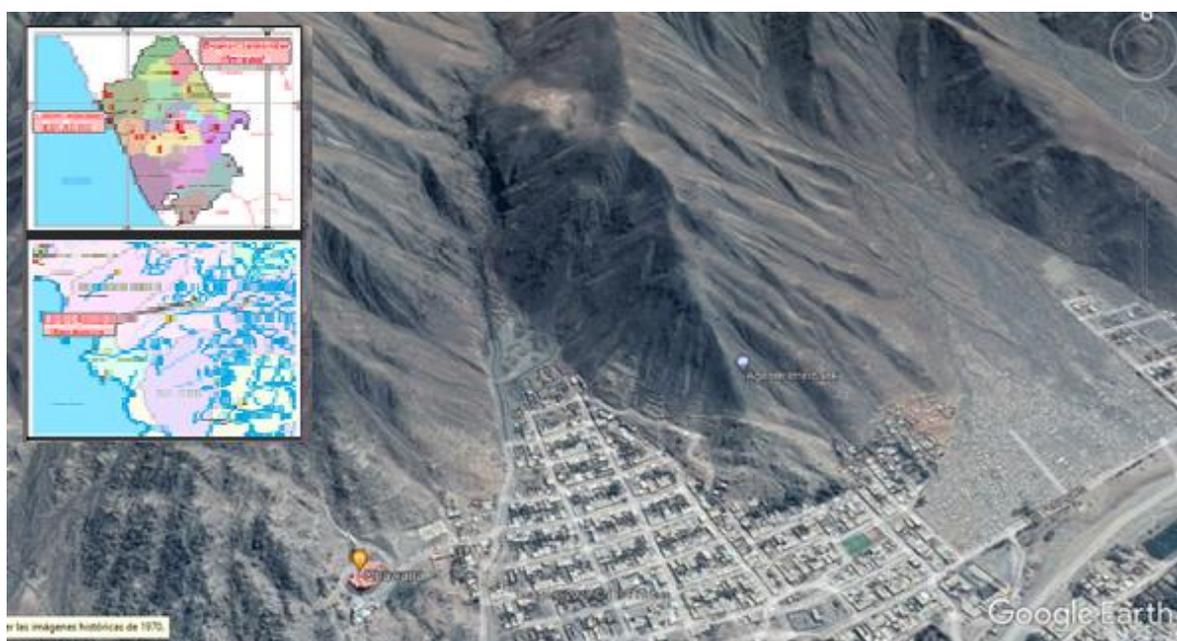
IV.RESULTADOS

De manera continua mostraremos los resultados obtenidos por objetivos, manifestándose de la siguiente forma:

1.- En cuanto los logros del primer objetivo que fue la descripción y ubicación de la zona de estudio, los datos obtenidos fueron los siguientes:

Figura 1

Figura 1. Mapa de ubicación geográfica de la quebrada Solivín.



Nota. La figura muestra la ubicación geográfica de la quebrada y a su vez en rojo el radio de afectación hacia la población. Fuente: Elaboración propia (2016).

La cuenca de la quebrada Solivín se localiza en la zona costa del norte del Perú, tiene como coordenadas geográficas 08°45'06" y 09°06'04" de latitud sur y 78°11'37" a 78°34'09" de longitud oeste, teniendo como demarcación hidrográfica del a cuenca la cual está incluida dentro de la vertiente del océano pacifico la cual tiene como limites las siguientes cuencas: por el norte con la cuenca del rio Nepeña, por el este con la cuenca del rio Nepeña, por el sur con la cuenca del rio Nepeña, por el oeste el oeste con el océano pacifico, que se encuentra ubicado en

el centro poblado de san Jacinto, dentro del distrito de Nepeña, el que pertenece a la provincia del santa, donde se corroboró la posición del centro poblado, el cual de manera visible se puede percibir que la quebrada cruza directamente el distrito.

Descripción: resultados – objetivos 01

En cuanto a los resultados obtenidos para con este objetivo, correspondiente a la descripción y ubicación de la zona de estudio, se define que el área de la zona beneficiara a 2330 habitantes, en los cuales estando directamente ubicados en la zona de descarga de la quebrada serian perjudicados directos.

2.- Los resultados obtenidos del segundo objetivo que fue conocer el diagnóstico situacional actual de la Quebrada Solivín, fueron los siguientes:

De los resultados obtenidos en este segundo objetivo, para poder conocer el diagnóstico actual de la quebrada Solivín se concluyó en poder entender la situación actual de la línea social, tanto poblacional como en su línea ambiental, en las cuales se pudo reconocer la población del distrito de san jacinto la que comprende de manera general a una población de los 14324 habitantes los cuales fueron registrados en el INEI ya que estos datos fueron tomados en el censo nacional que se llevó a cabo en el 2007: que fue un censo tipo XI de Población y VI de Vivienda. De lo registrado se estimó según la contabilización de lotes de la zona, calculando un promedio de habitantes estimados por el número de lotes calculando así la población descrita en el cuadro siguiente.

Figura 2

Figura 2. Cuadro estadístico del distrito de Nepeña.

DEPARTAMENTO DE ÁNCASH										
CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES			
				Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas 1/	Desocupadas	
021806	DISTRITO NEPEÑA			14 324	7 266	7 058	5 771	4 959	812	
0001	NEPEÑA	Chala	159	1 873	1 018	855	583	572	11	
0002	SAN JUAN	Yunga marítima	513	314	170	144	140	107	33	
0003	MOTOCACHY	Chala	430	155	80	75	83	65	18	
0004	QUEMADO	Chala	476	5	-	5	3	3	-	
0005	ALGARROBAL	Chala	451	9	4	5	5	4	1	
0006	COSCACHY	Chala	436	-	-	-	3	3	-	
0008	MAQUINA NUEVA	Chala	327	24	13	11	15	15	-	
0009	MAQUINA VIEJA	Chala	406	23	12	11	20	20	-	
0011	MONTE PARRA	Chala	300	-	-	-	5	4	1	
0012	SAN JACINTO	Chala	284	8 470	4 208	4 262	3 512	2 987	525	
0013	SAN JOSE	Chala	215	1 359	691	668	494	428	66	
0014	BRAULIO	Chala	236	2	1	1	1	1	-	
0016	TIERRA FIRME	Chala	171	33	16	17	22	20	2	
0017	LA CARBONERA	Chala	164	6	2	4	17	10	7	
0018	EL ALGARROBAL	Chala	152	19	9	10	7	7	-	
0019	HUARAYCO	Chala	161	25	11	14	18	18	-	

Nota. En el siguiente cuadro se aprecia la población general del distrito de Nepeña, y a su vez del centro poblado San Jacinto. Fuente: INEI (2017).

La zona donde se aplicara la investigación hidrológica, su característica es por estar localizado en un área o zona rural el cual se identifica a una pequeña porción de la población del distrito de Nepeña, en se determinó como indicador de estudio temperatura, precipitación, clima, precipitación y características de la cuenca Solivín, donde el clima en el distrito de Nepeña tiene un porcentaje promedio del cielo cubierto por nubes esto varia con el transcurso del año, donde se tiene épocas despejadas las cuales inician aproximadamente el 17 de abril y tiene por tiempo de duración 6,1 meses, el cual concluye aproximadamente el 20 de octubre, teniendo como día más despejado del año al 3 de agosto, el resto de días se cuenta con días parcialmente nublados o días despejados. En el cual se estima un promedio de 74% del tiempo de cielo abierto o despejado y el 26% del tiempo como parcialmente nublado o mayormente nublado, el 20 de octubre aproximadamente comienza en la zona la parte más nublada del año y se prolonga por 5,9 meses, que tiene por final aproximado el 17 de abril, donde entendemos que el 19 de febrero es el día más nublado del año, el cual el 77% del cielo como despejado y 23% del tiempo como nublado. Las precipitaciones tienen como frecuencia días mojados en san jacinto, aproximadamente 1 mm de precipitación liquida, esta no varía según la estación que tiene con frecuencia entre 0% a 7% donde el valor promedio es del 3%, los días húmedos o mojados, diferentes a los que tiene solo lluvia con probabilidades máxima de 7% el día 12 de marzo.

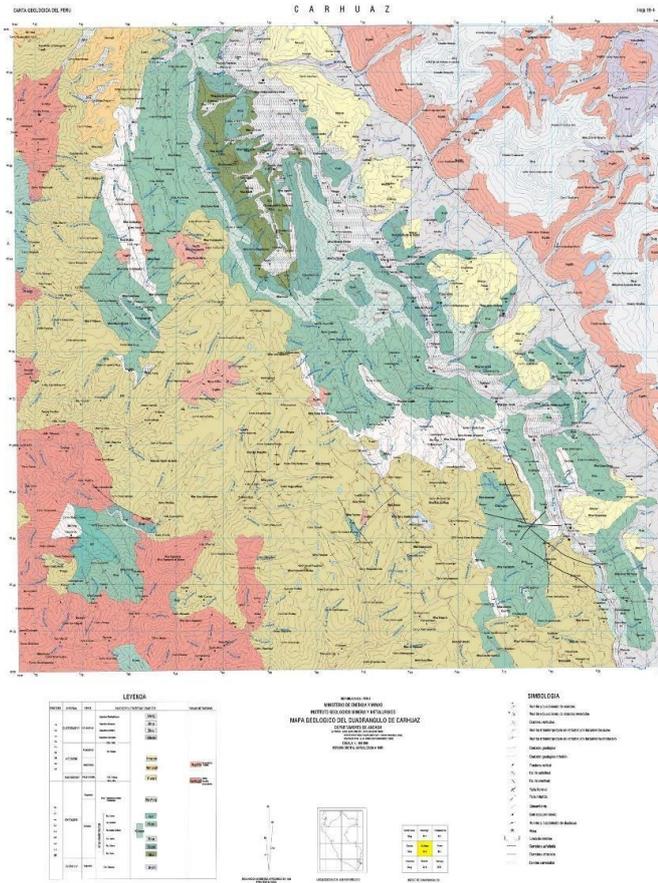
Descripción: resultados – objetivos 02

En cuanto a los resultados de este objetivo se determinó una idea fundamental de la población actual, teniendo en cuenta el grado de influencia de la misma, la zona en actividad o radio de influencia y sobre todo el desempeño de los fenómenos naturales en fechas o meses, específicos de lluvia, que ayudo a poder comprender el desempeño pluvial para posibles fenómenos naturales, para los cuales se obtuvo características de riesgos y posibles riesgos en la zona de estudio.

3.- los resultados del tercer objetivo que fue realizar la generación de datos hidrológicos con el modelo hidrológico, donde se utilizaron los softwares ArcGIS y HEC-HMS, fueron los siguientes: observa la revisión y exploración de bibliografía en estudios anticipados, el cual sirvió como aporte para ejecutar este modelo hidrológico, a parte se verifico que se contó con información cartográfica de la zona donde se creyó conveniente realizar el tema para nuestra investigación, siendo así se procedió a la búsqueda siguiente de información: información meteorológica que ayudo en el desarrollo del proyecto aportando datos de 2 estaciones meteorológicas, ubicadas cerca del área de estudio, también se contó con información cartográfica: que es la carta nacional la cual incluye la cuenca de estudio que corresponde a la Hoja 19 G, Casma , escala 1/100000

Figura 3

Figura 3. Carta cartográfica.



Nota. En la siguiente figura corresponde a la carta nacional Casma; Hoja 19G del instituto geográfico nacional. Fuente: IGN (2021).

Para esta actividad realizaremos el levantamiento de datos de campo, las que se utilizaran para realizar el estudio hidrológico e hidráulico y poder así planificar posibles soluciones. Para esto realizamos algunas actividades de campo que nos ayudara para poder realizar el análisis:

Zonificación del cauce

Para poder realizar la zonificación primero dividimos la quebrada en zonas luego de haber dividido nuestra quebrada en dos zonas específicas, procedimos a transcribir la información recibida en el campo, la que luego sirvió para la definición de parámetros hidráulicos de la zona y de los tramos esto se realizó de acuerdo al tamaño de la zona de estudio.

Para ellos realizaremos algunas actividades:

- a. En el estudio hidrológico: se utilizaron los registros de las máximas precipitaciones la que usaremos para calcular las máximas avenidas en

diferentes periodos de retorno 100, 200 y 500, esto dio inicio a diferentes cálculos que fueron cálculos de frecuencia, intensidad y duración, lo que conlleva a tener los cálculos de caudal de diseño y caudal máximo considerando los tiempos ya mencionados que son tiempos de 100, 200 y 500 años donde se utilizó el método racional para poder obtener el modelo hidrológico con HEC-HMS.

- b. Caracterización de la cuenca Solivín: la cuenca hidrográfica de hoja 19G, Casma, está en escala 1/100000, los datos fueron recopilados del instituto geográfico nacional (IGN), La caracterización de la Quebrada Solivín se desarrolla a partir de los conceptos básicos de cuenca, en cual consistió en determinar el área, el ancho medio, el perímetro, el factor de forma, el coeficiente de compacidad y la determinación de los parámetros geomorfológicos para ello usamos el ARGIS, el propósito fue georreferenciar de acuerdo a la Carta Nacional correspondiente a la investigación delimitando así cada zona de la cuenca las cuales forman parte del proyecto de investigación. Luego para poder tener resultados de carácter numéricos se utilizó el Excel 2016, cuyos valores estimados se observan en la tabla adjunta.

Tabla 3

Tabla 3. Cuadro de informe de la quebrada

NOMBRE	Area (Km ²)	P (Km)	L cauce(km)	Ancho Medio (km)	Coefficiente de compacidad (Kc)	Forma de la cuenca	Factor de Forma (Kf)	ΔH	S de la Cuenca (%)	L del eje axial (m)
QUEBRADA SOLIVIN	113	54	17.3	0.8	1.44	Alargada	0.23	744	7.00%	3182.63

Nota: Detalles básicos de la quebrada. *Fuente:* Elaboración propia.

En la Quebrada Solivín, se realizó el modelo en el HEC- HMS donde se tuvo por conveniente considerar los cálculos del método del SCS teniendo en cuenta el número de curva, esto dependerá del valor estimado topográfico el cual sirvió para el modelo HEC-HMS y con él se determinó el escurrimiento de tipo superficial efectivo de la quebrada, que son por originados por lluvias masivas, por ello el modelo hidrológico se realizó teniendo en cuenta la máximas precipitaciones en 24 horas en diferentes periodos de tiempo de retorno de 100, 200 y 500 años lo que tiene como fin llegar a la parte donde se entiende que la precipitación podría generar escorrentía directa.

Información meteorológica

Cerca de la Quebrada Solivín se encuentra la estación Buena Vista y la estación de Yungay alrededor de las cuales se empleó para los diferentes estudios entre Casma y Santa, los datos hidrológicos fueron recopilados del SENAMHI Santa, para medir las máximas precipitaciones, las cuales serán usadas para el proceso de investigación, las cuales fueron precipitaciones máximas de 24 horas, que se registró por 30 años en una estación pluviométrica.

Tabla 4

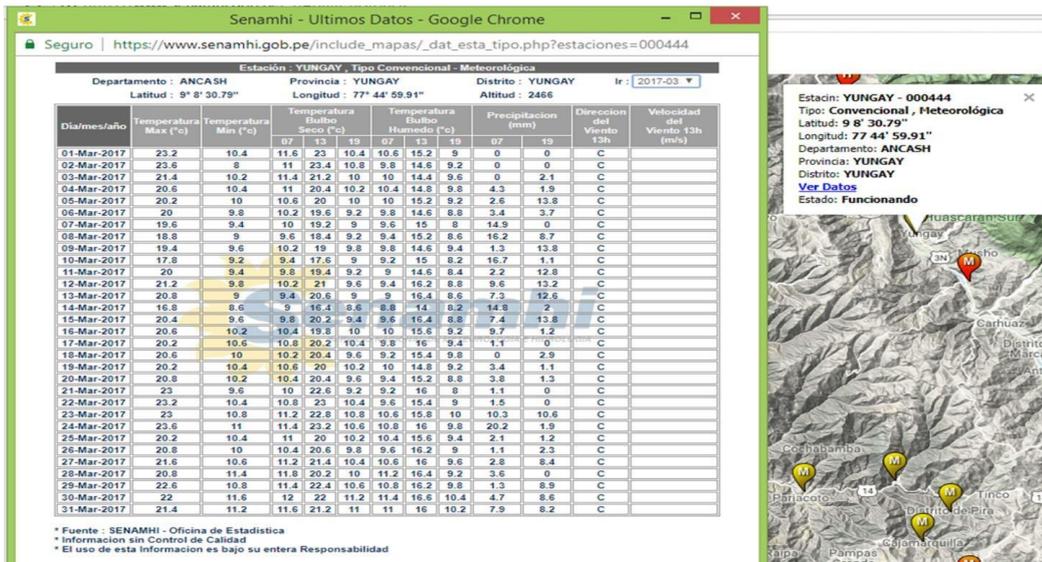
Tabla 4. Cuadro de estaciones pluviométricas.

ID	ESTACION	TIPO	CUENCA HIDR	UBC. DISTRITO	X	Y	Z
2	BUENAVISTA	A	CASMA	BUENA VISTA ALTA	807500.8	8956006.91	220
9	YUNGAY	A	SANTA	YUNGAY	857255.3	8986951.64	253

Nota: Detalles de las estaciones pluviométricas de la quebrada. Fuente: Elaboración propia.

Figura 4

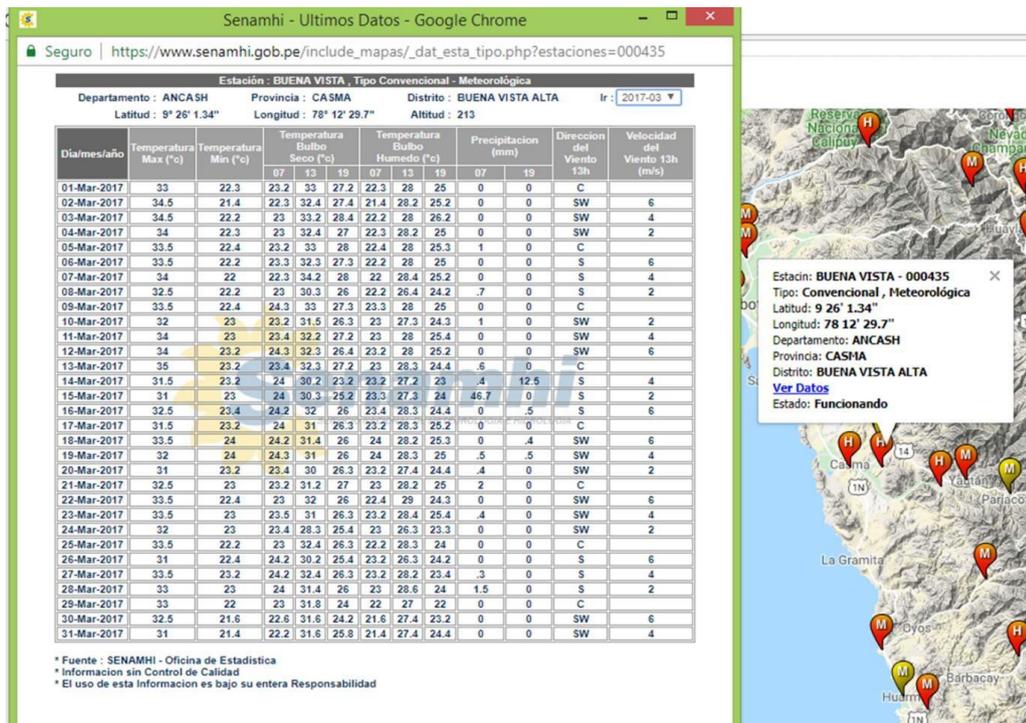
Figura 4. Estación meteorológica Yungay.



Nota. En la figura podemos observar ubicación con datos pluviométricos de la estación Yungay. Fuente: SENAMHI.

Figura 5

Figura 5. Estación meteorológica buena vista.



Nota. En la figura se determina la ubicación con datos pluviométricos de la estación buena vista. Fuente: SENAMHI.

Dados los siguientes datos se pudo concluir las máximas precipitaciones en 24 horas obtenidas del registro nacional de precipitaciones proporcionadas por el

Senamhi, en el cual la precipitación máxima obtenida en 24 horas (mm) iniciaron en 1984 teniendo como pico pluviométrico el cual fue de 29.2 mm.

Tabla 5

Tabla 5. Máxima precipitación en 24 horas, periodo registrado de 30 años.

Año	Max. Anual	Año	Max. Anual
1984	16.1	1999	18.5
1985	29.2	2000	16.0
1986	20.0	2001	17.8
1987	18.2	2002	21.8
1988	16.3	2003	17.2
1989	20.5	2004	19.5
1990	18.0	2005	24.0
1991	19.8	2006	21.0
1992	23.8	2007	14.4
1993	19.2	2008	18.6
1994	14.1	2009	22.0
1995	27.2	2010	24.9
1996	18.0	2011	24.3
1997	16.2	2012	21.0
1998	14.3	2013	22.0

Nota: Registro de precipitaciones máximas obtenidas en 24 horas. *Fuente:* Senamhi.

Tabla 6

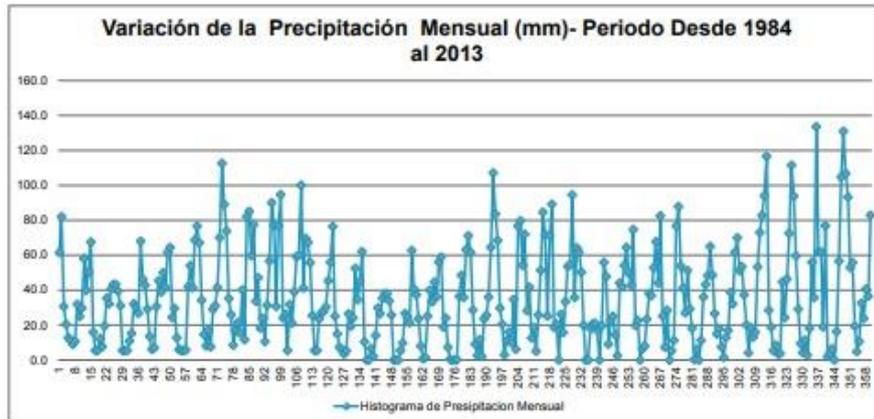
Tabla 6. Promedio de precipitaciones

PROMEDIO	62	63.2	53.8	29.3	15.6	6.42	9.78	10.9	23	39.4	45	61.9
MAXIMO	113	117	94.7	76.9	28.3	31.8	32.6	45.5	76.8	105	134	134
MINIMO	19.6	27	18.9	9.1	0	0	0	0.2	19.4	6.2	0.2	0

Nota: Registro de precipitaciones máximas obtenidas en 24 horas. *Fuente:* SENAMHI.

Figura 6

Figura 6. Variación de las precipitaciones.



Nota. En la figura se tenemos las variaciones de las precipitaciones mensuales desde 1984 hasta el 2013. *Fuente:* SENAMHI.

La precipitación total por año tiene como variante 223.10 mm (1996) a 611.60 mm (1991). De la misma manera, tomamos la lluvia media mínima anual y máxima es de 18.57 mm (1996) y 51.90 mm (1991), por ello la serie histórica generada en 30 años, se decidió que los términos totales y media anual de máximas avenidas los cuales fueron de 420.31 mm y 35.03 mm.

Figura 7

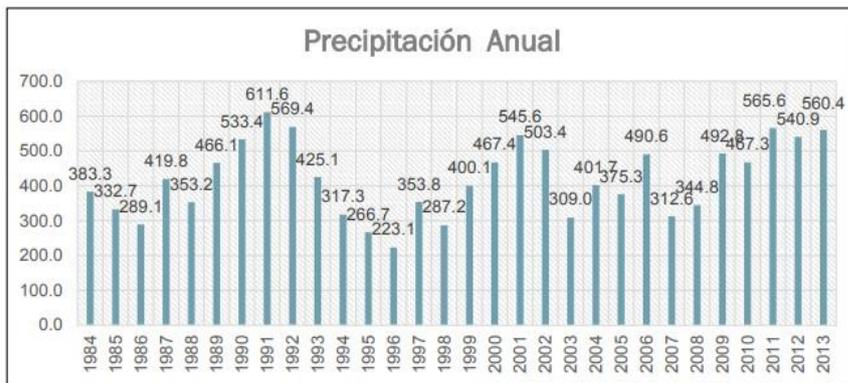
Figura 7. Hietograma de precipitación media mensual



Nota. Se tiene el hietograma de precipitación mensual. Fuente: SENAMHI.

Figura 8

Figura 8. Hietograma de precipitación media anual



Nota. Se tiene el hietograma de precipitación anual. Fuente: SENAMHI.

Caudales máximos de diseño con el modelamiento HEC-HMS

En la Quebrada Solivín, se realizó el modelo en el HEC- HMS donde se tuvo por conveniente considerar los cálculos del método del SCS usando el número de curva, esto dependerá del valor estimado topográfico el cual sirvió para el modelo HEC-HMS y con él se determinó el escurrimiento de tipo superficial efectivo de la quebrada, que son por originados por lluvias masivas, por ello el modelo hidrológico se realizó teniendo en cuenta la máximas precipitaciones en 24 horas para distintos tiempos de retorno 100,

200 y 500 años lo que tiene como fin llegar a la parte donde se entiende que la precipitación podría generar escorrentía directa.

Parámetros iniciales para HEC-HMS

Primero, para el proceso de desarrollo del modelo en HEC-HMS usando el procedimiento del SCS, en el cual se determinó que el tiempo de concentración, el número de curva, pérdidas iniciales y tiempos de retardo la quebrada Solivín según datos tomados de las visitas cuenta con cobertura vegetal la cual es menor al 50% del área; el conjunto hidrológico el cual pertenece el proyecto de investigación está incluido dentro del grupo d, la cual tiene un alto potencial de escurrimiento debido a la presencia de roca, además se presenta considerablemente con calles construidas de concreto.

Por estas especificaciones, se tiene que considerar que para poder realizar dicho modelo HEC-HMS se tiene que considerar un número total de curvas CN=95, la que manifiesta como pérdidas iniciales (I_a), y que podemos determinar como una precipitación acumulada teniendo como partida el inicio de la escorrentía, en donde se obtuvo y aplico la ecuación 1, que es la siguiente.

Ecuación 1

$$I_a = \left(\frac{5080}{CN} - 50.8 \right) \rightarrow I_a = \left(\frac{5080}{95} - 50.8 \right) = 2.67mm$$

Para poder determinar el tiempo de retardo (T_{lag}), definimos que este tiempo es el tiempo que transcurre desde la ocurrencia considerando el centro de gravedad del hietograma de la tormenta considerando también la máxima

descarga del caudal. Para ello se tuvo que tener en cuenta que el tiempo de concentración se determina por medio del valor:

Ecuación 2

$$Lag\ Time = 0.6Tc$$

Procesamos la información para realizar el modelo hidrológico en HEC-HMS.

Tabla 7

Tabla 7. Cálculo para determinar el número de curva para cada subcuenca considerando la condición de humedad según su antecedente normal AMC II.

SUBCUENCA	TIPO DE SUELO	VEGETACION	AREA	%	CN	CN pond
SOLIVIN	B	Pastizales	0.09	0.001	79	0.04
	A	Tierra con cultivos	12.15	0.066	70	4.59
	C	Pastizales	172.14	0.928	86	79.84
	A	Tierra con cultivos	1.02	0.006	72	0.40
TOTAL			185.42	1		84.87

Nota: Condiciones de humedad de la quebrada. *Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 8

Tabla 8. Clasificación de clases antecedentes de humedad (AMC) para el método de abstracciones de lluvia del SCS.

GRUPO AMC	Lluvia antecedente total de 5 días (pulg)	
	Estación Inactiva	Estación de Crecimiento
I	Menor que 0.5	Menor que 1.4
II	0.5 a 1.1	1.4 a 2.1
III	Sobre 1.1	Sobre 2.1

Nota: Clasificación de antecedentes de humedad de la quebrada. *Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 9

Tabla 9. Resultados obtenidos de la precipitación de 5 días.

FECHA	YUNGAY (mm)	BUENA VISTA (mm)
09/03/2017	15.1	0
10/03/2017	17.8	1
11/03/2017	15	0
12/03/2017	22.8	0
13/03/2017	19.9	6
TOTAL (mm)	90.6	7
TOTAL (pulg)	3.57	0.28

Nota: Calculo de lluvias en por periodo. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10

Tabla 10. Resultados considerados de parámetros con el método SCS Lag.

Descripción	Longitud del cauce mayor (m)	Pendiente promedio (m/m)	tc(min)	tc(hr)	Lag Time (MIN)
QUEBRADA SOLIVIN	32470	0.045	191.3	3.19	114.78

Nota: tabla de parámetros de la quebrada en función al tiempo. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11

Tabla 11. Resultados de pesos relativos de las estaciones en las subcuencas.

Sub-cuenca	Estación	Área (km ²)	Área total (km ²)	Porcentaje
QUEBRADA SOLIVIN	Buena Vista	185.42	185.42	100

Nota: Consideraciones para canalizar la zona de influencia. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12

Tabla 12. Resultados de lluvias del mes de marzo 2017, en estaciones circundantes a la quebrada Solivin.

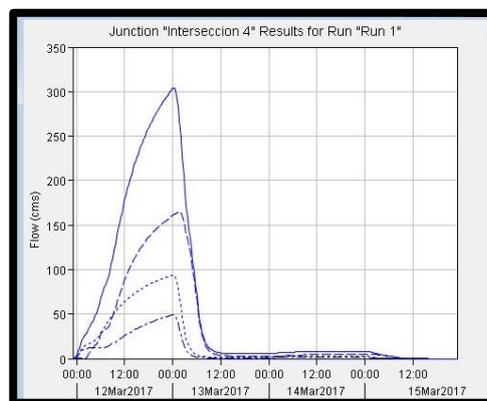
Día/mes/año	E. Yungay	E. Buena Vista
01-Mar-17	0	0
02-Mar-17	0	0
03-Mar-17	2.1	0
04-Mar-17	6.2	0
05-Mar-17	16.4	1

06-Mar-17	7.1	0
07-Mar-17	14.9	0
08-Mar-17	24.9	0.7
09-Mar-17	15.1	0
10-Mar-17	17.8	1
11-Mar-17	15	0
12-Mar-17	22.8	0
13-Mar-17	19.9	0.6
14-Mar-17	16.8	12.9
15-Mar-17	21.2	46.7
16-Mar-17	10.9	0.5
17-Mar-17	1.1	0
18-Mar-17	2.9	0.4
19-Mar-17	4.5	1
20-Mar-17	5.1	0.4
21-Mar-17	1.1	2
22-Mar-17	1.5	0
23-Mar-17	20.9	0.4
24-Mar-17	22.1	0
25-Mar-17	3.3	0
26-Mar-17	3.4	0
27-Mar-17	11.2	0.3
28-Mar-17	3.6	1.5
29-Mar-17	10.2	0
30-Mar-17	13.3	0
31-Mar-17	16.1	0

Nota: Resumen de las precipitaciones dadas en el año 2017. Fuente: SENAMHI.

Figura 9

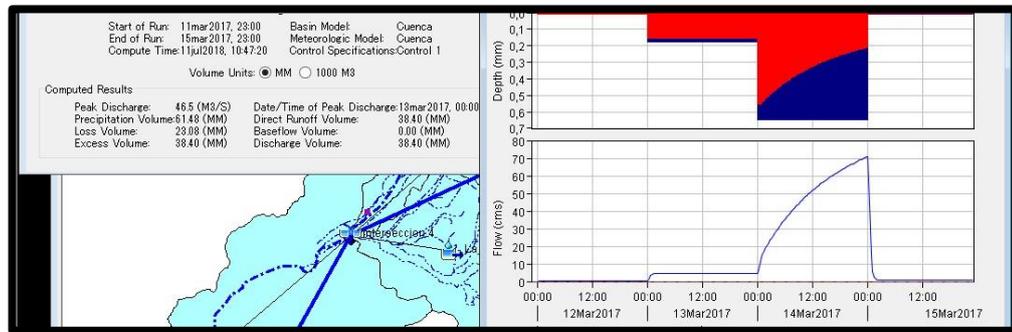
Figura 9. Hidrograma generado en la intersección (inicio de la subcuenca).



Nota. En la siguiente figura encontramos la intersección de datos generados con el software HEC-HMS. Fuente: Elaboración propia.

Figura 10

Figura 10. Hidrograma de la subcuenca de Solivín.



Nota. En la siguiente figura se indicó sus tiempos de descarga pico, volumen de escorrentía directa, volumen de pérdida, precipitación, volumen de descarga. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

Tabla 13. Resultados del registro de información según GPS.

N° PUNTO	ZONA	ALTURA	p	e	n
1496	17 L 802572	1069 m	1496	802572	9014945
1497	17 L 802570	1069 m	1497	802570	9014965

Nota: Datos de puntos geográficos existentes. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14

Tabla 14. Resultados de cálculo de coeficiente.

	n0	n1	n2	n3	n4	n5	n
Rio 1	0.02	0.005	0.005	0.01	0.012	1	0.052

Nota: De lo observado en visita de campo obtenemos el coeficiente de Manning compuesto según. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15

Tabla 15. Parámetros del cauce obtenidos al ingresar en el software Hec-Hms.

PARAMETROS DE CAUCE

TRAMO	SHAPE	LONGITUD (m)	PENDIENTE (m/m)	ANCHO DE TRAMO (m)	MANNING (n)
Rio 1	Trapezoidal	2110	0.018	25	0.052

Nota: Resultados obtenidos luego de haber ingresado los datos al software Hec-Hms.

Fuente: Elaboración propia.

Descripción: resultados – objetivos 03

En cuanto al tercer objetivo que fue realizar la generación de información hidrológica y el modelamiento hidrológico, utilizando distintos softwares que en este caso son ArcGIS y el HEC-HMS nos ayudó a determinar que el caudal de simulación que se creó según las precipitaciones introducidas por SENAMHI, desde el 11 de marzo del 2017 al 15 de marzo del 2017 en el cual se registró que el caudal de simulación fue de $49.2 \text{ m}^3/\text{s}$ en el tramo del dren visible que es camino hacia el mar, el cual se dio el día 13 de marzo a las 00:40 am, para ello se recuerda que el caudal ingresado en el programa ya descrito, solo fue un aproximado ya que la quebrada Solivín, no cuenta con ningún tipo de control meteorológico, ya sea de estación hidrométrica o pluviométrica, como no se contó con dicha información para la medición de los caudales, entonces se creyó conveniente poder ingresar datos del caudal de descarga de pico del año 1998, motivos por el cual este caudal fue el que más se asemeja al caudal generado por el fenómeno anómalo conocido como el niño costero, en el cual el pronóstico de los gráficos emitidos en el HEC-HMS determino una posible alerta en la cual se contara con un tiempo de 41 horas en su máxima proximidad, el cual es un tiempo muy adecuado en donde tendremos la facultad de avisar a la población que tendría un posible evento o fenómeno natural.

4.- los resultados obtenidos en el cuarto objetivo que fue desarrollar un estudio de los componentes del SAT como estaciones hidrométricas y pluviométricas, fueron los siguientes.

El primordial factor físico de SAT para inundaciones, vienen a hacer las estaciones que son supervisadas por el Senamhi, las estaciones de medición que se usan son los datos de la estaciones automáticas pluviométricas o hidrométrica; las cuales tendrán algunos otros componentes o elementos indispensables para poder obtener un correcto funcionamiento, en la quebrada Solivín, se debe instalar las estaciones automáticas que puedan transmitir datos o información en tiempo real, hoy por hoy la quebrada no cuenta con ninguna estación, para tener información

y realizar estudios hidrológicos en la Cuenca , se está realizando el estudio con información de estaciones cercanas y son estaciones convencionales.

Las estaciones pluviométricas automáticas son las que transmiten la información en tiempo real los equipos que se utilizan para la obtención de datos son una batería, un pluviómetro, una antena, un panel solar, y un modelo electrónico de toma de datos con control instalado dentro de un equipo metálico, esto permitirá poder trabajar de forma confiable y continua, aun teniendo condiciones ambientales muy malas, por ejemplo, durante una tormenta, es necesario diseñar la estación en forma robusta y con protecciones especiales. Evidentemente la alimentación eléctrica en los equipos es esencial, para garantizar un suministro permanente e independiente de energía, se necesita equipar las estaciones de registro de precipitación con una batería y un panel solar, además con un circuito para controlar la carga y la regulación del voltaje, en el día con la energía solar se genera electricidad y con ellos cargan las baterías, las cuales en las noches absorbe toda la carga y alimentación que requiere la estación eso conlleva a que el diseño y dimensión sea o haga posible que, en días nublados intensos los equipos deben trabajar en esas condiciones, por lo cual el panel es ineficiente él debe permitir que la energía natural del sol sea trasformada en energía eléctrica, ya que nuestra estación debe trabajar sin ningún inconveniente por periodos prolongados de tiempo, el cual permitirá poder tener un registro de las precipitaciones, toda estación debe estar implementado con un sensor de precipitaciones, que es un sistema electrónico que conduce la información adquirida por el sensor, también debe contar con un contador electromecánico para poder tener un respaldo para la información.

El pluviómetro recomendado es del tipo balancín; consiste de un recipiente cilíndrico en cuya parte superior se encuentra expuesto un embudo a través del cual sé que capta el agua de lluvia; esta se conduce hacia una balanza o balancín con dos recipientes, cuando la cantidad de agua acumulada en uno de los recipientes llega a una cierta cantidad, el peso de la misma hace que el balancín salga de equilibrio, con lo cual se vierte el agua y queda en posición para captar agua el otro recipiente, este movimiento del balancín activa momentáneamente un interruptor y produce una señal que es registrada como un pulso o cuenta por la tarjeta de control y registro. Cada movimiento del balancín equivale por tanto a una determinada cantidad de agua de lluvia que se mide el milímetros o pulgadas, la precipitación acumulada en las estaciones es registrada por la tarjeta de control

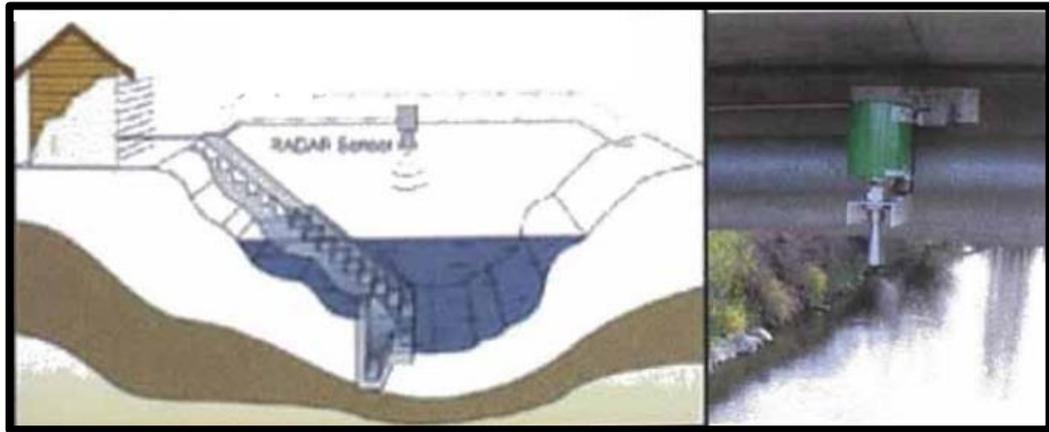
que la despliega a través de un visualizador alfanumérico de esta manera de respaldo también se acumulan los pulsos directamente en un contador electromecánico, en las cuentas de ambos indicadores dan la precipitación total acumulada desde que se instaló la estación o desde la última vez que se visitó la estación y se iniciaron a cero los contadores.

Otro tipo de pluviómetros no cuenta con contador electromecánico, simplemente el agua de lluvia que entro en el pluviómetro es almacenada en un bidón; que es comparada con las lecturas electrónicas, en el caso de las estaciones hidrométricas automáticas; el tipo de almacenamiento de datos y de transmisión, es similar al de las estaciones pluviométricas, es decir, se puede componer de una batería, una antena, un control insertado dentro del gabinete metálico, un panel solar, y un módulo electrónico de registro, para obtener así la medida de niveles de caudal existen diversos tipos de equipos, por ejemplo, sensor de flotación, sensor neumático de presión y sensor tipo radar, para el caso de la cuenca quebrada Solivín se recomienda el sensor tipo radar; ya que para su funcionamiento no requiere estar en contacto con el agua, evitando así malos funcionamientos ocasionados por choque de piedras u otros elementos de la quebrada Solivín, la que traslada por lo general en épocas de grandes avenidas.

Funcionamiento del sensor tipo radar; La medida del nivel de líquidos o solidos se realiza de modo continuo, sin contacto con la superficie en cuestión. Un transductor ultrasónico emite un tren de ondas, cuya reflexión permite determinar el tiempo de transporte de ida y vuelta de los impulsos y por tanto calcular así la distancia o el nivel deseado.

Figura 11

Figura 11. Estación hidrométrica tipo radar.



Nota. En la figura se aprecia el mecanismo interior de una estación hidrométrica tipo radar. Fuente: Elaboración propia.

Debido al alto costo de estos equipos, es recomendable ubicar las estaciones en sitios seguros, por ejemplo, Postas Medicas, Municipalidades, Comisarias, etc. Muchas veces esto no es posible, ya que los lugares destinados a la ubicación de las estaciones se encuentran muy alejados de los poblados; por eso es necesaria la instalación de cercos de seguridad equipados a veces con electricidad, para evitar maltrato de los equipos y/o robos. La electricidad para los cercos de seguridad se consigue mediante un panel solar y batería adicionales, existen diferentes marcas de equipos, podrían ser recomendadas las estaciones automáticas marca SEBA, ya que se viene utilizando con éxito en el Sistema de Alerta de la cuenca del río Piura y se cuenca con la experiencia de su manejo.

Reglas de operación

Como ya se tiene antecedente, el SAT se basa en un grupo de estaciones pluviométricas/hidrométrica, que se localizan en distintas Cuencas y sub cuencas hidrológicas en la cual se divide la zona de estudio, con las cuales se podrá medir la magnitud, conjunto con los caudales estos datos podrán ser enviados a una central por un medio telemétrico para ser registrada la que deberá estar ubicada dentro de la zona en este caso en san Jacinto, si no fuera el caso se recomienda que pueda ser instalada en las instalaciones del SENAMHI, el cual cuenta con los medios idóneos para que la comunicación pueda ser emitida desde la estación a la base central, los datos emitidos siempre deberán ser enviados de manera real por intermedio de los satélites, el cual permitirá poder tener datos de la información

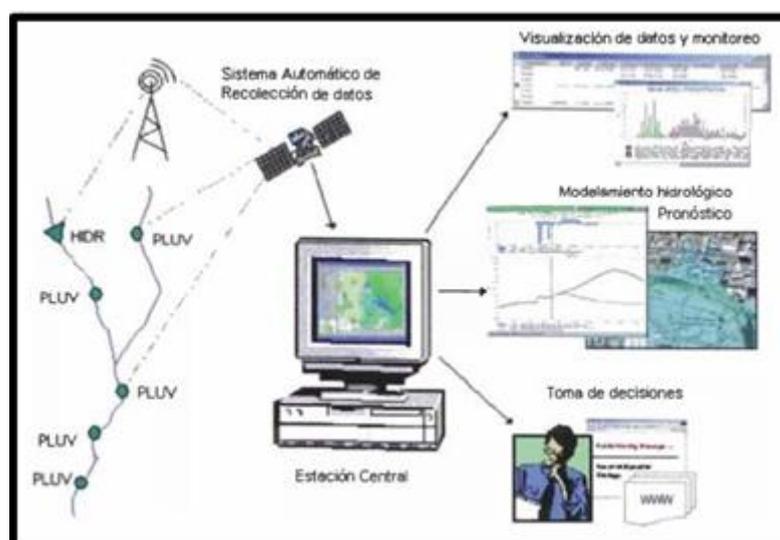
en periodos máximos de una hora, se recomienda no exceder ese periodo de tiempo.

La base o centro podrá obtener la información para ser procesada y analizada, mediante medios informáticos que nos permitan transformar los datos pluviométricos a datos en milímetros de precipitación, el cual será procesado para el modelamiento hidrológico para futuros episodios de precipitaciones en la quebrada, esta información obtenida también servirá para poder calibrar los datos en el modelo ya descrito, con parámetros establecidos el cual podrá servir de indicador para activar las alarmas, ello permitirá poder alertar a los habitantes por intermedios de medios municipales, bomberos, policía nacional y defensa civil, de posibles avenidas en sectores de la zona, que ya debería contar con un plan de contingencia ante emergencia para estas situaciones.

Se debe contar con un equipo que pueda transmitir la información a cada ciudadano que se encuentre en estas zonas de alto riesgo, acerca de lo que significa lo importante que es un sistema de alerta, y de cada uno de los equipos que lo conforman, ya que el descornamiento de ellos podría ocasionar que la población crea que se realizara estudios para exploración y explotación minera, el cual no es el caso por ello el conocimiento o el traslado de información es muy importante.

Figura 12

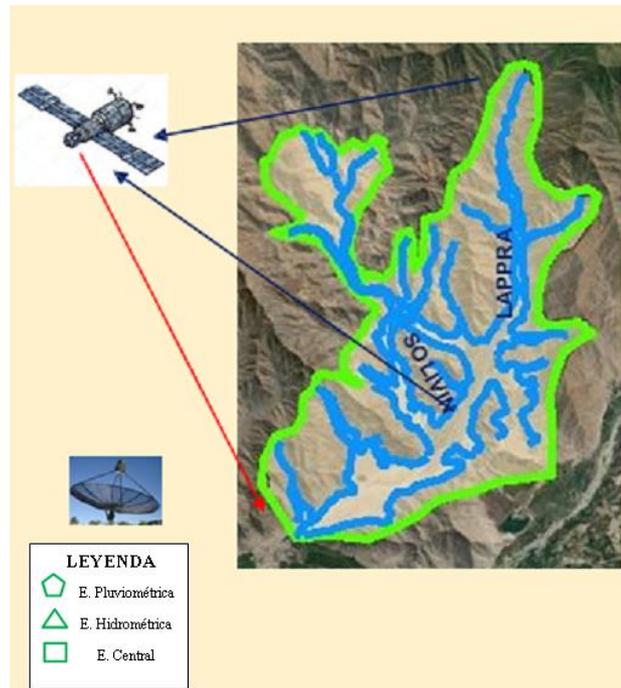
Figura 12. Diseño de operación de un SAT típico



Nota. En la figura se ilustra el diseño de operación de un SAT típico y en la figura se aplica este esquema al caso de la Quebrada Solivín. Fuente: Elaboración propia.

Figura 13

Figura 13. Operación del SAT



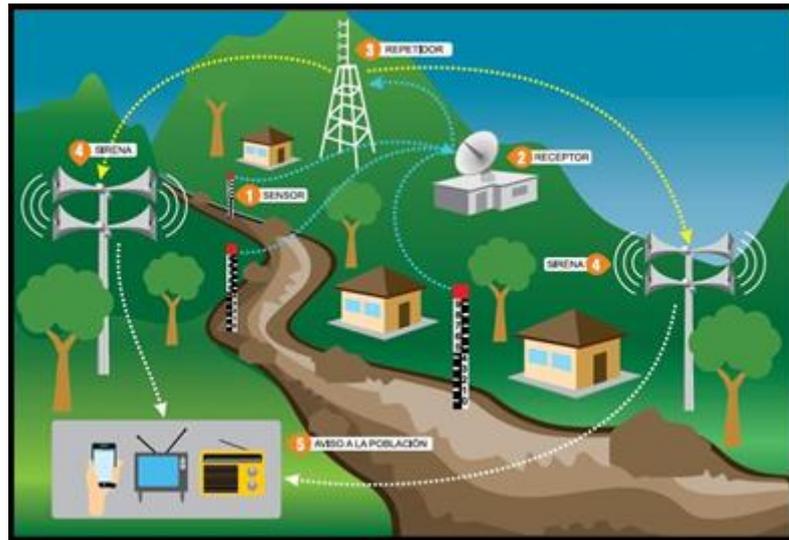
Nota. Propuesta de SAT para la quebrada Solivín, donde se cuenta con un pluviómetro, hidrómetro y una estación central. Fuente: Elaboración propia.

El resultado del SAT para inundaciones permite laborar con datos obtenidos por los meteorólogos, esto nos permitirá poder conectar las bases a los sensores los que monitorean y están conectada con las sirenas electrónicas Pavian. Estas contarán con conexiones entre base y centro de toma de información por medio de un solo canal lo cual a minorizara los gastos para su construcción en lo cual posteriormente ser llevada a funcionamiento.

La idea fundamental es poder instalar punto de alerta (sirena) en las poblaciones que estén ubicadas en zonas inundables para que estos puedas evacuar y evitar estragos en caso de eventos, el cual está conformado por: alerta, notificación en el centro de control que permitan trabajar a los sensores de monitoreo y sirenas pavian.

Figura 14

Figura 14. funcionamiento del SAT con sirena



Nota. Propuesta de SAT para la quebrada Solivín, con sistema acústico. Fuente: Elaboración propia.

Descripción: resultados – objetivos 04

En cuanto al cuarto objetivo en el proponer una inserción de los elementos para un sistema de alerta constituida por estaciones pluviométricas e hidrométricas, se definió que dichas propuestas son adecuadas debido a que la cuenca de la quebrada Solivín, no cuenta con ningún tipo de información y/o estación dentro de los límites geográficos de la cuenca el cual no permite a la población tener consideración en caso de posibles amenazas naturales o avenidas máximas de precipitaciones, el cual permitirá a la población a tomar medidas preventivas anticipadas y oportunas de preparación y sobre todo respuesta, para mitigar los daños por inundaciones.

5.- los resultados hallados en el quinto objetivo que fue plantear un SAT contra inundaciones para la Quebrada Solivín que está basado en un Modelo Hidrológico, fueron los siguientes:

Funcionamiento del proyecto

En la realización de este proyecto se consideró el montaje de 3 estaciones pluviométricas (Solivín), y la instalación de 3 estaciones hidrométricas automáticas (Solivín bajo).

Programación

Para realizar la programación del SAT se ha tomado en cuenta la programación propuesta para el Sistema de Alerta Temprana de la cuenca del Rio Piura, en el

Estudio Definitivo para la Reconstrucción y rehabilitación del Sistema de Defensa contra Inundaciones en el Bajo Piura.

La programación de la implementación, cuenta con los siguientes Ítems:

Movilización: Consiste en el traslado del personal, maquinaria y materiales al lugar donde se realizarán los trabajos de instalación de las estaciones remotas y estación central.

Preparación de infraestructura de estaciones remotas: consiste en la construcción de losas de concreto para colocación de pluviómetros e instalación de un cerco tipo reja para asegurar la protección de los diferentes equipos.

Preparación infraestructura Estación Central: consiste en la construcción de las instalaciones de la Estación Central.

Transporte, aduana, almacenaje: como consecuencia de que los equipos son comprados a empresas extranjeras, estos deben de ser transportados al Perú y realizar dichos procesos.

Instalación del sistema de hardware: consiste en el montaje de los equipos de mensuración pluviométrica e hidrométrica; colocación de antenas, instalación de baterías y paneles solares, etc.

Instalación de paquetes de software: consiste en la instalación de los programas que trabajan con las estaciones remotas para la administración y recepción de la información.

Pruebas, ajustes y puesta en operación: la empresa que realiza la instalación y que es la misma que suministra los equipos, debe entregar estos funcionando adecuadamente.

Capacitación del personal: la empresa que suministra las estaciones remotas, también debe de realizar charlas de capacitación acerca del funcionamiento y mantenimiento de los equipos.

Desmovilización: consiste en el traslado del personal, maquinaria y sobrando de materiales a Chimbote

Presupuesto

Para preparar el presupuesto se adquirió la información de las páginas web de cada modelo, que fabrican e instalan equipos para Sistemas de Alerta, en

diferentes países; estas fueron Seba Hydrometrie (Alemania), Sutron (Estados Unidos) y Geonica (España), se cuenta con un presupuesto aproximado de los equipos de medición pluviométrica e hidrométrica, de acuerdo a los requerimientos. De acuerdo a estos presupuestos, se ha realizado un cuadro comparativo, considerando solamente el costo de los equipos, tratando de esta manera de uniformizar funciones y moneda presupuestada, la hoja de programación, presupuesto de instalación y operación, además de los modelos de equipos se muestran en las paginas siguientes

Tabla 16

Tabla 16. Comparación de precio de equipos.

ESTACION PLUVIOMETRICA		GEONICA		SEBA		SUTRON	
Cantidad	Descripcion	Unitario (\$)	Total (\$)	Unitario (\$)	Total (\$)	Unitario (\$)	Total (\$)
3	Pluviometro	642	1926	1997	5991	1400	4200
3	Soporte pluviometro	173	519	212	636	6500	19500
3	Panel Solar	494	1482	1195	3585		
3	Equipamiento adicional y transmision	2925	8775	5247.4	15742.2		
			12702				23700

ESTACION HIDROMETRICA		GEONICA		SEBA		SUTRON	
Cantidad	Descripcion	Unitario (\$)	Total (\$)	Unitario (\$)	Total (\$)	Unitario (\$)	Total (\$)
3	Medidor de tirante de rio	1358	4074	1484	4452	3300	9900
3	Equipamiento adicional y transmision	-	-	4249	12747	-	-
			4074				9900

ESTACION CENTRAL		GEONICA		SEBA		SUTRON	
Cantidad	Descripcion	Unitario (\$)	Total (\$)	Unitario (\$)	Total (\$)	Unitario (\$)	Total (\$)
1	Equipamiento adicional y transmision	-	-	1490	1490	2900	2900
1	Software	-	-	2492	2492	1400	1400
1	Montaje	-	-	926	926	2000	2000
			-				6300

TOTAL		16776		48061.2		39900	
--------------	--	-------	--	---------	--	-------	--

Nota: Tabla comparativa de precios de equipos. *Fuente:* SAT-Rio Chillón.

Tabla 17

Tabla 17. Presupuesto referencial de instalación.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	COSTO UNITARIO (\$)	SUB-TOTAL (\$)
1	OBRAS PRELIMINARES				
1.01	Movilizacion y	UND	3	300	900
1.02	Trazo y replanteo	UND	3	100	300
1.03	Cartel de obra	UND	3	80	240
2	INFRAESTRUCTURA				
2.01	Losa de concreto para estacion remota	UND	3	1500	4500
2.02	Cerco de proteccion con malla y puerta	UND	3	800	2400
2.03	preparacion de estacion central	UND	1	2000	2000
2.04	Losa para caseta de grupo electrogeno	UND	1	800	800
3	EQUIPAMIENTO				
3.01	Pluviometro	UND	3	1997	5991
3.02	Soporte para	UND	3	212	636
3.03	Panel solar	UND	3	1195	3585
3.04	Equipamiento adicional y transmision	UND	3	5247	15741
3.05	Sistema de proteccion, pararrayos	UND	3	100	300
3.06	Grupo electrogeno	UND	1	1400	1400
3.07	Equipo de aire	UND	1	600	600
3.08	Equipamiento y muebles estacion central	GLB	1	1490	1490
3.09	Equipamiento de	GLB	1	1800	1800
3.10	Software	GLB	1	2492	2492
3.11	Montaje	GLB	1	926	926
4	VARIOS				
4.01	Stock basico de	GLB	1	1000	1000
4.02	Herramientas	GLB	1	1500	1500
4.03	Herramientas	GLB	1	1200	1200
TOTAL COSTO DIRECTO					\$ 49,801.00

Nota: Tabla presupuesto por concepto de instalación. Fuente: SAT-Rio Chillón.

Tabla 18

Tabla 18. Presupuesto referencial de operación anual.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	UNITARIO (\$)	SUB-TOTAL (\$)
1	LOCAL				
1.01	Alquiler de local para estación central	mes	12	280	3360
2	PERSONAL				
2.01	Jefe del Sistema de Alerta	mes	12	900	10800
2.02	Técnico de Mantenimiento	mes	12	460	5520
3	MANTENIMIENTO DE ESTACIONES				
3.01	Movilidad	mes	12	242	2904
3.02	Viáticos	mes	12	91	1092
3.03	Stock adicionales de repuestos	glb	1	1000	1000
TOTAL					\$ 24676.00

Nota: Tabla presupuesto por operación anual. *Fuente:* SAT-Rio Chillón

Figura 15

Figura 15. Pluviómetro meteodata - GEONICA



Nota. Pluviómetro de marca Geonica. Fuente:

<http://www.geonica.com/es/section/automatic-measuring-stations/estaciones-de-precipitacion-automaticas-ars>.

Figura 16

Figura 16. Pluviómetro automático - SUTRON

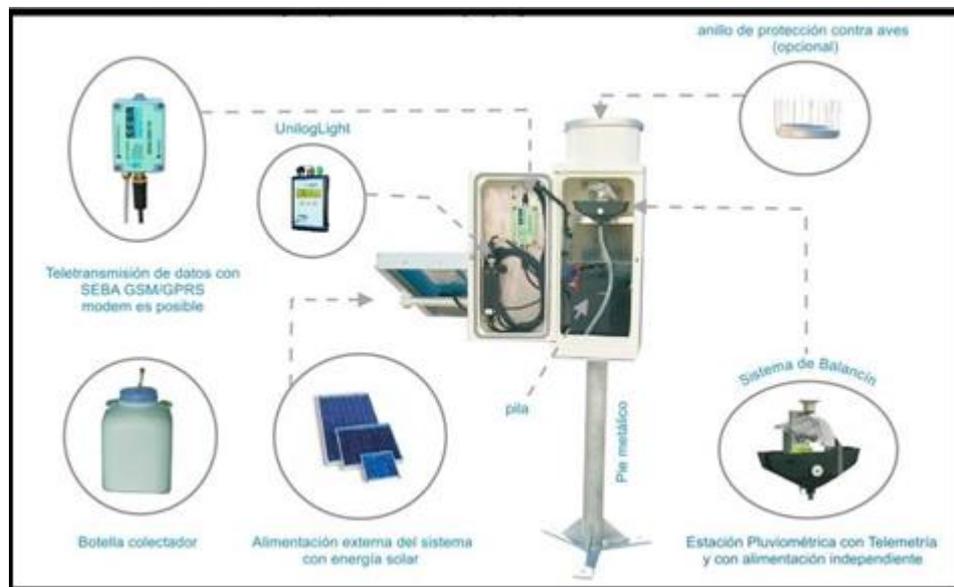


Nota. Pluviómetro de marca Sutron. Fuente:

<https://www.sutron.com/product/pluviometro-y-registrador-de-precipitacion-total-tpg/>

Figura 17

Figura 17. Sistema automático - SEBAS



Nota. Pluviómetro de marca Sebas. Fuente:

<https://www.directindustry.es/prod/seba-hydrometrie-gmbh-co-kg/product-63216-407310.html>

Descripción: resultados – objetivos 05

En cuanto al quinto objetivo se logró determinar, la necesidad de poder implementar el sistema de alerta temprana, como se ha previsto con el transcurso de la tesis, se describió la necesidad de creación del sistema para contar

Para este trabajo seguiremos las siguientes recomendaciones para un SAT para inundación; caso Solivín San Jacinto.

1. Determinar la situación actual de la zona de estudio, San Jacinto será delimitado teniendo en cuenta también sus tributarios y el caso que será en la quebrada Solivin. Los centros poblados y terrenos agrícolas asentados serán identificados.

Figura 18

Figura 18. Ubicación actual de la zona de estudio



Nota. Visita técnica a la zona de estudio. *Fuente:* Elaboración propia

2. De la información histórica que se obtuvo de las estaciones pertenecientes al Senamhi, de donde podremos tener su precipitación media mensual. Que serviría como influencia en la cuenca del río Nepeña, Quebrada San Jacinto.

- Una vez determinados los datos históricos se confirma que la precipitación en la quebrada puede ocasionar deslizamientos, con esta determinación se identifica los puntos de la quebrada para la colocación de instrumentos adicionales de medición de lluvias.

Figura 19

Figura 19. Pluviómetro automático - SEBAS



Nota. Pluviómetro sugerido para el proyecto. Fuente: Elhuertohurbano.et

El pluviómetro es el instrumento de medición de lluvias se coloca en la parte alta de la cuenca, es donde hay mayor cantidad de precipitación, se instalan las reglas limnimétricas que su fin es poder tener el control de medidas del caudal para ríos y quebradas.

Si ocurriera que los valores fuesen mayores que los máximos permitidos, en el SAT de inundaciones monitorea y vigila, cuando detecta valores superiores se tendrá una señal de un posible desborde y así los moradores que residen por las zonas vulnerable puedan iniciar la evacuación siguiendo los pasos.

Tabla 19

Tabla 19. Estados de alerta para un sistema de alerta temprana.

Rojo	El impacto generado y el desastre requieren evacuación	
Naranja	Condiciones de inundaciones crítica	
Amarillo	Incremento en las lluvias	
Verde	Situación normal	

Nota: condiciones por color de influencia de precipitación. Fuente: Elaboración propia.

Beneficios de un SAT de inundaciones

- Nos permite reaccionar a tiempo y de manera rápida y segura si tuviéramos un caso de emergencia.
- Se puede reducir pérdidas humanas como daños ocurridos en propiedades.
- Se fortalecen la participación comunitaria y de las autoridades locales.
- El constante monitoreo y vigilancia generada por el sistema de alerta temprana.
- Se enseña a los habitantes, de que es necesario tener actividades para tomar conciencia en temas de desastres.

Tabla 20

Tabla 20. Funcionamiento de un sistema de alerta temprana.

FUNCIONAMIENTO DEL SAT DE INUNDACIONES						
Lectura Y Registro	Transmisión De Datos	Procesamiento Y Análisis De Los Datos	Evaluación Y Definición De La Alerta	Difusiones De La Alerta	Activación Del Plan De Emergencia	Normas De Operación
<p>Cuando tenemos crecimiento del nivel del río es indispensable realizar un estudio hidrológico con el cual detectaremos las zonas vulnerables.</p> <p>Los instrumentos necesarios son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pluviómetro - Escalas hidrométricas 	<p>La transmisión de datos se da a través del SENAMHI, que es el organismo que se encarga del análisis de los datos y su posible procesamiento.</p>	<p>SENAMHI es el ente encargado el cual controla y cuida la información que se obtiene de los registros para generar un análisis y mapas de precipitación mensual.</p>	<p>Los profesionales se encargan de elaborar los mapas de riesgo, nivel y tipo de alerta. Mediante un monitoreo del proceso del SAT.</p>	<p>Para esto tendremos en consideración cualquier medio de comunicación existentes en la zona de emergencia, donde se pueda difundir con estrategias para una evacuación exitosa, antes, durante y después.</p>	<p>Para desarrollar la activación del plan de emergencia la capacidad de respuesta debe estar organizada con todas las instituciones de la zona vulnerables como defensa civil, municipalidades, gobierno regionales.</p>	<p>El SAT de inundaciones lo conforma un grupo de estaciones colocadas en la zona alta y baja de la cuenca y sub cuencas. Donde se obtiene los datos que son registrados, transmitidos procesados, analizados, evaluados para su posterior difusión en caso de un fenómeno natural ocasionado por las intensas precipitaciones en el área de estudio.</p>

Nota: tabla de funcionamiento de los sistemas de alerta temprana para inundaciones. *Fuente:* Elaboración propia.

V. DISCUSIÓN

Los resultados se da noticia a las guías del argumento de análisis y las exploraciones hechas por otros escritores. Por otro lado, el subsiguiente análisis es realizado con la finalidad de poder evaluar el peligro de desborde en la quebrada Solivín – san Jacinto.

Se registraron lluvias en la quebrada de Solivín activándose con arrastre de lodo y piedras, estando en riesgo la población de centro poblado de san Jacinto y el puente carrózale de cocharca del distrito de Nepeña; el caudal del escurrimiento alcanzo un tirante hasta 1 metro por debajo de la base de la estructura del puente. La municipalidad distrital de Nepeña actuó en forma inmediata con maquinaria pesada realizan trabajos de reforzamiento de cauce margen izquierda para reducir los riesgos de desborde. Huayco el día 03 de febrero de 2017, en el centro poblado de san juan, activándose la quebrada san juan por lluvias intensa de 30 minutos con arrastre de lodo y piedras, varias viviendas quedaron afectados y la interrupción de la carretera a Jimbe.

El primero objetivo es determinar la ubicación de la quebrada y la describir la zona de la investigación, el centro poblado de san Jacinto Solivin se localiza a 75 km de la ciudad de Chimbote a media hora del centro poblado de Nepeña, presenta una topografía plana, con ligeras pendientes no pronunciadas. Se encuentra una altitud de 266 m.s.n.m. como vía de acceso San Jacinto está incorporado a la red vial nacional a través del panamericano norte. El tiempo estimado terrestre desde lima a Chimbote es de 6 horas aproximadamente y de Chimbote a Nepeña 40 minutos.

La cuenca de la quebrada Solivin se localiza en la costa hacia el norte del Perú en la región de Ancash, sus coordenadas geográficas 08°45'07" y 09°06'03" de latitud sur y 78°11'37" a 78°34'09" de longitud oeste.

DEMARCAACION HIDROGRAFICA

La Quebrada Solivin – San Jacinto corresponde a la vertiente del pacifico y limita con las siguientes cuencas.

Por el norte	:	rio Nepeña
Por el Este	:	rio Nepeña
Por el sur	:	rio Nepeña
Por el Norte	:	Océano Pacifico

Donde se corrobora la posición del centro poblado, el cual de manera visible se puede percibir que la quebrada cruza directamente el distrito, aquí es donde aplicamos el ArcGIS para delimitar nuestra quebrada. Se define que el área de la zona beneficiara a 2330 habitantes, en los cuales estando directamente ubicados en la zona de descarga de la quebrada serian perjudicados directos.

El segundo objetivo se muestra la situación actual en la quebrada Solivin, la línea social tanto poblacional como en su línea ambiental, en las cuales se pudo reconocer la población del distrito de san Jacinto la que comprende de manera general a una población de los 14324 ciudadanos inscritos según la información del INEI, esta información fue obtenida en los Censos Nacionales 2017.

La precipitación en san Jacinto tiene como frecuencia días húmedos (algunos con más de 1 mm de lluvia) no cambia según la estación, la frecuencia cambia de 0% a 7%, y el valor promedio es 3%, entre los días húmedos, diferenciamos entre los que tienen solamente precipitación, solamente nieve o una combinación de las dos, en términos a esta categorización, la muestra más común de precipitación en ese lapso del año es solo lluvia, con una posibilidad máxima del 7 % el 12 de marzo.

La temperatura máxima presenta fluctuaciones durante los meses de verano e invierno, entre 24,5 y 32,6 ° C.

La cuenca y subcuencas del rio Nepeña tiene un área de drenaje total de 1,888.41 km², altura sobre el mar 2 056 m.s.n.m. y un trayecto máximo 89.33km. presenta una pendiente promedio de 5.14%, su promedio disponibilidad hídrica anual es de 3.20 m³/s. el rio Nepeña tiene afluentes importantes como son: rio Chunya, Rio lamparín, Rio Jimbe, el rio loco, Rio Uchupacancha, Rio Huarapampa.

Según un estudio de CENEPRED en el verano del 2017, se presentó condiciones océano – atmosféricas anómalas, que se estableció como el niño costero 2017, situación grave por el propiciado comportamiento anómalo de las lluvias afectando al C.P. san Jacinto – Solivín, donde el fenómeno de flujo de lodo o detritos en el C.P. San Jacinto ocurrió en las quebradas San Cristóbal afectando el A.H. San Cristóbal y en la Quebrada Solivín afectando el A.H. Solidez alto y Solivín donde se aplicará el SAT de inundaciones.

Del tercer objetivo fue realizar la generación de datos hidrológicos con un modelo hidrológico, utilizando los softwares HEC-HMS y el ArcGIS., aquí es donde recopilamos la información meteorológica obtenida del SENAMHI, datos históricos de las estaciones

donde se eligió la estación BUENA VISTA, ubicada en buena vista alta, perteneciente a la cuenca hidrográfica de Casma, la siguiente estación fue la de Yungay, perteneciente a la cuenca hidrográfica de Santa.

Es preciso realizar dichos parámetros geomorfológicos con el cual determinaremos el área de cada subcuenca, su pendiente y su longitud, tal como lo ya estudiado de Heredia, I. (2018).

Se realizó el estudio hidrológico donde se utilizó la información de las precipitaciones máxima 24 horas así evaluar las lluvias máximas para 100, 200 y 500 años en el tiempo de retorno, a partir de ellos se calculó las curvas de duración, intensidad y frecuencia y con esta información se procedió a evaluar el caudal de diseño o caudal máximo para la aplicación en el modelo HEC-HMS.

Para la caracterización de la cuenca se usó el software ArcGIS y se utilizó datos de cartografía, se descargó la carta nacional hoja 19 G, Casma – escala 1/1000000, información que fue obtenida por el instituto geográfico nacional (IGN). Para favorecer la determinación de los parámetros geomorfológicos se ejecutó con el software ArcGIS, con el fin de hacer referencia a la carta nacional correspondiente a la quebrada Solivin y poder hacer la delimitación del área de la cuenca que forman parte del proyecto.

Contamos con varias cuencas y sub cuencas de las cuales se obtiene distintos tipos de suelos donde encontramos cobertura vegetal con un valor compuesto CN, se obtiene el índice porcentual de impermeabilidad la cual es una parte del área de la sub cuenca. Según Moccetti G. (2011).

En el cuarto objetivo es evaluar una condición de los componentes del SAT como estaciones pluviométricas e hidrométricas. El primordial factor físico de un SAT para inundaciones y que son necesarios para su buen funcionamiento son las estaciones pluviométricas de medición automática en la quebrada Solivin, se debe instalar las estaciones de medición pluviométricas con transferencia de información en tiempo actual, hoy por hoy no cuenta con estaciones automática o convencional para tener información y realizar estudios hidrológicos en la Cuenca , se está realizando el estudio con información de estaciones cercanas y son estaciones convencionales.

La representación meteorológica permite el cálculo de las lluvias en tiempo real sobre cada subcuenca. Este sistema establece que las lluvias en cualquier nodo de la cuenca es igual a la lluvias que se toma lectura en las estaciones más cercanas, sabemos que el punto 65 se localiza dentro del área de influencia de la estación. Se halla a raíz de los polígonos de Thiessen. Según Moccetti G. (2011).

el quinto objetivo que fue proponer un SAT para inundaciones para la Quebrada Solivin basado en un Modelo Hidrológico, consiste en implementar con 3 estaciones pluviométricas en Solivin y 3 estaciones hidrométricas automáticas.

VI. CONCLUSIONES

La quebrada Solivín no cuenta con ninguna estación hidrométrica y pluviométricas para posibles estudios hidrológicos en la cuenca.

Las estaciones que se encuentran operativas y las inoperativas son estaciones convencionales, solo se cuenta con una estación pluviométrica automática pero no realizan transmisión de datos teleméricamente. Lo cual la información recopilada por los operarios es entregada al SENAMHI cada fin de mes para ser analizadas, por lo que hace imposible la predicción de eventos

Las estaciones operativas a la cuenca de la quebrada Solivín no proporciona información de lluvias, solo cuenta con precipitación máxima o acumulada por día.

En cuanto al primer objetivo corresponde a la ubicación donde se desarrollara la investigación, donde se define el área de la zona beneficiaria a 2330 habitantes de los cuales serían directamente perjudicados por la descarga de la quebrada.

El pronóstico de tiempo de alerta dado en los estudios en el software HEC HMS nos da un duración de 8.05 hrs, tiempo para alertar a la población antes un posible desastre natural.

Con la aplicación del SAT de inundaciones se darán nuevas medidas de seguridad y prevención, anticipando y dando oportunidad a la población de estar preparados ante la detección de una inundación. La alerta se transmitiría mediante sistemas de redes internet, redes sociales, telecomunicaciones, teléfonos, así se trasmite la información más segura y dinámico así poder evacuar a los habitantes a zonas seguras.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una investigación detallada sobre “Zonificación de áreas inundables utilizando un sistema de información geográfica – Aplicada en determinados tramos o subcuencas”

Se recomienda realizar el levantamiento topográfico de la zona de estudio, y así obtener de manera compleja las curvas de nivel donde se permita obtener un buen análisis de los resultados de simulación.

Se recomienda desarrollar estudios más detallados de hidrología en la cuenca de la Quebrada Solivin, como también de las subcuencas colindantes.

Se recomienda instalar estaciones hidrométricas y pluviométricas para una adecuada información hidrológica.

Se recomienda efectuar el dimensionamiento de las estructuras de protección correspondientes generando un caudal con periodo de retorno de 100 años.

Se debe seguir con el proyecto de estudio de regionalización y caracterización en cuencas y sub cuencas que no poseen SAT para inundaciones.

Es recomendable laborar con este tipo de SAT para inundaciones con el programa HEC-RAS para mejorar los resultados así identificar las zonas más vulnerables y determinar el volumen de agua.

Se recomienda implementar medidas estructurales por lo que la Municipalidad debe comunicarse con la unidad correspondiente (COER) y (INDECI) de la región, deben informar a los residentes de la zona sobre los SAT y ejecutar planes de evacuación, mediante mapas de zonas seguras y una buena organización para la ayuda hacia los habitantes en caso de un evento.

VIII. REFERENCIAS:

- Alzamora Aragón, C. (2020). *Evaluación del impacto del sistema de alerta temprana de huaycos y su concienciación en el Centro Poblado Nicolás de Piérola Chosica 2020*. Universidad César Vallejo, Lima. Lima- Este: UCV-Institucional.
- Borda Quispe, L. (2018). *Efectividad del Sistema de Alerta Temprana en Huaycos e Inundacion Parcona es en el Distrito de Parcona*. Universidad Cesar Vallejo. Parcona: UCV.
- Flores , M., & Ponce Luis. (2018). *Determinacion del Caudal de Avenida para un Periodo de Retorno de 100 años en el Rio Lacramarca*. Ancash. Chimbote: UNS.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2011). *Manual de Estimacion de riesgo ante Inundaciones Fluviales*. Lima, Perú.
- Mocetti Rojas, G. (2016). *Sistema de alerta temprana de inundaciones: aplicación en el río Chillón*. Universidad Nacional de Ingeniería -UNI, Lima. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- MVCyS. (2011). *Centro Nacional de Estimación, Prevención y reduccion del riesgo de desastres* . Lima: Diario Ofical El Peruano.
- Orellana Cabello, R. (2021). *Modelamiento hidrológico e hidráulico para el análisis de inundaciones en la ciudad de Piura utilizando HEC-HMS y HEC-RAS*. Pontífice Universidad Católica del Perú., Lima. Lima: PUCP-Institucional.
- Pablo Ramirez, K. (2019). *Sistema de Alerta Temprana de Inundaciones Aplicando un Modelamiento Hidrológico con HEC-HMS en el Río Culebras*. Universidad San Pedro, Ancash. Chimbote: Usanpedro-Institucional.
- Yabar Meoño, D. (2018). *Metodología para la planificación de un sistema de alerta temprana (SAT) a inundaciones para la Región de Madre de Dios, Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina., Lima. Lima: UNALM-Institucional.

ANEXO Nº 01

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Matriz de Operacionalización de la variable principal de estudio.

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Propiedades de un Sistema de alerta temprana para inundaciones	Un sistema de alerta temprana es una medida de adaptación al cambio climático que utiliza sistemas de comunicación integrados con el fin de ayudar a las comunidades a prepararse para los peligros relacionados con el clima. United Nations. (2020, 11 noviembre). Sistemas de alerta temprana Naciones Unidas. https://www.un.org/es/climate-change/climate-solutions/early-warning-systems .	Un sistema de alerta temprana diseñado correctamente ayuda a salvar vidas, puestos de trabajo, tierras e infraestructuras, y contribuye a la sostenibilidad a largo plazo. Los sistemas de alerta temprana ayudan a funcionarios públicos y administradores a planificar, ahorrar dinero a largo plazo y proteger las economías. United Nations. (2020, 11 noviembre). Sistemas de alerta temprana Naciones Unidas. https://www.un.org/es/climate-change/climate-solutions/early-warning-systems .	Modelación hidrológica con HEC-HMS	Modelamiento hidrológico con el software HEC-HMS	Intervalo
			Modelo hidrológico en la cuenca de Solivín – san Jacinto - Nepeña.	Medidas de prevención y acciones de alerta para la población	Intervalo
			Datos Hidrológicos	Índice de vulnerabilidad de las viviendas frente a un evento	intervalo

Fuente: Elaboración propia

ANEXO Nº 02

MATRIZ DE CONSISTENCIA LÓGICA

TÍTULO: ‘SAT DE INUNDACIONES UTILIZANDO UN MODELAMIENTO HIDRAULICO CON HEC-HMS, SOLIVIN - NEPEÑA’

Formulación del problema	Objetivos	Variable e indicadores	metodología
¿se puede crear un sistema de alerta temprana para inundaciones en la quebrada solivin, san Jacinto?	Objetivo principal	Modelamiento hidrológico con el software HEC- HMS	Tipo
	Diseñar los SAT para Inundaciones basadas en el modelamiento hidrológico con HEC-HMS en la Quebrada Solivin – San Jacinto.		no experimental
	Objetivo específico	Índice de vulnerabilidad de las viviendas frente a un evento	Nivel
	Ubicación y descripción de la zona de estudio.		investigación descriptiva
	Conocer el diagnostico situacional actual de la Quebrada Solivin.		Método
	Realizar la generación de información hidrológica y el modelamiento hidrológico, utilizando el ArcGIS y el HEC-HMS.		Descriptivo - científico
	Plantear una adecuación de los componentes del sistema de alerta como estaciones hidrométricas y pluviométricas.	Medidas de prevención y acciones de alerta para la población	Población y muestra
		Respecta a la población y muestra cabe aclarar que debido a la naturaleza de la variable de estudio estará constituida por el número de	

		<p>habitantes que estará en riesgo. La población San Jacinto comprende el distrito Nepeña a una población de los 18606 habitantes registrados según datos del INEI recogidos en los Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.</p>
	<p>Proponer un Sistema de Alerta Temprana contra Inundaciones para la Quebrada Solivin basado en un Modelo Hidrológico</p>	<p>Técnica y instrumento</p> <p>Se aplicará como técnica la observación ya que consiste en visualizar atentamente el hecho en una visita de campo, tomando información y registrarla en el análisis de nuestra investigación.</p>

Fuente: Elaboración propia

PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA YUNGAY

año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	total, anual	total, media anual
1984	61.5	82	30.6	20.5	13	11.3	9	10.8	32	24.9	29.7	58.1	383.3	31.9
1985	40	50.4	67.6	15.9	5.5	5.5	12.2	7.7	19.6	35.4	32.1	40.8	332.7	27.7
1986	43.3	43.3	39.4	31.2	5.5	5.5	5.5	10.9	15.3	32.2	30.2	26.8	289.1	24.1
1987	68.1	46.1	42.9	29.2	14	6.2	7	30.7	45.5	38.8	50.1	41.7	419.8	35
1988	61.7	64.5	24.4	29.6	13	6	5.5	5.5	5.7	42	54.1	41.4	353.2	29.4
1989	68.7	76.7	67.2	34.2	15	8.1	17.2	7.5	29.1	31.1	41.6	70.1	466.1	38.8
1990	112.6	89.1	73.9	35.3	26	8.5	16.8	21.6	15.5	40.2	11.7	82.2	533.4	44.5
1991	85.2	59.7	77.5	33.7	47	18.2	24	10.6	31.4	56.8	90.1	77.2	611.6	51
1992	30.7	76.8	94.7	24.1	26	5.5	31.8	21.2	39	59	60.2	100.1	569.4	47.5
1993	41.3	69.7	67.4	55.7	25	5.5	5.5	23.7	27.2	27.8	30.5	45.4	425.1	35.4
1994	56	76.5	25.1	15	7.4	5.8	3.5	5.3	26.5	19.4	24.2	52.6	317.3	26.4
1995	34.5	44.9	62.1	10.4	0	0	6.7	2.2	14.1	29.9	26.6	35.3	266.7	22.2
1996	37.8	37.8	33.9	25.7	0	0	0	6.4	9.8	26.7	24.7	21.3	223.1	18.6
1997	62.6	40.6	37.4	23.7	8	0.7	1.5	25.2	40	33.3	44.6	36.2	353.8	29.5
1998	56.2	59	18.9	24.1	7.3	0.5	0	0	0.2	36.5	48.6	35.9	287.7	23.9
1999	63.2	71.2	61.7	28.7	9.1	2.6	11.7	2	23.6	25.6	36.1	64.6	400.1	33.3
2000	107.1	83.6	68.4	29.8	21	3	11.3	16.1	10	34.7	6.2	76.7	467.4	39

Fuente: Elaboración propia

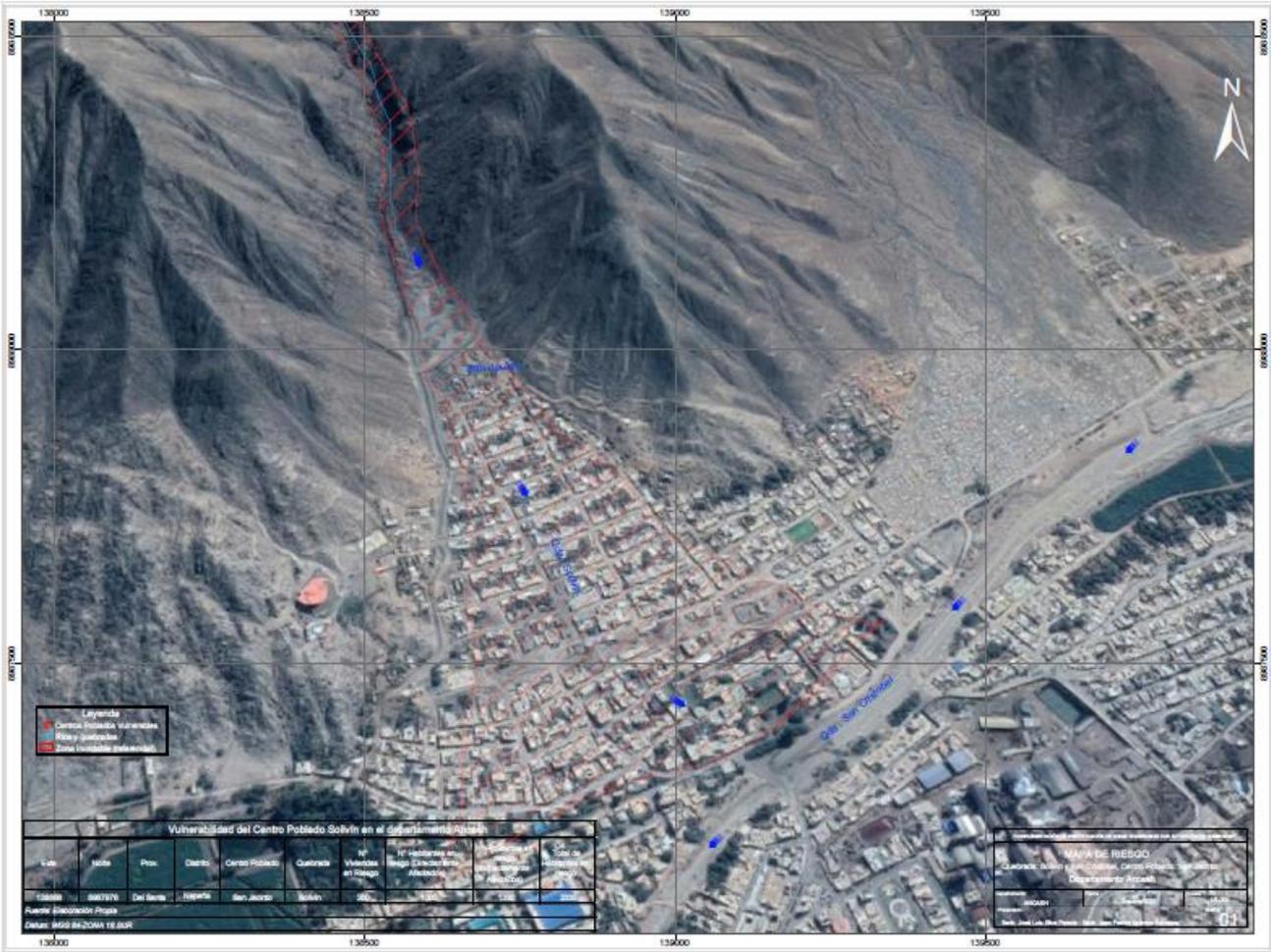
ANEXO Nº 04

PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA BUENA VISTA

año	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	total, anual	total, media anual
2001	79.7	54.2	72	28.2	42	12.7	18.5	5.1	25.9	51.3	84.6	71.7	545.6	45.5
2002	25.2	71.3	89.2	18.6	21	0	26.3	15.7	33.5	53.5	54.7	94.6	503.4	42
2003	35.8	64.2	61.9	50.2	20	0	0	18.2	20.6	21.2	17	0	309	25.8
2004	19.6	55.9	47.9	9.1	23	25	14.5	2.5	44.1	41.8	54.2	64.6	401.7	33.5
2005	49.7	43	74.7	19.7	23	0	6.3	8.1	23.4	37.9	36.9	52.9	312.6	26.1
2006	67.8	44.1	82.6	25.2	7.3	28.5	0	5.3	11.3	76.8	87.9	53.8	344.8	28.7
2007	41.3	27	51.3	29.3	18	0.3	6.3	0	11.2	36.1	43.2	48.4	492.8	26.1
2008	65.1	48.6	26.6	15	18	7.6	1.5	12.9	17	38.7	32.1	61.7	344.8	28.7
2009	70	51.1	53.6	37.3	20	4.1	18.5	13.1	15.9	53.3	73	82.8	492.8	41.1
2010	94.1	116.6	28.5	18.8	5.3	8.6	3.6	3.7	44.7	24.3	46.5	72.6	467.3	38.9
2011	111.5	93.9	59.6	29.1	9.5	4.2	11.5	2.8	18.2	56	35.7	133.6	565.6	47.1
B	62	61.9	18.9	76.9	1.9	3.9	6.5	0	16.4	56.7	104.9	130.9	540.9	45.1
2013	106.8	93.3	52.9	55.8	19	4.8	10.8	32.6	23.8	40.8	36.6	82.9	560.4	46.7

Fuente: Elaboración propia

PLANO DE ZONAS INUNDABLES



Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°05

PANEL FOTOGRAFICO

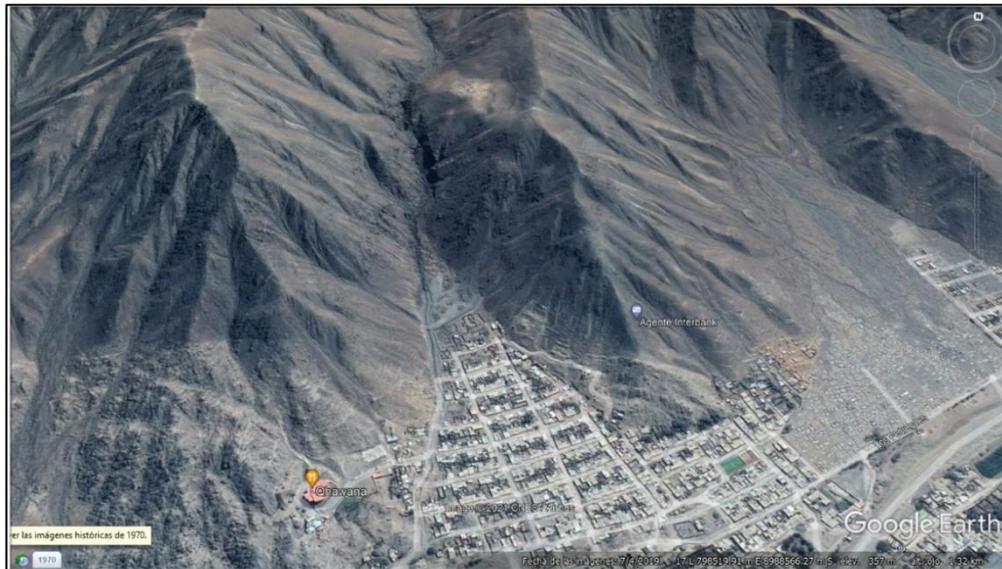


Figura 35: En esta foto observamos la quebrada Solivín donde aplicaremos el sistema de alerta temprana para inundaciones.

Fuente: Google Earth



Figura 36: Ubicación y descripción de la zona de estudio, visita a campo, reconocimiento de terreno, Quebrada Solivín – san Jacinto – Áncash.



Figura 37: Encontramos un Gavión existente en la quebrada solivin parte baja.



Figura 38: realizamos la excavación del terreno, calicata 1.



figura 39: Nivelación de los anillos de infiltración, ensayo realizado en la parte baja de la quebrada Solivin - San Jacinto.



figura 40: vaciamos el agua dentro de los anillos para realizar los ensayos respectivos.



figura 41: medimos la altura del agua de acuerdo al tiempo de infiltración del agua hacia el terreno.



figura 42: Trazo topográfico de tramo de la quebrada



figura 43: Establecimiento de puntos a considerar en nuestro informe.

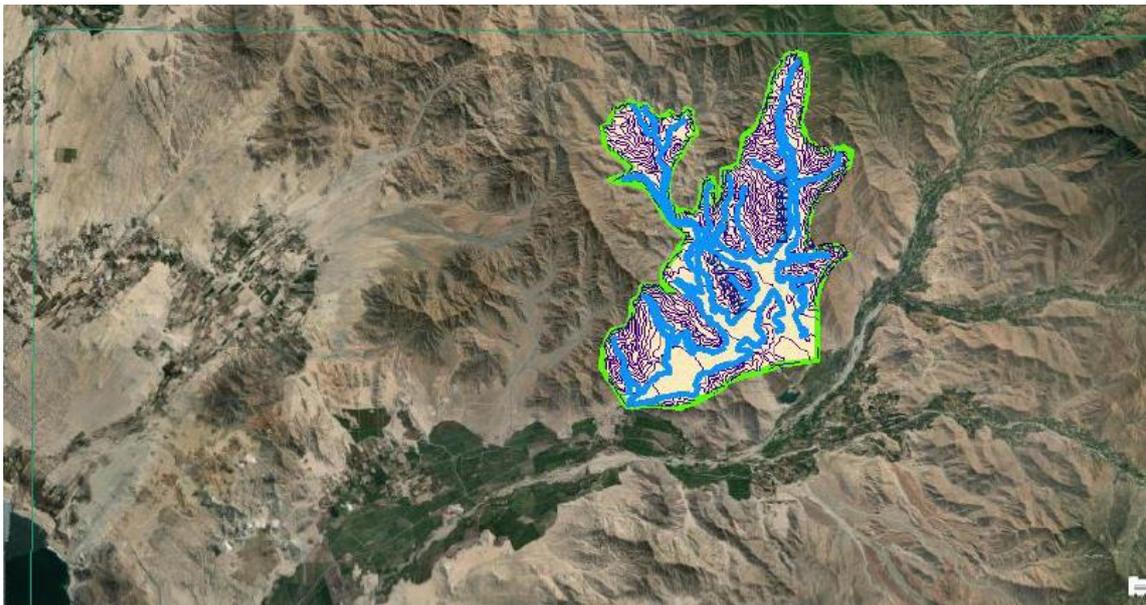


figura 44: Ubicación de la zona de estudio, curvas de nivel.



figura 45: Puntos de influencia de acopia de fluidos en la quebrada.

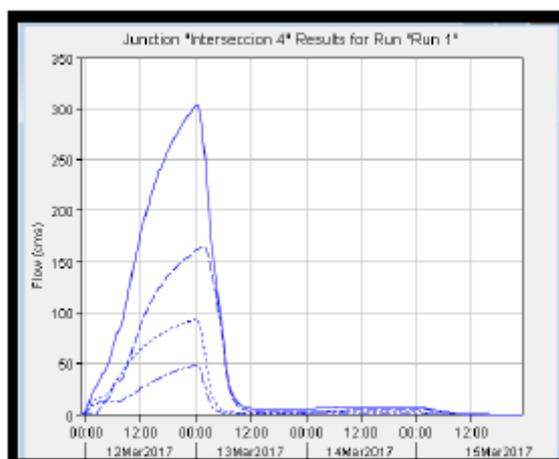


figura 46: Hidrograma generado por la intersección de las subcuencas HEC-HMS.

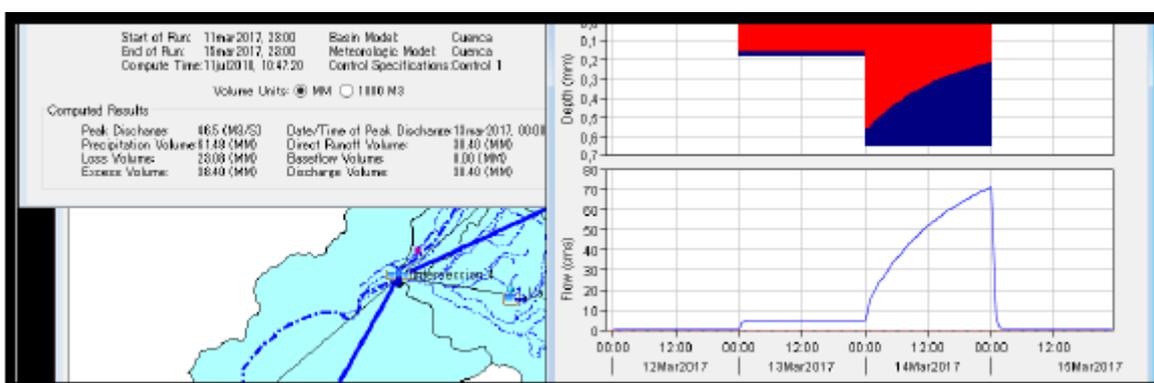


figura 47: Hidrograma indicando tiempos pico, volumen de perdida, volumen de escorrentía, directa precipitación, volumen de descarga.

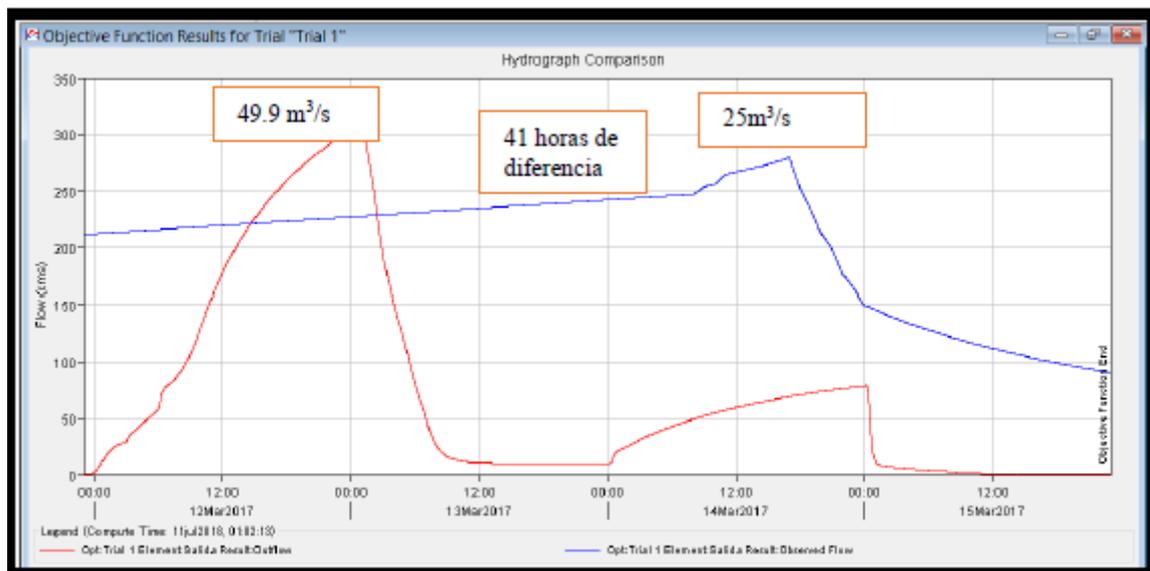


figura 48: Hidrograma comparativo indicando el caudal simulado con el caudal observado.

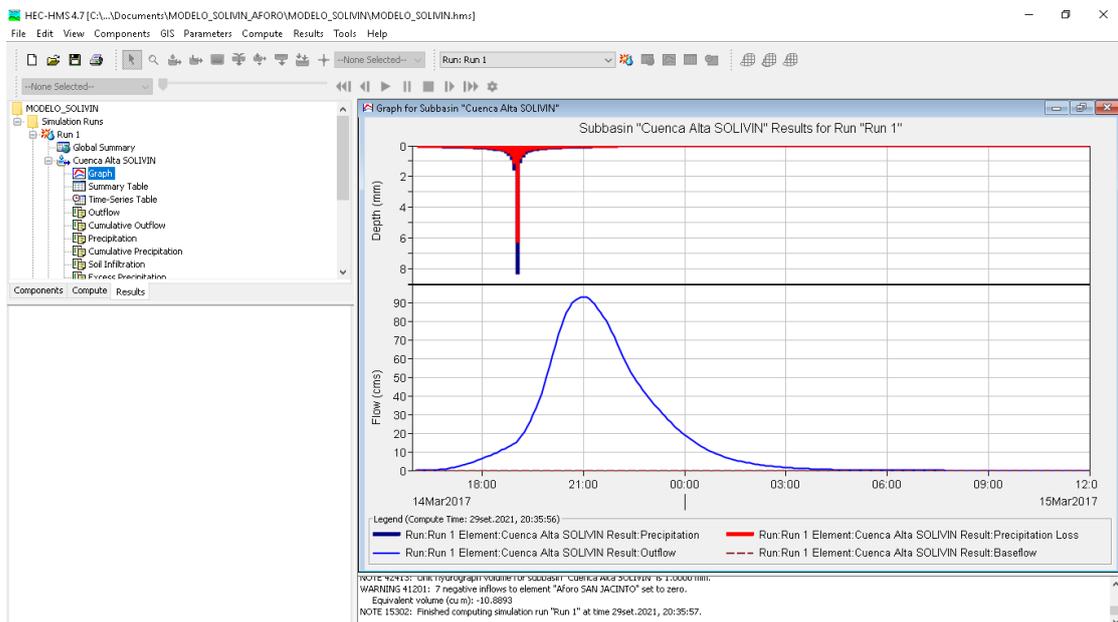


figura 49: Hidrograma de simulación de precipitaciones recibidas en el software HEC-HMS, RUN 1.

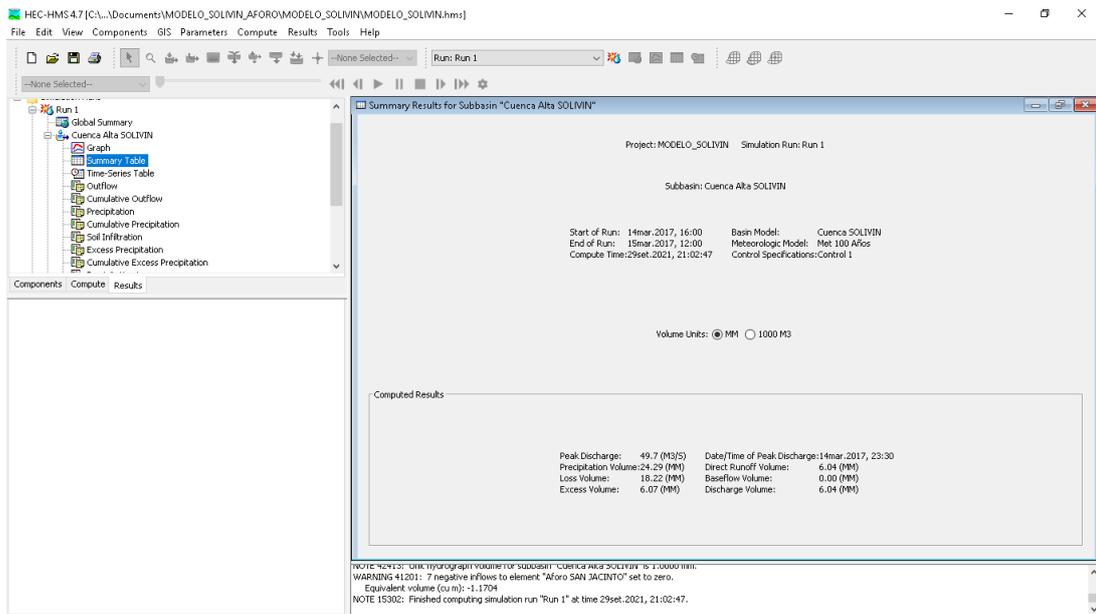


figura 50: Hidrograma de simulación RUN 1.

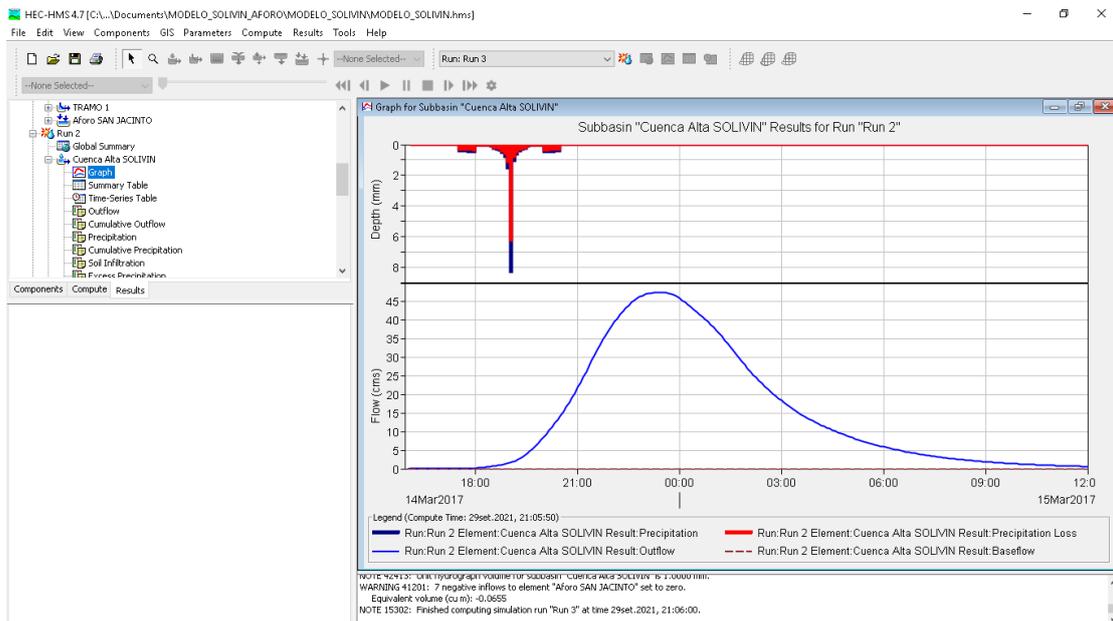


figura 51: Hidrograma de simulación de precipitaciones recibidas en el software HEC-HMS, RUN 2.

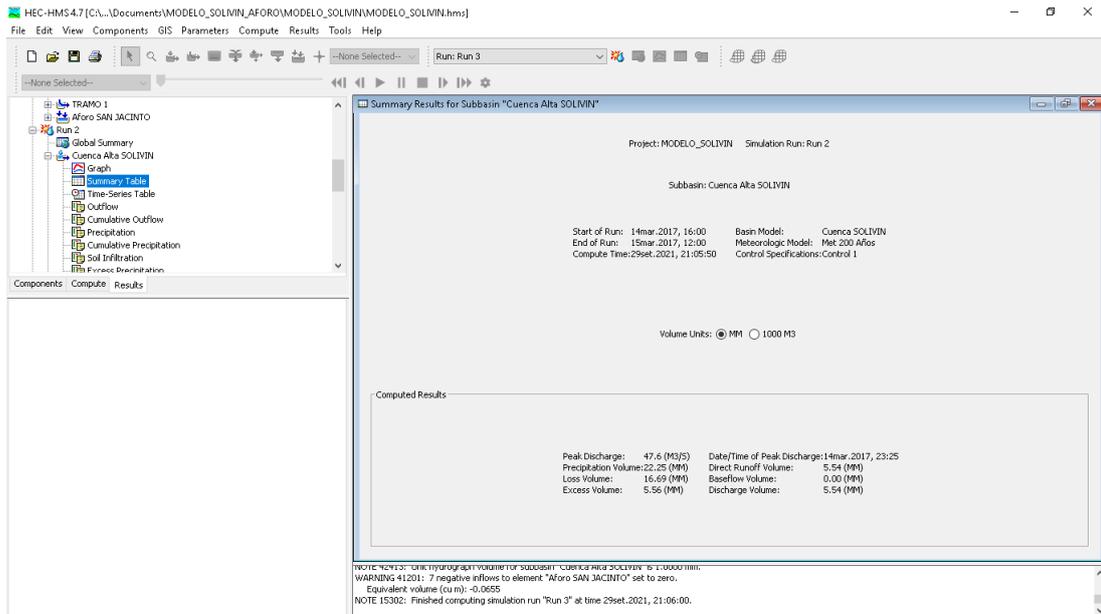


figura 52: Hidrograma de simulación RUN 2.

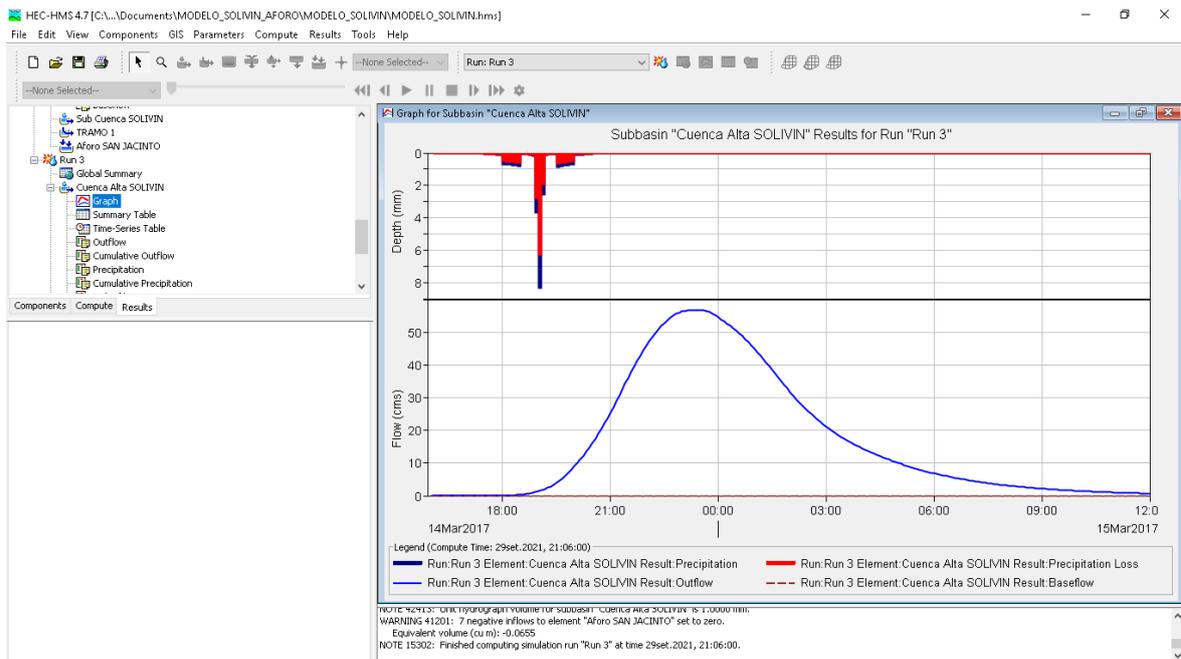


figura 53: Hidrograma de simulación de precipitaciones recibidas en el software HEC-HMS, RUN 3.

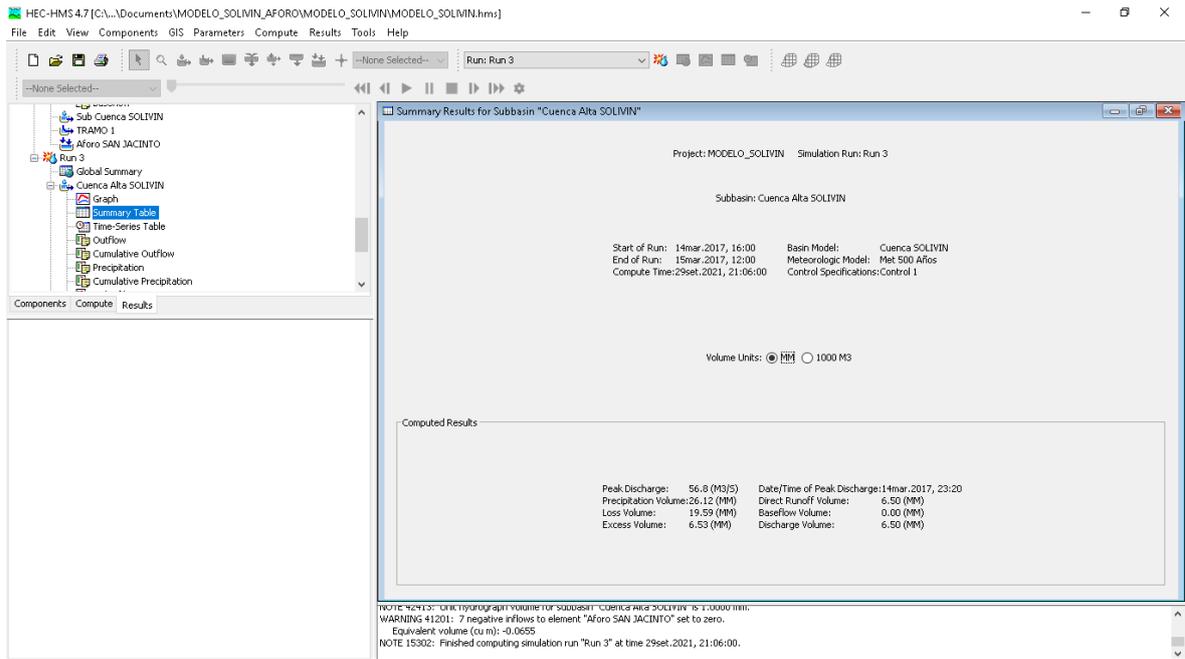


figura 54: Hidrograma de simulación RUN 3.

Yo, Mg. Ing. Luis Alberto Segura Terrones, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Campus San Juan de Lurigancho revisor de la tesis titulada:
“Sistema de alerta temprana para inundaciones, Caso: Quebrada Solivín, San Jacinto – 2021”de los estudiantes:

JOSÉ LUIS SILVA PEREDA

JEAN FRANCO SPARROW ANICAMA

Constato que la investigación tiene un índice de similitud de 11% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: San Juan de Lurigancho, 22-10-21

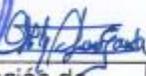


.....

Firma

Mg. Ing. Luis Alberto Segura Terrones

DNI: 45003769

 Elaboró:  Dirección de Investigación	Revisó	 Responsable del SGC	 VICERECTORADO DE Investigación
---	--------	--	---