



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente



**INSPECCIÓN GEODINÁMICA EN LOS CENTROS POBLADOS  
SOLEDAD, HACIENDA PAREDONES Y MIRAMAR  
(Distrito de Vichayal, Provincia de Paita, Región de Piura)**

Informe Técnico N°018-2023/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú  
Agosto, 2023

## **Instituto Geofísico del Perú**

Presidente Ejecutivo: Hernando Tavera

Director Científico: Edmundo Norabuena

## **Informe Técnico**

Inspección Geodinámica en los centros poblados Soledad, Hacienda Paredones y Miramar  
(Distrito de Vichayal, Provincia de Paita y Región de Piura)

## **Autores**

Roberth Carrillo  
Segundo Ortiz  
Juan Carlos Gómez

Este informe ha sido producido por el Instituto Geofísico del Perú  
Calle Badajoz 169 Mayorazgo  
Teléfono: 51-1-3172300

**INSPECCIÓN GEODINÁMICA EN LOS CENTROS POBLADOS  
SOLEDAD, HACIENDA PAREDONES Y MIRAMAR**

**(Distrito de Vichayal, Provincia de Paita y Región de Piura)**

Lima – Perú  
Agosto, 2023

## **RESUMEN**

En el distrito de Vichayal y alrededores se originan eventos geodinámicos del tipo movimientos en masa (flujos de lodo, caída de rocas y derrumbes) e inundaciones fluviales y pluviales. Su origen está en la interacción entre los factores condicionantes (geomorfología, pendientes, geología y cobertura vegetal) y los desencadenantes (precipitaciones pluviales), principalmente durante los meses de diciembre a abril, cuando se registran las lluvias de mayor intensidad, así como, actividades inducidas por acción humana.

Durante la ocurrencia de precipitaciones intensas, los sectores expuestos a movimientos en masa son: el cerro Cinchado ubicado en las inmediaciones del poblado Soledad, el Tablazo del C.P. San Felipe, Hacienda Paredones y Miramar, en el margen derecho del río Chira, lugares donde se han identificado laderas inestables susceptibles a caída de rocas, quebradas de régimen temporal con potencial a la ocurrencia de flujos de lodo e inundaciones y erosión fluvial, respectivamente. Asimismo, se reconoció en el margen izquierdo del río Chira (inmediaciones del poblado Leticia) eventos asociados a erosión fluvial que causaron el colapso de un tramo de 90 m de longitud del dique 1020, construido como defensa ribereña. De colapsar, este podría generar inundaciones y afectar 400 Has de terrenos agrícolas; por lo tanto, es necesario implementar medidas de prevención y reducción del riesgo para evitar la afectación de viviendas e infraestructura aledaña.

## **CONTENIDO**

### **RESUMEN**

#### **1.- INTRODUCCIÓN**

1.1.- Ubicación

1.2.- Clima

1.3.- Base topográfica

#### **2.- METODOLOGÍA**

2.1.- Recopilación de información

#### **3.- GEOMORFOLOGÍA**

#### **4.- GEOLOGÍA**

#### **5.- GEODINÁMICA**

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

### **BIBLIOGRAFÍA**

## **1.- INTRODUCCIÓN**

La Municipalidad distrital de Vichayal (MDV), solicitó apoyo técnico al Instituto Geofísico del Perú (IGP) para realizar la inspección geodinámica en las inmediaciones del cerro Cinchado, El Tablazo del C.P. San Felipe (Hacienda Paredones), Miramar y Leticia, ubicados en el distrito en mención, con el fin de generar instrumentos técnicos que permitan gestionar la implementación de medidas de prevención y reducción del riesgo de desastres.

Para cumplir con lo solicitado por la MDV, se realizó la inspección geodinámica de manera conjunta con representantes de la Oficina de Defensa Civil de la MDV, llegándose a identificar y delimitar la ocurrencia de caída de rocas desde el cerro Cinchado hacia la vía costanera, flujos de lodo e inundaciones en las inmediaciones de las quebradas Arellano y Paredones, así como erosión fluvial en el margen izquierdo del río Chira, ante la ocurrencia de precipitaciones intensas

### **1.1.- Ubicación**

El área de estudio comprende aproximadamente 150 Has y abarca el cerro Cinchado localizado en las inmediaciones del poblado La Soledad, así como, los poblados Hacienda Paredones y Miramar que se sitúan en el margen derecho del río Chira; mientras que, en el margen izquierdo de dicho río se evaluó un tramo del dique conformado como defensa ribereña de aproximadamente 90 m de longitud en las inmediaciones del sector Leticia, en el distrito de Vichayal y provincia de Paita.

El acceso al poblado La Soledad, desde la ciudad de Piura, se realiza en dirección hacia el oeste, a través de una vía asfaltada de buen estado de conservación, hasta la localidad de Paita, recorrido que comprende

aproximadamente 48 km de longitud; luego, se moviliza en dirección norte por la vía Paita – Sullana hasta el cruce a Pueblo Nuevo de Colán cuyo itinerario comprende 18 km de recorrido a través de vía asfaltada, a continuación, se recorren 17 km de longitud por la vía asfaltada denominada La Costanera hasta llegar al Cerro Cinchado (Figura 1).

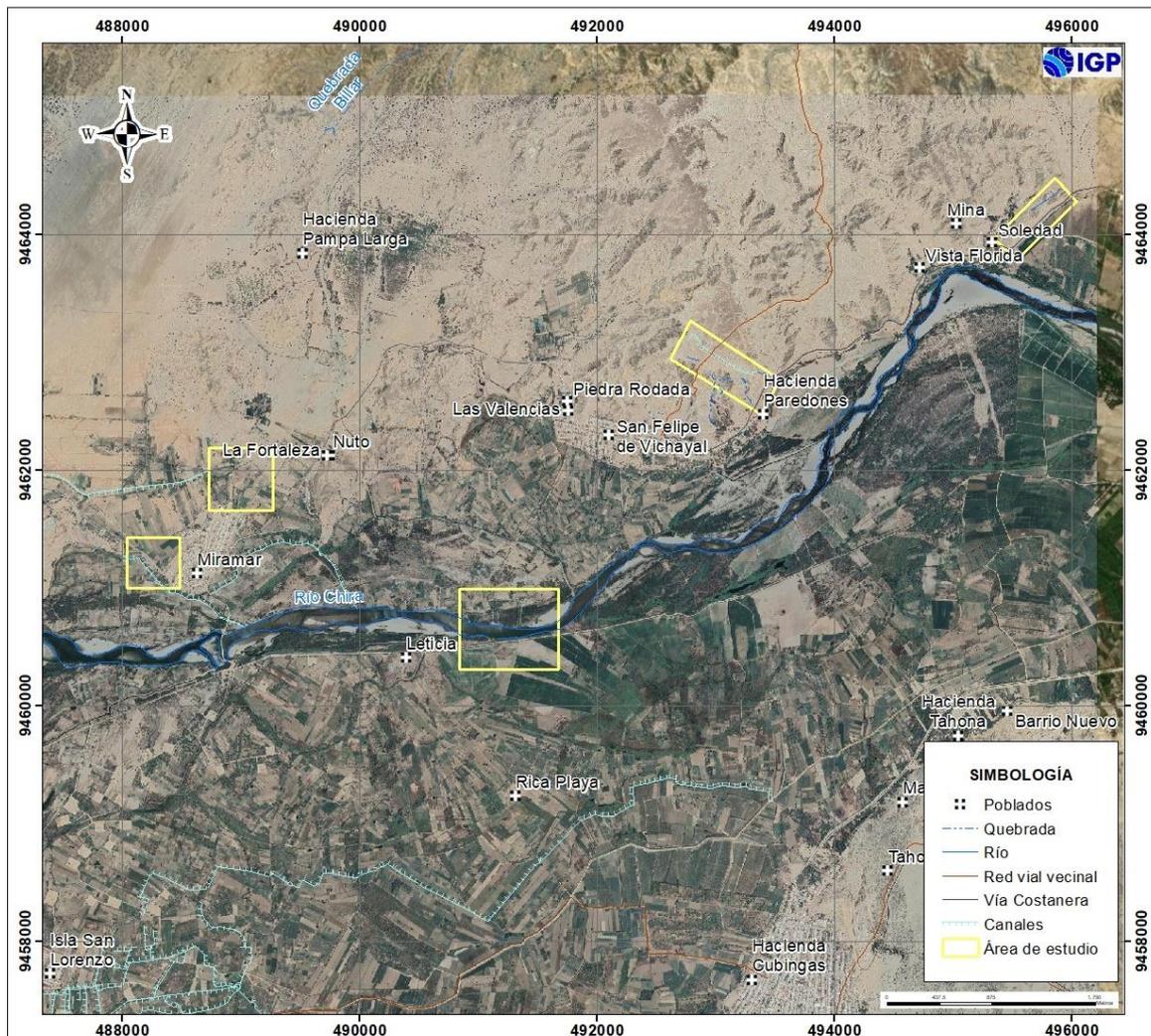
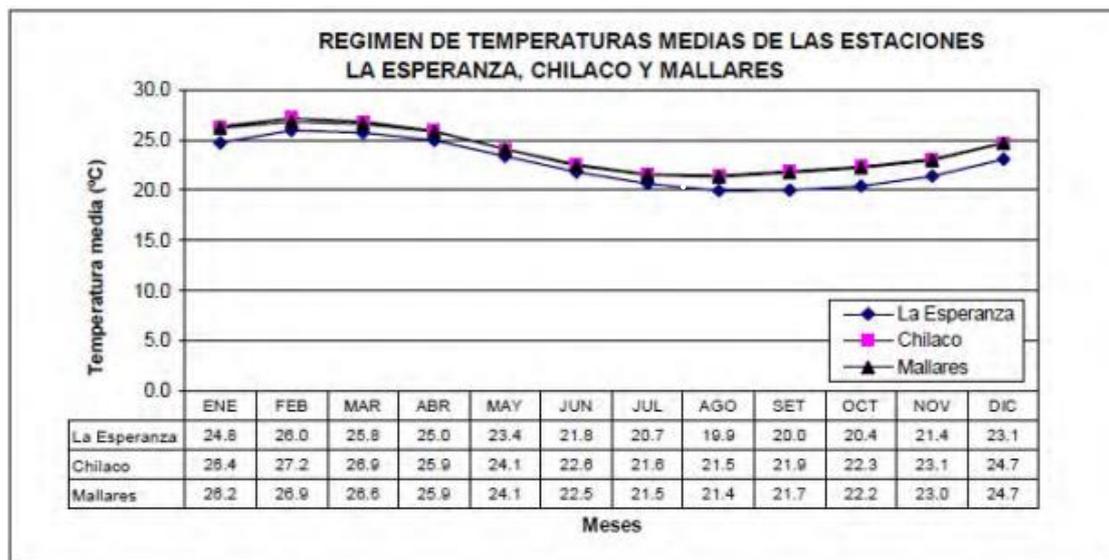


Figura 1.- Ubicación de los poblados Soledad, Hacienda Paredones y Miramar en el distrito de Vichayal.

## 1.2.- Clima

Para determinar las condiciones climáticas del área de estudio, se han tomado los datos referenciales de la web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) que corresponden a la

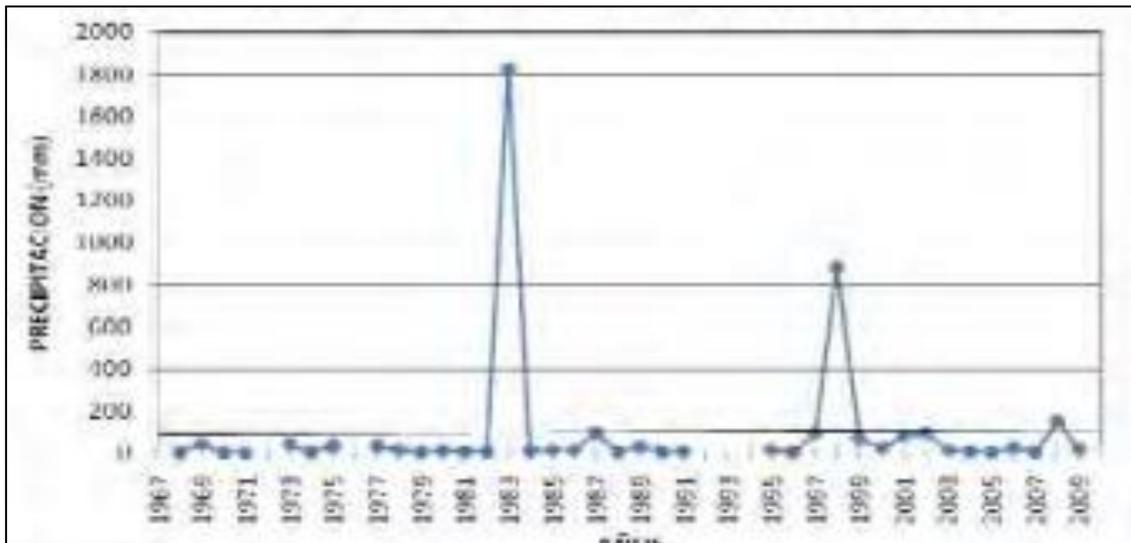
estación meteorológica La Esperanza (Latitud: 4°55'16.09"S, Longitud: 81°3'34.89' W, cota 7 m.s.n.m.) que se localiza en el distrito de Colán, aproximadamente a 6 km al suroeste del cerro Cinchado. Según la información registrada en esta estación, las temperaturas altas se presentan durante los meses de verano (diciembre – abril) y fluctúan entre 25° y 28 °C, mientras que, las temperaturas bajas ocurren durante los meses de junio a octubre con valores aproximados de 20° C., (Figura 2).



*Figura 2.- Registro de temperaturas de forma continua durante todo el año pertenecientes a la estación meteorológica La Esperanza, (NIPPON KOEI, 2012)*

Respecto a las precipitaciones pluviales, se revisó el registro de precipitación anual de la estación La Esperanza, donde se evidenciaron valores pico de precipitación anual de 1800 mm durante el año 1983 (Fenómeno El Niño), ver Figura 3.

Además, se identificó que, la máxima precipitación registrada durante el periodo 1964 – 2014, alcanzó valores de 134.8 mm/día el 24 de mayo de 1983, (Senamhi, 2014).



*Figura 3.- Tendencia de la precipitación anual en la estación meteorológica La Esperanza, (Nippon Koei, 2012)*

### **1.3.- Base topográfica**

La base topográfica referencial se obtuvo mediante el procesamiento de una imagen satelital del tipo radar denominada ALOS PALSAR (resolución altimétrica de 12.5 m) haciendo uso de sistemas de información geográfica para generar curvas de nivel con resolución espacial de 10 m.

## **2.- METODOLOGÍA**

La inspección geodinámica en el área de estudio se desarrolló en tres fases, que se describen a continuación:

**Fase 1:** Trabajos de gabinete para realizar la recopilación información de estudios geológicos y geodinámicos existentes para el área de estudio. Así como, el análisis de la información y elaboración de mapas preliminares del área de estudio para el cartografiado de campo.

**Fase 2:** Trabajo en campo para la identificación, delimitación y caracterización de los eventos geodinámicos ocurridos en el área de estudio, así como la identificación de áreas susceptibles a este tipo de eventos.

**Fase 3:** Trabajos de gabinete para realizar el análisis e interpretación de la información recopilada en campo y elaboración del informe respectivo.

### **2.1.- Recopilación de la información**

La información más relevante para el presente estudio fue extraída de las siguientes fuentes:

- **Alfaro et al. 2014, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Estimación de umbrales de precipitaciones extremas para la emisión de avisos meteorológicos.**

Detalla el cálculo de umbrales de precipitación de la red de estaciones meteorológicas del SENAMHI, en base a datos de precipitación diaria con control de calidad básico, considerando el

periodo base 1964 – 2014. Cabe mencionar que, en dicho documento se describen los datos de la estación meteorológica La Esperanza, ubicada a 6 km al suroeste del cerro Cinchado, donde los umbrales de lluvia descritos en la nota técnica son los indicados en la Tabla 1.

*Tabla 1: Umbrales de precipitación para la estación meteorológica La Esperanza (periodo 1964 – 2014) ubicada en la cota 7 m.s.n.m*

<b>UMBRALES DE PRECIPITACIÓN</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE LLUVIAS</b>	<b>UMBRALES CALCULADOS (ESTACIÓN LA ESPERANZA)</b>
RR/día>99p	Extremadamente lluvioso	RR>74.6 mm
95p<RR/día≤99p	Muy lluvioso	30.6 mm<RR≤74.6 mm
90p<RR/día≤95p	Lluvioso	14.5 mm<RR≤30.6 mm
75p<RR/día≤90p	Moderadamente lluvioso	4.5 mm<RR≤14.5 mm

*Fuente: SENAMHI, 2014*

### **3.- GEOMORFOLOGÍA**

La geomorfología estudia las diferentes formas del relieve de la superficie terrestre (geoformas) y los procesos que las generan. A continuación, se describen las unidades geomorfológicas identificadas:

#### **3.1.- Poblado La Soledad**

Se han identificado las principales unidades geomorfológicas en base a sus características físicas y los procesos que las han originado en las inmediaciones del cerro Cinchado, a continuación, su descripción:

**Lecho fluvial:** También llamado cauce fluvial, es el canal excavado por el flujo de agua de un río y los sedimentos que éste transporta durante todo su desarrollo y evolución. La morfología del lecho depende del caudal, la pendiente, el tamaño de los sedimentos y de lo erosionable que sea el substrato rocoso, es decir, es producto de un equilibrio dinámico entre la carga de sedimentos y su capacidad de transporte. Esta unidad geomorfológica está conformada por el lecho fluvial del río Chira que discurre en dirección predominante este – oeste y se sitúa aproximadamente a 670 m al sur del cerro Cinchado (Figura 4).

**Llanura de inundación:** Consiste en una superficie de baja pendiente que se ubica en ambos márgenes del río Chira y es la zona que comúnmente es inundada, durante los periodos de lluvia intensa (diciembre – abril). En el área de estudio esta unidad ha sido formada por la acción fluvial del río Chira que erosiona, transporta y deposita grandes volúmenes de sedimentos en la parte media y baja de la cuenca, está conformada por material de origen fluvial (arenas y gravas); esta unidad geomorfológica se ubica a 600 m al sur del cerro Cinchado (Figura 5).



*Figura 4.- Lecho fluvial del río Chira (flecha guinda) situado a 1.2 km al suroeste del cerro Cinchado*



*Figura 5.- Llanura de inundación (polígonos amarillos) situada en ambos márgenes del río Chira, específicamente a 600 m al suroeste del cerro Cinchado*

**Cauce aluvial:** Esta unidad geomorfológica comprende el cauce de las quebradas, es decir, consiste en un canal de corto recorrido y régimen de agua temporal que ha sido excavado por el flujo de agua a través del tiempo. Esta unidad geomorfológica ha sido identificada hacia el este del cerro Cinchado y discurre en sentido predominante noroeste – sureste y constituye un afluente secundario del río Chira (Figura 6).



*Figura 6.- Cauce aluvial de quebrada (línea celeste) contigua al cerro Cinchado (extremo oriental del cerro)*

**Vertiente coluvio - deluvial:** Geoforma también denominada piedemonte coluvio – deluvial, corresponde a superficies conformadas por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial y deluvial que se encuentran depositados al pie de las laderas de montañas o acantilados (Ingemmet, 2020). Esta unidad se formó por la acción de movimientos en masa antiguos (gravitacionales), presenta una pendiente moderada ( $5^{\circ}$ - $25^{\circ}$ ), este tipo de geoforma se asocia a deslizamientos y flujo de detritos antiguos.

Esta geoforma corresponde a los materiales inestables dispuestos sobre las laderas del cerro Cinchado que se encuentran ocupando parte de la vía La Costanera (Figura 7).



*Figura 7.- Unidad geomorfológica vertiente coluvio – deluvial que resultó de la acumulación de materiales en la parte baja y media de la ladera*

**Loma:** Unidad geomorfológica constituida por superficies elevadas cuya base presenta forma alargada y con pendiente superior a los 25° de inclinación. Esta unidad geomorfológica está conformada por lutitas y areniscas que son afectadas por eventos geodinámicos del tipo derrumbes y caída de rocas (Figura 8).



*Figura 8.- Elevación del tipo loma ubicada al costado de la vía costanera que conforma el cerro denominado Cinchado*

**Terraza aluvial:** Superficie llana de pendiente inferior a los 5.00° de inclinación que se encuentra conformada por la acumulación de materiales heterogéneos (gravas, arenas y limos) que han sido erosionados de rocas preexistentes, transportados a través del cauce de quebradas y depositados en zonas de baja pendiente, sobre esta unidad geomorfológica se ubica la vía costanera y se encuentra en el margen derecho del río Piura (Figura 9).



*Figura 9.- Terraza aluvial situada en la parte baja de la vía Costanera*

**Terraza aluvional:** Constituye una superficie inclinada que resulta de la depositación de materiales que han sido erosionados desde las cabeceras de las subcuencas y han sido transportados pendiente abajo por flujos aluvionales antiguos a través del cauce de quebradas. Sobre esta unidad geomorfológica se asientan las viviendas del poblado Soledad (Figura 10).

Posterior a los trabajos de campo, se realizó el mapa de geomorfología del poblado Soledad presentado en la Figura 11.

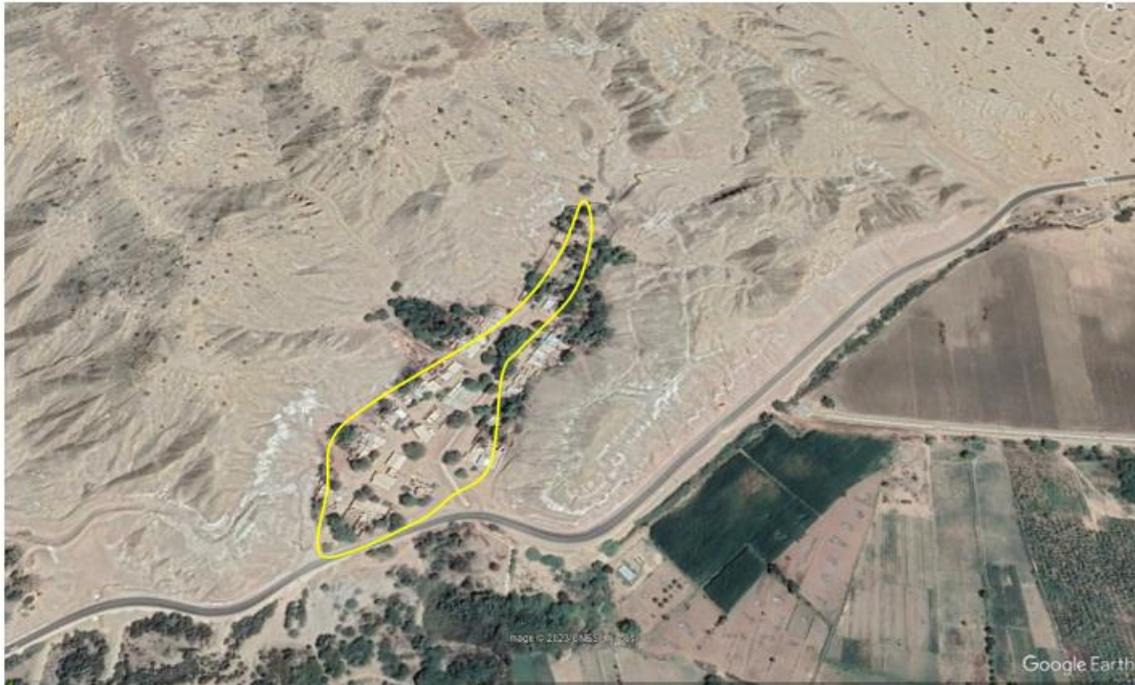


Figura 10.- Terraza aluvial (polígono amarillo) sobre la que se asienta el poblado Soledad.

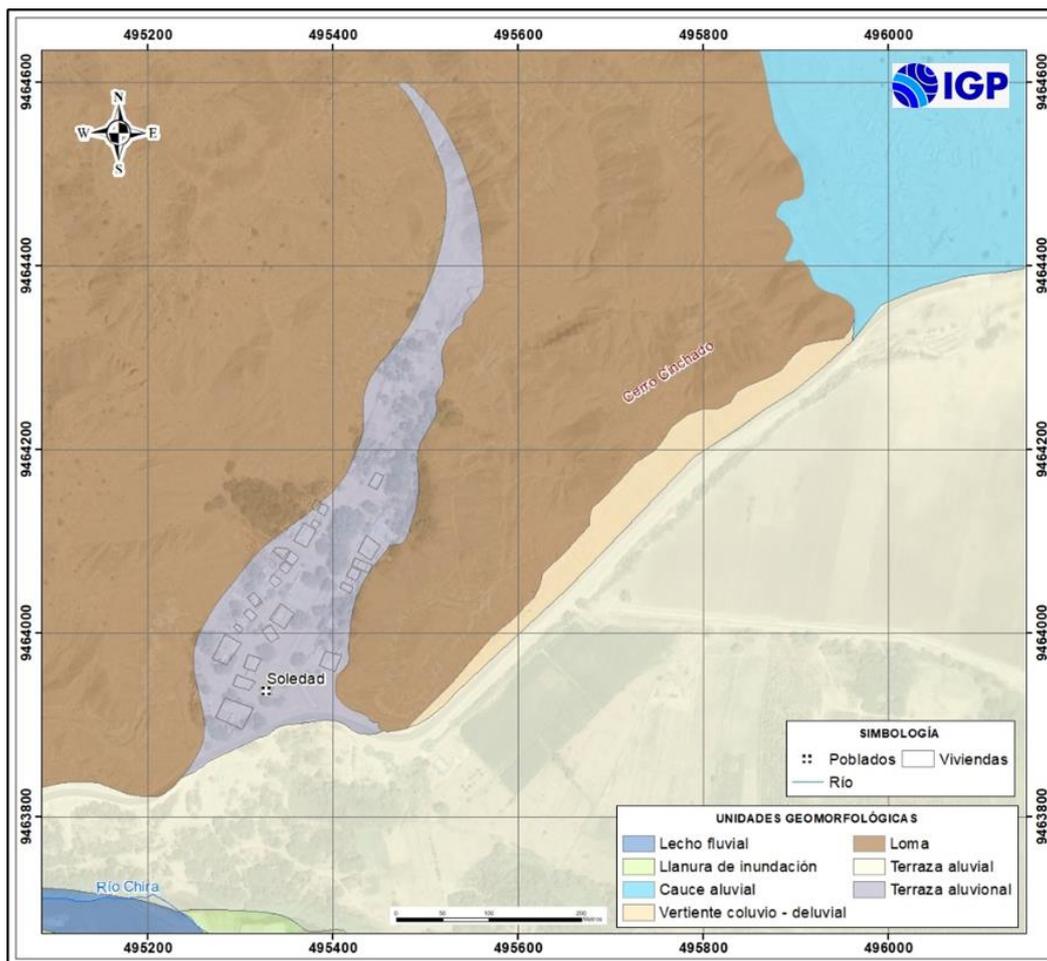
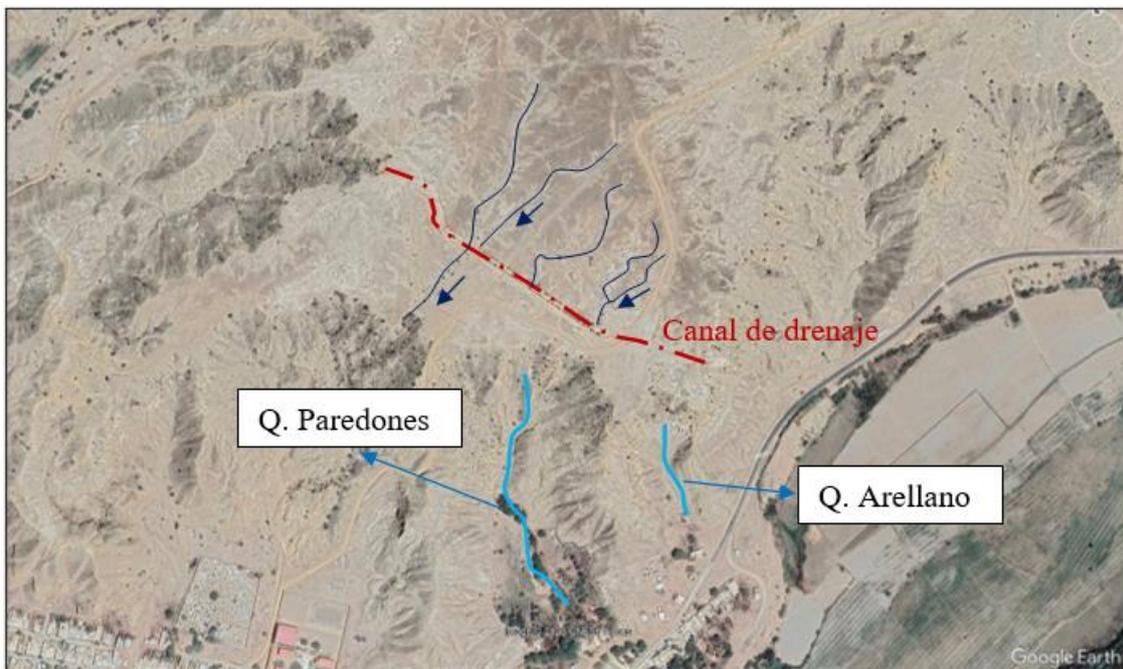


Figura 11.- Geomorfología del poblado Soledad situado hacia el oeste del cerro Cinchado

### **3.2.- Poblado Hacienda Paredones**

A continuación, se describen las principales unidades geomorfológicas del poblado Hacienda Paredones y del sector Tablazo del C.P. San Felipe propuesto para reasentamiento poblacional de zonas afectadas por inundación, en base a sus características físicas y procesos que les dieron origen:

**Cauce aluvial:** Esta unidad geomorfológica comprende el cauce de las quebradas e infraestructura de drenaje, es decir, consiste en canales de corto recorrido y régimen de agua temporal (activo durante los meses de diciembre – abril) que ha sido excavado por el flujo de agua a través del tiempo y por acciones inducidas por acción humana. Esta unidad geomorfológica constituye los cursos de agua que se originan en la loma denominada Tablazo del C.P. San Felipe que drenan sus aguas en dirección predominante noreste-suroeste hasta su desembocadura en las inmediaciones de las quebradas Paredones y Arellano (Figuras 12 y 13).



*Figura 12.- Cauces aluviales correspondientes escorrentías superficiales (líneas de color azul oscuro) situadas sobre la loma del sector Tablazo del C.P. San Felipe, así como, los correspondientes a las quebradas Paredones y Arellano.*



Figura 13.- Quebradas Paredones y Arellano (líneas amarillas) cuyos cauces se encuentran en las inmediaciones del sector Tablazo del C.P San Felipe, presentan dirección predominante norte – sur hacia los poblados (San Felipe y Paredones)

Además, esta unidad geomorfológica comprende un canal de drenaje (canal de coronación) construido en las inmediaciones del sector Tablazo del C.P. San Felipe con el fin de evacuar las aguas de escorrentía hacia la parte baja y evitar la activación de las quebradas Paredones y Arellano (Figura 14).



*Figura 14.- Canal de coronación situado en el sector Tablazo del C.P. San Felipe que conforma la unidad geomorfológica cauce aluvial. La imagen superior muestra el canal excavado con la finalidad de drenar las aguas de escorrentía hacia la parte baja para evitar la activación de las quebradas Paredones y Arellano, mientras que, la imagen inferior muestra la erosión del flujo de agua sobre la loma y generación de flujos de lodo que se desplazan hacia la vía Costanera*

**Terraza aluvial:** Superficie llana de pendiente inferior a los  $5.00^\circ$  de inclinación que se encuentra conformada por la acumulación de materiales heterogéneos (gravas, arenas y limos) que han sido erosionados de rocas pre-existentes, transportados a través de los cauces de quebradas y depositados en zonas de baja pendiente, sobre esta unidad geomorfológica se asienta el poblado Hacienda Paredones (Figura 15).



*Figura 15.- Terraza aluvial sobre la que se asienta el poblado de Paredones*

**Loma:** Sobre esta unidad geomorfológica de superficie elevada y cima llana se asienta el sector Tablazo del C.P. San Felipe, está conformada por lutitas y areniscas, (Figura 16).

**Vertiente coluvio - deluvial:** Corresponde a superficies conformadas por la acumulación de materiales coluviales (fragmentos de rocas) que se encuentran en las laderas de los cerros, por tanto, constituyen zonas susceptibles a caídas de rocas (Figura 17).

Posterior a los trabajos de campo, se realizó el mapa de geomorfología del poblado Hacienda Paredones que se presenta en la Figura 18.



*Figura 16.- La imagen superior muestra las laderas de la unidad geomorfológica loma que se ubica contigua a la vía Costanera (extremo norte), la imagen inferior muestra la cima de la loma denominada sector Tablazo del C.P. San Felipe donde se tiene previsto el reasentamiento de los habitantes del C.P. San Felipe, debido a que son afectados por flujos de lodos y detritos durante la ocurrencia de lluvias intensas*



Figura 17.- Unidad geomorfológica vertiente coluvio – deluvial conformada por materiales sueltos susceptibles a la ocurrencia de caída de rocas que fue reconocido en las nacientes de las quebradas Paredones y Arellano

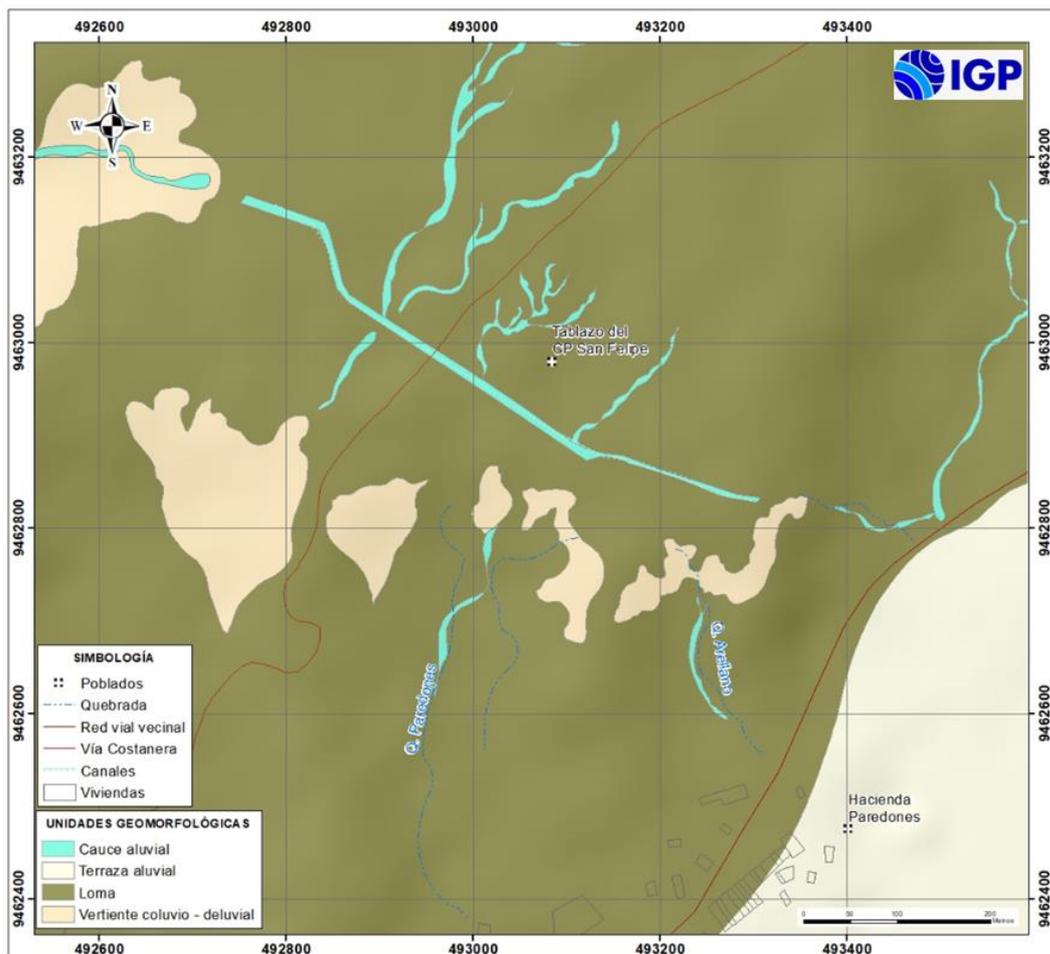


Figura 18.- Unidades geomorfológicas reconocidas en las inmediaciones del poblado Hacienda Paredones y el sector Tablazo del C.P. San Felipe

### **3.3.- Poblado Miramar**

A continuación, se describen las principales unidades geomorfológicas del poblado Miramar, en base a sus características físicas y procesos que les dieron origen:

**Cauce aluvial:** Esta unidad geomorfológica comprende el cauce de las quebradas e infraestructura de drenaje, se encuentra representada por la quebrada Nuto, así como los canales Nuto, Julio López y Los Valencia (Figura 19).



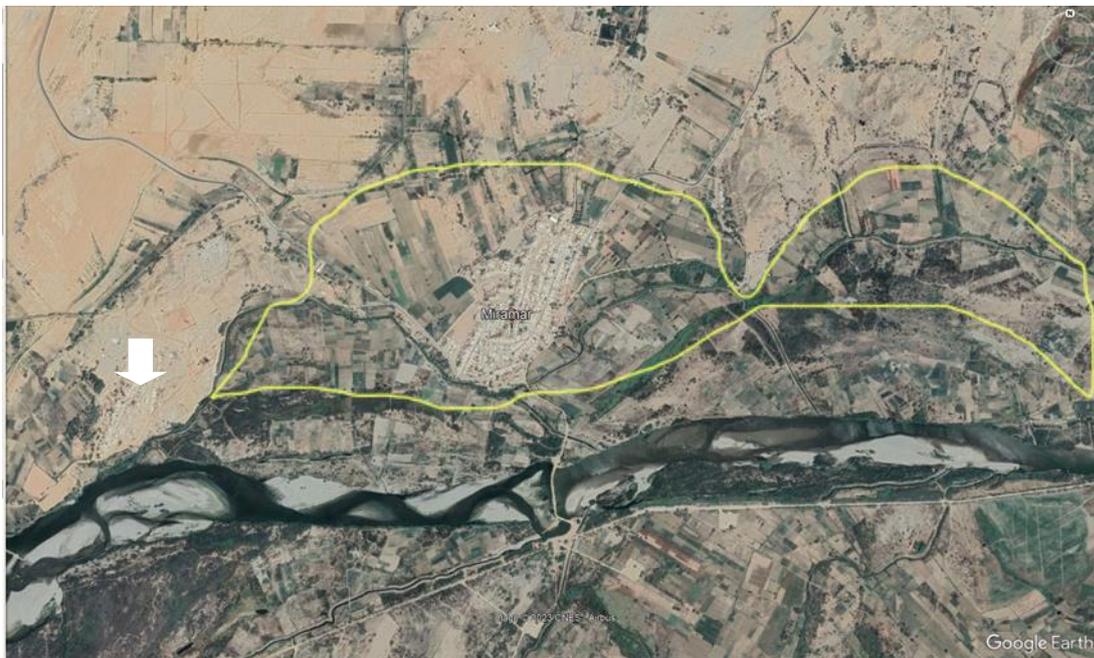
*Figura 19.- Vista de Canal Nuto situado a 400 m al suroeste del poblado Miramar*

**Terraza fluvio - aluvial:** Superficie llana o plana conformada por la acumulación de materiales que han sido erosionados de rocas pre-existentes, transportados a través del cauce de los ríos y quebradas, y finalmente depositados en zonas de baja pendiente (generalmente contiguos al cauce del río), sobre esta unidad geomorfológica se desarrollan actividades agrícolas (Figura 20).



*Figura 20.- Terraza fluvio – aluvial (polígono de color mostaza) ubicada hacia el norte del río Chira y extremo sur del poblado Miramar*

**Terraza aluvial:** Superficie llana de pendiente inferior a los  $5.00^\circ$  de inclinación que se encuentra conformada por la acumulación de materiales heterogéneos (gravas, arenas y limos) que han sido erosionados de rocas pre-existentes, transportados a través del cauce de quebradas y depositados en zonas de baja pendiente, sobre esta unidad geomorfológica se asienta el poblado Miramar (Figura 21).



*Figura 21.- Terraza aluvial (polígono amarillo) sobre la que se asientan el poblado de Miramar, se ubica en ambos márgenes del río Chira*

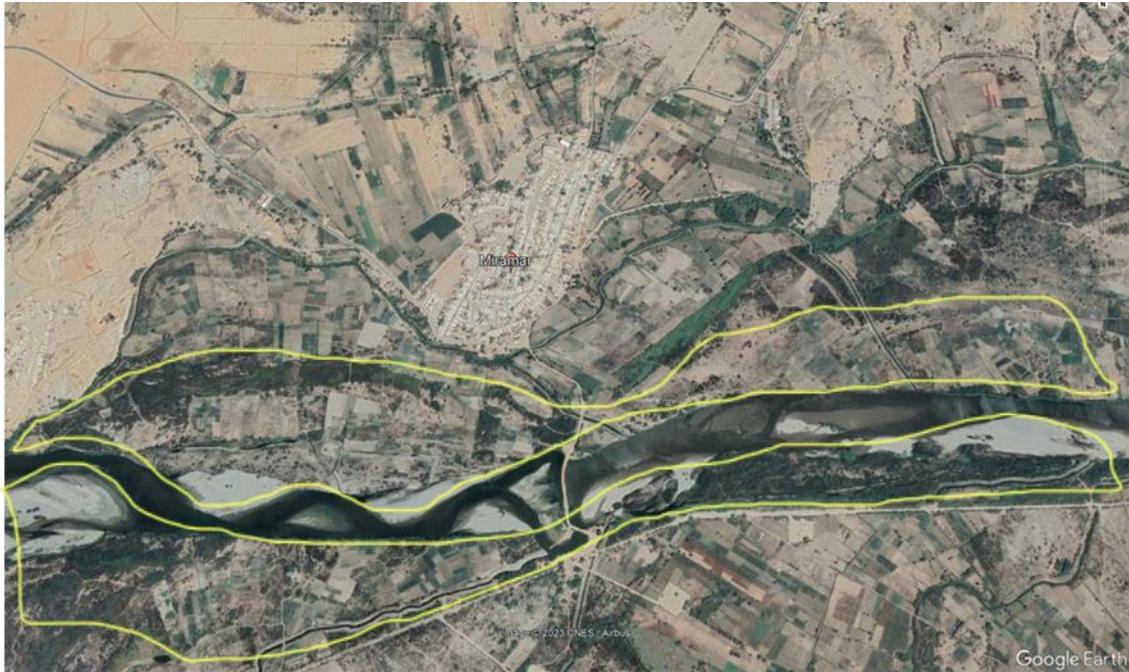
**Lecho fluvial:** También llamado cauce fluvial, es el canal excavado por el flujo de agua de un río y los sedimentos que éste transporta durante todo su desarrollo y evolución. Esta unidad geomorfológica está conformada por el lecho fluvial del río Chira que discurre en dirección predominante este – oeste y se sitúa aproximadamente a 570 m al sur del poblado Miramar (Figura 22).



*Figura 22.- Lecho fluvial del río Chira (línea celeste) cuyo cauce presenta dirección predominante este - oeste*

**Llanura de inundación:** Consiste en una superficie de baja pendiente que se ubica en ambas márgenes del río Chira y es la zona que comúnmente es inundada, durante los periodos de lluvia intensa (diciembre – abril). En el área de estudio se ubica en ambos márgenes del río Chira, específicamente a 270 m al sur del poblado de Miramar (Figura 23).

**Loma:** Esta unidad geomorfológica de superficie elevada se ubica al norte del río Chira, sobre estas elevaciones se asientan los poblados de Fortaleza y Nuto (Figura 24).



*Figura 23.- Llanura de inundación (polígonos amarillos) situados en ambos márgenes del río Chira*



*Figura 24.- Lomas ubicadas contiguas al canal Los Valencias*

Posterior a los trabajos de campo, se realizó el mapa de geomorfología del poblado Miramar que es mostrado en la Figura 25.

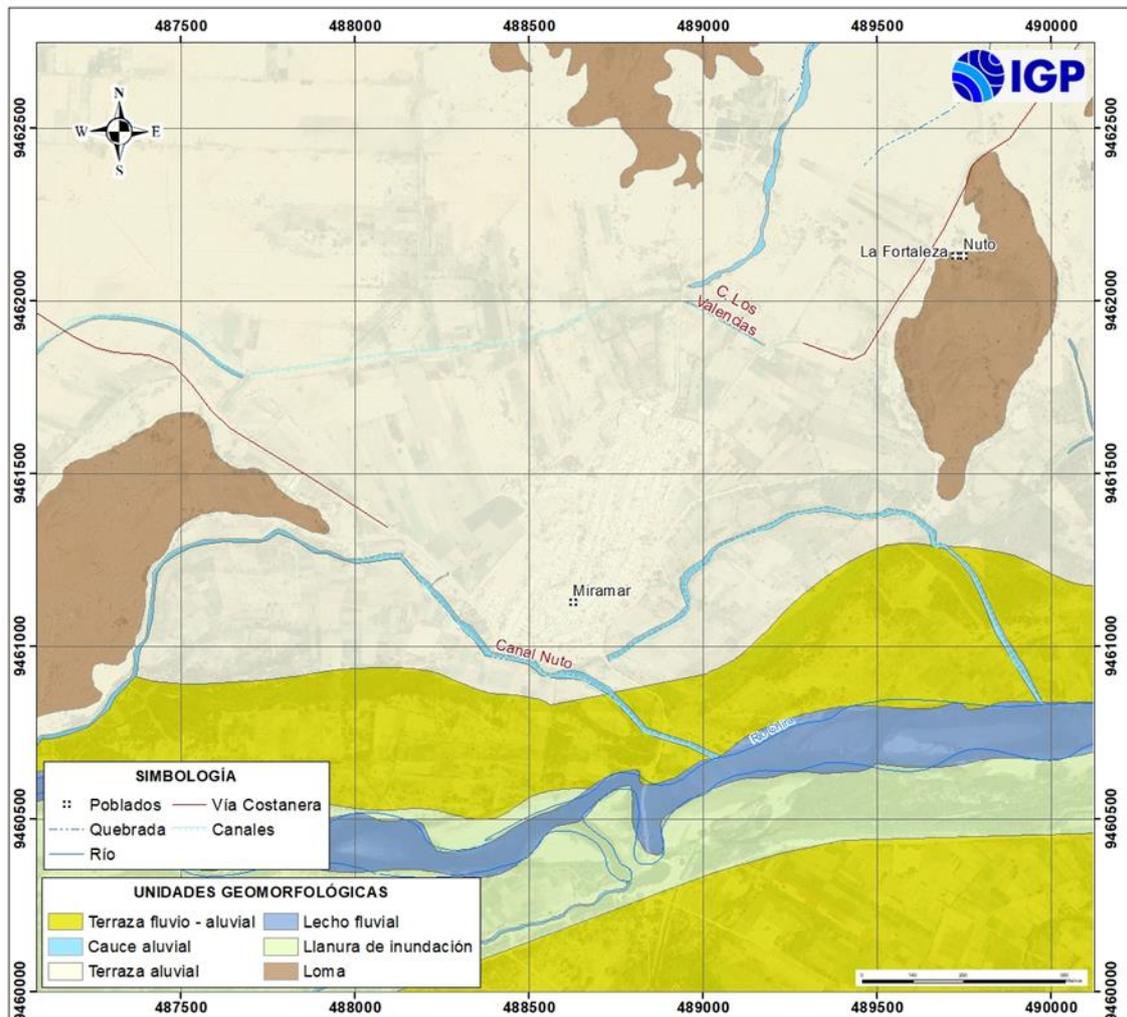


Figura 25.- Unidades geomorfológicas reconocidas en las inmediaciones del poblado Miramar

### 3.4.- Sector Leticia

A continuación, se describen las principales unidades geomorfológicas del sector Leticia, en base a sus características físicas y procesos que les dieron origen:

**Cauce aluvial:** Esta unidad geomorfológica comprende el cauce de las quebradas e infraestructura de drenaje. Esta unidad geomorfológica se encuentra conformada cauces fluviales antiguos y que actualmente vienen

siendo empleados como infraestructura de irrigación situados al norte del río Chira (Figura 26).



*Figura 26.- Unidad geomorfológica cauce aluvial que representa canales de irrigación situados en ambos márgenes del río Chira*

**Terraza fluvio - aluvial:** Superficie llana o plana conformada por la acumulación de materiales heterogéneos (arenas y limos principalmente) en ambos márgenes del río Chira sobre esta unidad geomorfológica se desarrollan actividades agrícolas del sector Leticia (Figura 27).

**Lecho fluvial:** Corresponde al cauce fluvial o canal excavado por el flujo de agua de un río. Esta unidad geomorfológica corresponde al lecho fluvial del río Chira que discurre en dirección predominante este – oeste y se sitúa aproximadamente a 340 m al norte del sector Leticia (Figura 28).



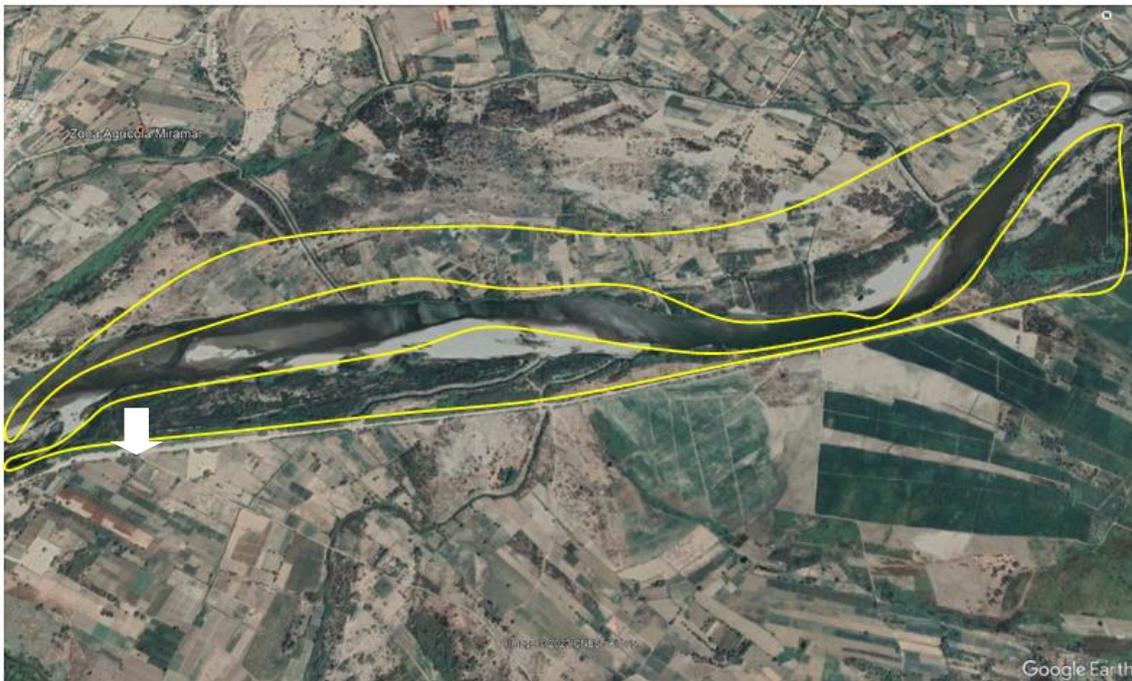
*Figura 27- Terraza fluvio - aluvial situada al sur del río Chira*



*Figura 28.- Lecho fluvial del río Chira (flechas amarillas) cuyo cauce presenta dirección predominante este - oeste*

**Llanura de inundación:** Consiste en una superficie de baja pendiente que se ubica en ambos márgenes del río Chira y es la zona que comúnmente es inundada, durante los periodos de lluvia intensa (diciembre – abril). Esta unidad geomorfológica se ubica en ambos márgenes del río Chira (Figura 29).

**Terraza aluvial:** Superficie llana de pendiente inferior a los  $5.00^\circ$  de inclinación donde se han acumulado materiales heterogéneos (gravas, arenas y limos) que han sido erosionados de rocas pre-existentes, sobre esta unidad geomorfológica se desarrollan actividades agrícolas del sector Leticia (Figura 30).



*Figura 29.- Llanura de inundación (polígonos amarillos) que corresponde a zonas llanas de baja pendiente susceptible a inundaciones fluviales ubicadas en ambos márgenes del río Chira*

Finalmente, se realizó el mapa de geomorfología del sector Leticia que se presenta en la Figura 31.

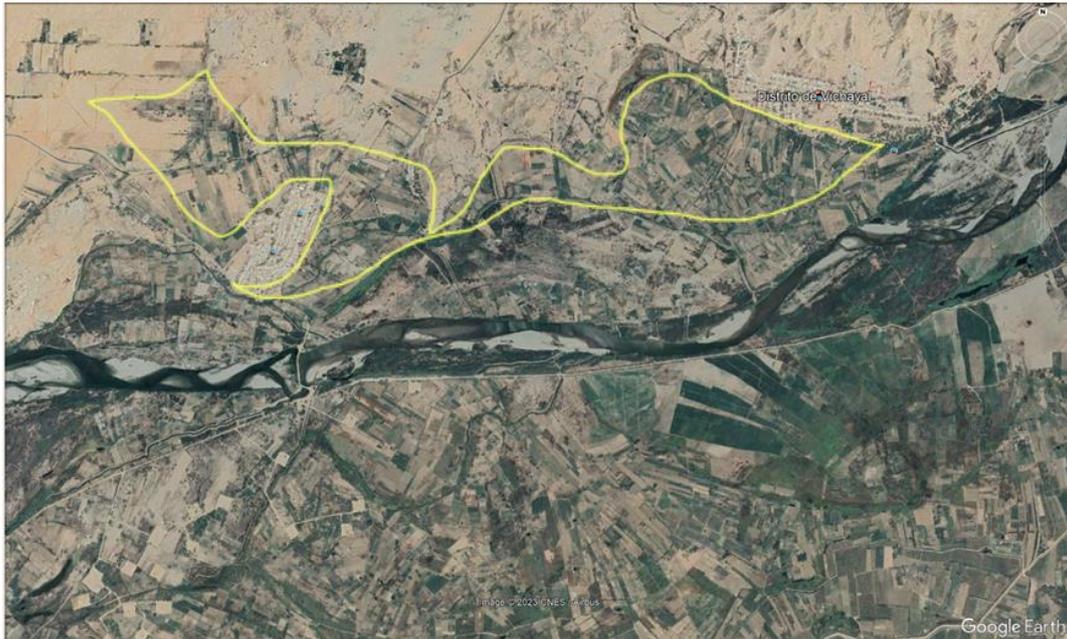


Figura 30.- Terraza aluvial (polígono amarillo) identificada al norte del río Chira contigua al distrito de Vichayal

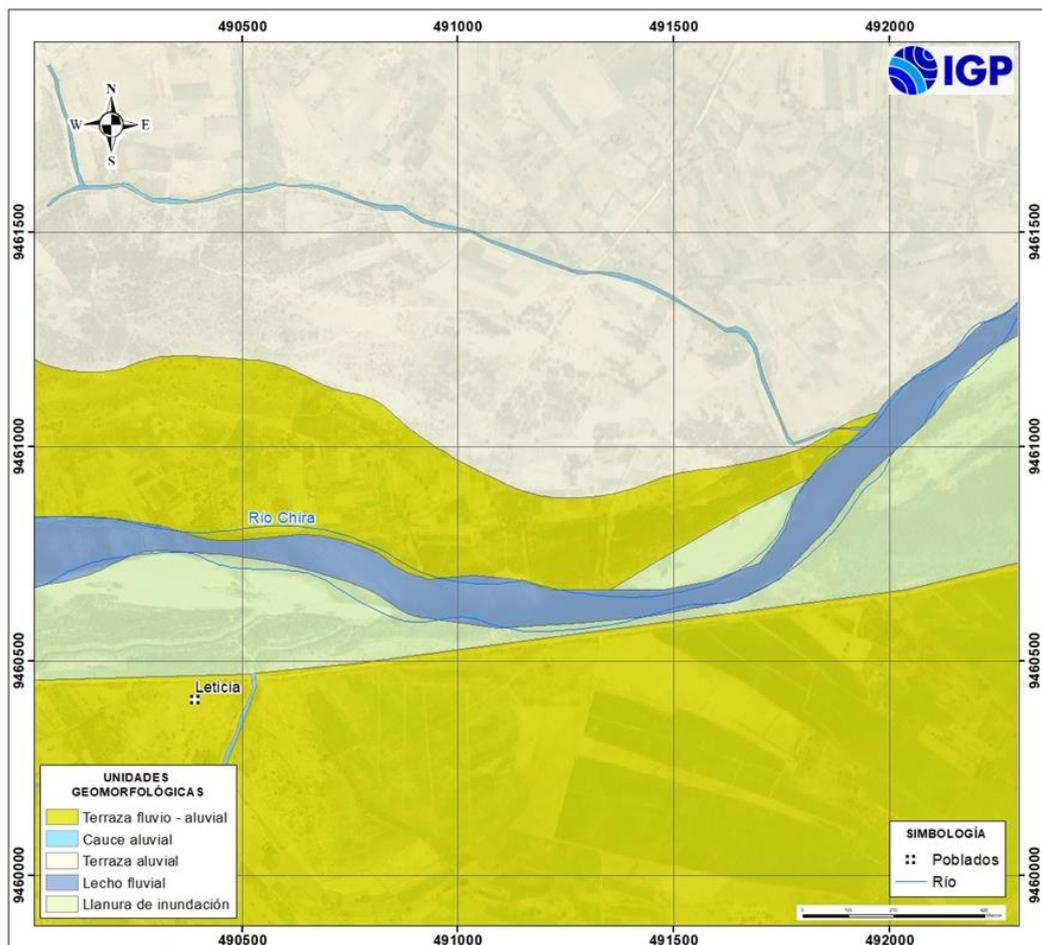


Figura 31.- Unidades geomorfológicas reconocidas en las inmediaciones del sector Leticia

## **4.- GEOLOGÍA**

El análisis de la geología regional ha sido desarrollado, en base a información geológica del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET, 2013) a escala 1/50,000 (Cuadrángulo Geológico de Talara – hoja 10a2); mientras que, para la geología local se ha desarrollado mediante el reconocimiento in situ, cuyas unidades geológicas se describen a continuación:

### **4.1.- Poblado La Soledad**

Las principales unidades geológicas identificadas en el poblado Soledad y alrededores se describen a continuación:

**Formación Chira (Pe-ch):** Corresponde principalmente a rocas sedimentarias del tipo lutitas intercaladas con areniscas y venillas de yeso de edad del Eoceno (aproximadamente 56 millones de años). Las lutitas se encuentran meteorizadas y susceptibles a procesos erosivos, mientras que, las areniscas compactas situadas sobre las lutitas se encuentran fracturadas y podrían desprenderse pendiente abajo.

Esta unidad geológica constituye el substrato rocoso del área de estudio y aflora en el cerro Cinchado (Figura 32).

**Depósito aluvional (Qh-alv):** Esta unidad está conformada por material heterogéneo compuesto por cantos rodados de tamaños diversos, cementados por grava, arena y arcilla que han sido transportados pendiente abajo a través del cauce de quebradas mediante flujos aluvionales antiguos (Figura 33).



*Figura 32.- Formación Chira aflorando en el cerro Cinchado que está conformada principalmente por lutitas intercaladas con areniscas y yeso en capas finas (flecha amarilla), además, se aprecian areniscas susceptibles a desprendimiento (elipse color rojo) y en la parte baja un bloque de arenisca de 2 m de diámetros caído (elipse amarilla)*



*Figura 33.- Depósito aluvional (polígono amarillo) formado durante la activación de quebradas que consiste en materiales de composición heterogénea.*

**Depósito aluvial antiguo (Ql-al1):** Consisten en materiales heterogéneos (gravas, arenas y limos) que han sido erosionados de rocas pre-existentes, luego, transportados por flujos de agua a través de las quebradas y finalmente depositados en zonas llanas de baja pendiente o depresiones. Sobre esta unidad geológica se desarrollan actividades agrícolas, donde los materiales que lo conforman se presentan moderadamente compactos (Figura 34).



*Figura 34.- Depósito aluvial antiguo conformado por arenas y limos principalmente, que se ubican en la parte baja del cerro Cinchado donde se desarrollan actividades agrícolas*

**Depósito aluvial reciente (Qh-al2):** Consiste en materiales heterogéneos que han sido erosionados de rocas pre-existentes y actualmente vienen siendo dispuestos en los cauces de las quebradas, siendo susceptibles a moverse aguas abajo, esta unidad geológica ha sido identificada hacia el oriente del cerro Cinchado (Figura 35).

**Depósito Coluvial (Qh-co):** Conformado por Materiales sueltos o inconsolidados (limos y arenas) que resultan de la meteorización de las rocas pre-existentes (lutitas, areniscas y bentonitas) y son dispuestos sobre la parte media o al pie de las laderas. Se les conoce como depósitos de ladera, han sido reconocidos en el cerro Cinchado, situado próximo al poblado La

Soledad, donde los materiales han resultado de derrumbes y erosión, debido al incremento de las precipitaciones pluviales, se encuentran invadiendo parte de la vía costanera (Figura 36).



*Figura 35.- Depósito aluvial reciente conformado por arenas, limos y gravas dispuestos sobre cauces situados contiguos al cerro Cinchado (extremo Este)*



*Figura 36.- Depósito coluvial conformado por materiales sueltos (arenas, limos y arcillas) que han sido dispuestos sobre la ladera del cerro Cinchado y pate de la vía de acceso asfaltada denominada la Costanera*

**Depósito fluvial (Qr-fl):** Consisten en materiales heterogéneos (gravas, arenas y limos) que han sido transportados a través del cauce de ríos. Esta unidad geológica ha sido identificada en las inmediaciones del cauce y llanura de inundación del río Chira (Figura 37).



*Figura 37.- Depósito fluvial conformado por materiales finos en suspensión (limos y arcillas) que son transportados por las aguas del río Chira*

Las unidades geológicas antes descritas han sido cartografiadas en campo y representadas en el mapa geológico de la Figura 38.

#### **4.2.- Poblado Paredones**

Las principales unidades geológicas identificadas en el poblado Paredones y alrededores se describen a continuación:

**Formación Chira (Pe-ch):** Corresponde principalmente a rocas sedimentarias del tipo lutitas intercaladas con areniscas que se encuentran meteorizadas y susceptibles a procesos erosivos por acción de las aguas de escorrentía durante los periodos de lluvias intensas. Esta unidad geológica aflora en la loma del sector Tablazo del C.P. San Felipe, donde se ha previsto reasentar las viviendas de los poblados San Felipe y Paredones que son afectados por inundaciones y flujos; sin embargo, se ha identificado que

en la cima de la loma, las areniscas presentan espesor aproximado de 1 a 2 m, se encuentran fracturadas y sobreyacen sobre las lutitas erosionadas por acción del agua de escorrentía, generándose cavidades debajo de las areniscas, siendo susceptibles a posibles colapsos (Figuras 39 y 40).

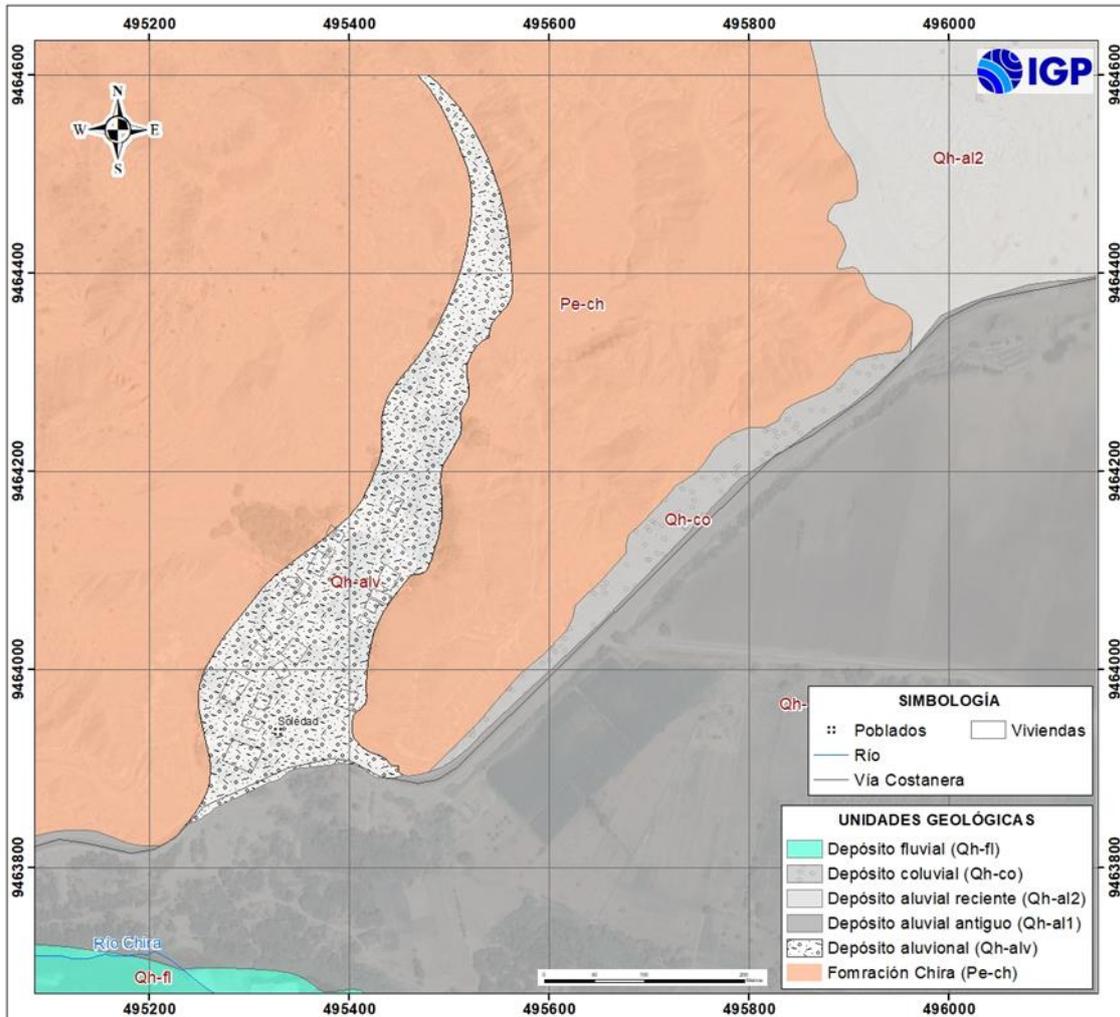


Figura 38.- Mapa geológico del poblado Soledad (cerro Cinchado)



*Figura 39.- Rocas areniscas de la Formación Chira que se presentan fracturadas en las inmediaciones de los taludes del sector Tablazo del C.P. San Felipe y susceptibles a desprendimientos*



*Figura 40.- Rocas areniscas de la Formación Chira sobreyaciendo a las rocas lutitas erosionadas por el agua de escorrentía en el sector Tablazo del C.P. San Felipe que se presentan fracturadas en las inmediaciones de los taludes y susceptibles a desprendimientos*

**Depósito aluvial antiguo (Ql-al1):** Consisten en materiales heterogéneos (gravas, arenas y limos) que han sido erosionados de rocas pre-existentes, luego, transportados por flujos de agua a través de las quebradas y finalmente depositados en zonas llanas o depresiones. Sobre esta unidad geológica se asienta el poblado Hacienda Paredones y se desarrollan actividades agrícolas, donde los materiales que lo conforman se presentan moderadamente compactos, (Figura 41).



*Figura 41.- Depósito aluvial antiguo conformado por gravas, arenas y limos que se ubican en las inmediaciones del poblado Paredones*

**Depósito aluvial reciente (Qh-al2):** Consiste en materiales heterogéneos que han sido erosionados de rocas pre-existentes y actualmente vienen siendo depositados en los cauces de las quebradas o fuentes de drenaje, siendo susceptibles a moverse aguas abajo; esta unidad geológica ha sido identificada en las quebradas Arellano y Paredones principalmente (Figura 42).

**Depósito Coluvial (Qh-co):** Unidad conformada por materiales sueltos o inconsolidados (bloques de rocas) que resultan de la meteorización de las rocas pre-existentes (areniscas y lutitas) y son dispuestos sobre la parte media y pie de las laderas o superficies inclinadas. Se les conoce como

depósitos de ladera, han sido reconocidos en las inmediaciones del sector Tablazo del C.P., San Felipe, donde los materiales podrían desprenderse pendiente abajo (Figura 43).



*Figura 42.- Depósito aluvial reciente conformado por arenas, limos y gravas dispuestos en el cauce de la quebrada Arellano (delimitado en color amarillo)*



*Figura 43.- Depósito coluvial (enmarcado en polígono amarillo) conformado por bloques de roca arenisca fracturada e inestable que aflora en las nacientes de la quebrada Paredones*

Las unidades geológicas antes descritas han sido cartografiadas en campo y representadas en el mapa geológico de la Figura 44.

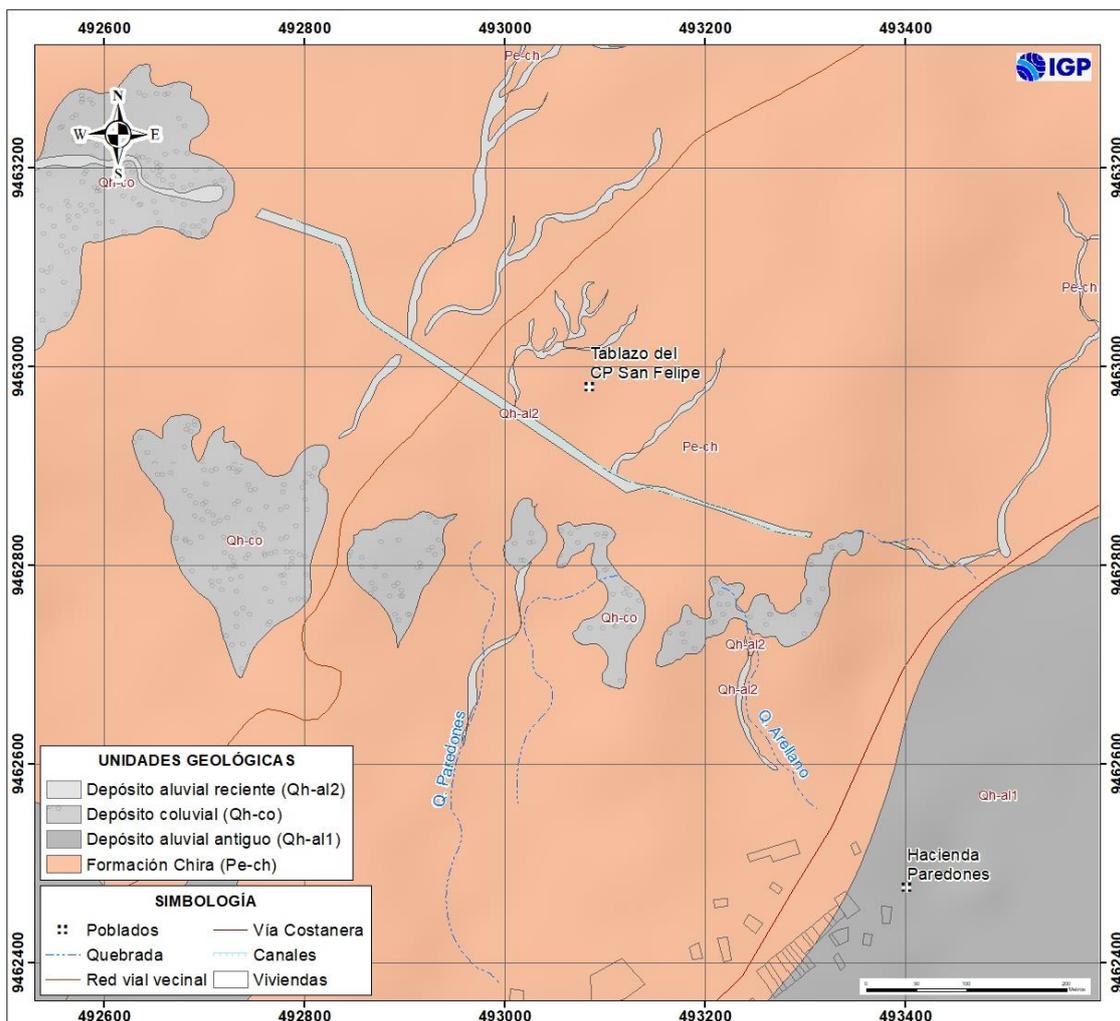


Figura 44.- Mapa geológico del poblado Hacienda Paredones y el sector Tablazo del C.P. San Felipe

### 4.3.- Poblado Miramar

Las principales unidades geológicas identificadas en el poblado Miramar y alrededores se describen a continuación:

**Formación Chira (Pe-ch):** Corresponde principalmente a rocas sedimentarias del tipo lutitas intercaladas con areniscas. Esta unidad geológica constituye el substrato rocoso del área de estudio y aflora hacia el

norte del río Chira, específicamente a 390 m al norte del canal Los Valencia (Figura 45).



*Figura 45.- Areniscas y lutitas de la Formación Chira situadas a 390 m al este del canal de irrigación Los Valencia*

**Depósito fluvio - aluvial (Qh-fal):** Consisten en materiales heterogéneos (bloques, clastos angulosos, gravas, arenas y limos) que han sido transportados por antiguos cauces de ríos y depositados en zonas de depresión o baja pendiente. Esta unidad geológica ha sido identificada en ambos márgenes del río Chira, donde se desarrollan actividades agrícolas, (Figura 46).

**Depósito aluvial antiguo (Qh-al1):** Consisten en materiales heterogéneos (gravas, arenas y limos) que han sido erosionados de rocas pre-existentes, luego, transportados por flujos de agua a través de las quebradas y finalmente depositados en zonas llanas o depresiones. Sobre esta unidad geológica se asienta el poblado Miramar, donde los materiales que lo conforman se presentan moderadamente compactos (Figura 47).



*Figura 46.- Depósito fluvio – aluvial (polígono amarillo) reconocido en el extremo sur del poblado de Miramar*



*Figura 47.- Depósito aluvial antiguo conformado por materiales heterogéneos (gravas, arenas y limos) sobre el que se asientan las viviendas de Miramar*

**Depósito aluvial reciente (Qh-a12):** Consiste en materiales heterogéneos (arenas y limos) que vienen siendo depositados en los cauces de las quebradas o canales, esta unidad geológica ha sido identificada en los canales Nuto, Julio López y Los Valencia (Figura 48).

**Depósito fluvial (Qr-fl):** Consisten en materiales heterogéneos (gravas, arenas y limos) que han sido transportados a través del cauce del río Chira (Figura 49).



*Figura 48.- Depósito aluvial reciente conformado por materiales heterogéneos (principalmente arenas y limos) sobre el que se asientan las viviendas de Miramar*



*Figura 49.- Depósito fluvial (polígono amarillo) conformado por materiales heterogéneos (principalmente arenas y limos) dispuestos sobre el cauce y llanura de inundación del río Chira*

Las unidades geológicas antes descritas han sido cartografiadas en campo y representadas en el mapa geológico de la Figura 50.

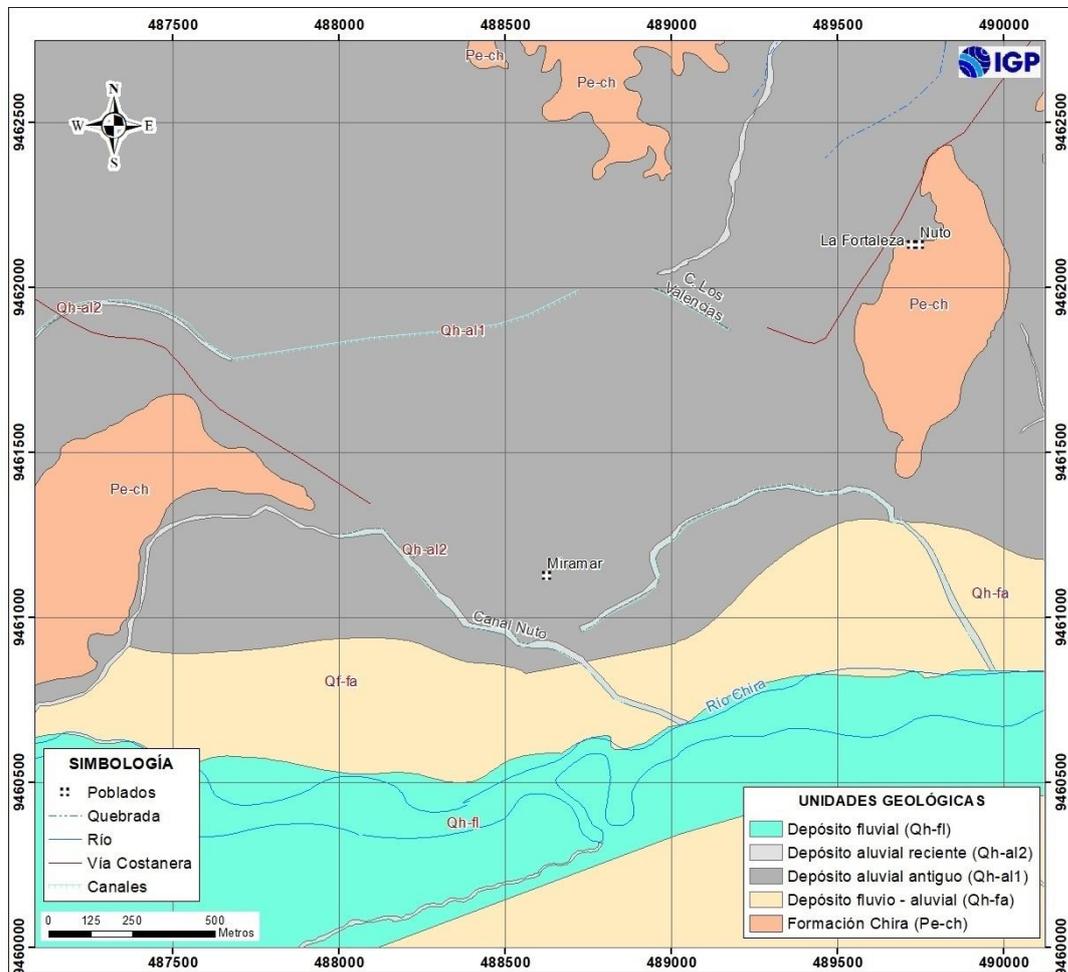


Figura 50.- Mapa geológico del poblado Miramar y alrededores

#### 4.4.- Sector Leticia

Las principales unidades geológicas identificadas en el sector Leticia y alrededores se describen a continuación:

**Depósito fluvio - aluvial (Qh-fal):** Consiste en materiales heterogéneos (bloques, clastos angulosos, gravas, arenas y limos) que han sido transportados por antiguos cauces de ríos y quebradas hacia zonas de depresión o baja pendiente. Esta unidad geológica ha sido identificada en

ambos márgenes del río Chira, donde se desarrollan actividades agrícolas (Figura 51).



*Figura 51.- Depósito fluvio – aluvial (polígono amarillo) reconocido en el margen izquierdo del río Chira*

**Depósito aluvial antiguo (Ql-a1):** Consiste en materiales heterogéneos (gravas, arenas y limos) identificados al norte del río Chira, se presentan moderadamente compactos (Figura 52).



*Figura 52.- Depósito aluvial antiguo (polígono amarillo) identificado en el margen derecho del río Chira, conformado por materiales heterogéneos*

**Depósito fluvial (Qr-fl):** Consiste en materiales heterogéneos (gravas, arenas y limos) que han sido transportados a través del cauce del río Chira (Figura 53).



*Figura 53.- Depósito fluvial correspondiente al cauce del río Chira*

**Depósito aluvial reciente (Qh-al2):** Consiste en materiales heterogéneos (arenas y limos) que vienen siendo depositados en los cauces y canales de regadío (Figura 54).



*Figura 54.- Depósito aluvial reciente que consiste en materiales heterogéneos (arenas y limos) dispuestos sobre el cauce y canales de regadío*

Las unidades geológicas antes descritas han sido cartografiadas en campo y representadas en el mapa geológico de la Figura 55.

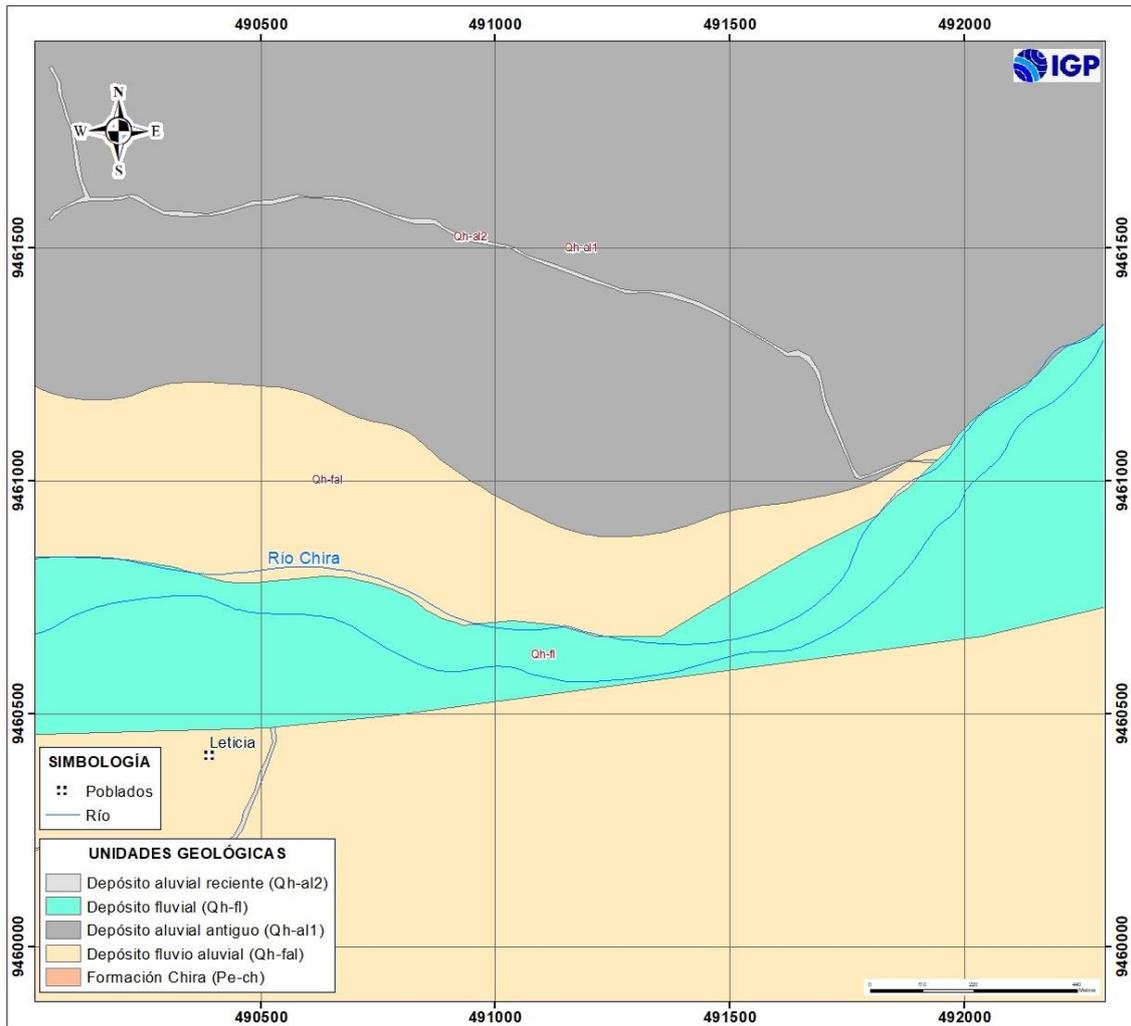


Figura 55.- Mapa geológico del sector Leticia y alrededores

## **5.- GEODINÁMICA**

La geodinámica estudia los fenómenos geológicos que provocan modificaciones en la superficie terrestre producto de la interacción de procesos geodinámicos (internos y externos) que originan cambios físicos, químicos y/o morfológicos, que alteran y modifican el relieve actual. A continuación, se describen los eventos geodinámicos identificados en el área de estudio:

### **5.1.- Poblado La Soledad**

Los principales eventos geodinámicos se describen a continuación:

**Caída de suelos o derrumbe:** Son aquellos eventos geodinámicos que se presentan tanto en terrenos rocosos muy fracturados, así como en depósitos inconsolidados, originando "zonas de arranque", desde irregulares, hasta circulares, de dimensiones variables, desde pocos metros a decenas de metros; algunos son de gran dimensión.

Este tipo de evento geodinámico ha sido identificado en el cerro denominado Cinchado, su génesis se relaciona con la ocurrencia de precipitaciones pluviales intensas, debido a la infiltración de agua en las rocas del tipo lutitas meteorizadas que conforman la unidad geomorfológica loma, de pendiente elevada (mayor a 35° de inclinación), desencadenando el derrumbe de los materiales pendiente abajo y materiales coluviales que ocupan un área aproximada de 1.7 Has.

Producto de estos derrumbes generados en el cerro Cinchado se acumula material en un carril de la vía costanera (contiguo al poblado La Soledad), cuyo tramo comprende aproximadamente 650 m de longitud e impide el tránsito de vehículos (Figuras 56 y 57).



*Figura 56.- Derrumbes generados en el cerro Cinchado durante la ocurrencia de precipitaciones en el presente año. La imagen de la izquierda muestra la acumulación de los materiales cubriendo el carril derecho de la vía costanera y en la derecha el material inconsolidado*



*Figura 57.- Derrumbes generados en el cerro Cinchado durante la ocurrencia de precipitaciones debido a la erosión de las rocas del tipo lutitas.*

**Caída de rocas:** Es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Generalmente, ocurren en taludes y laderas de fuerte pendiente, asociados a su litología, tipo de fracturamiento, así como aquellas que han sido modificadas durante la realización de obras de excavación o voladuras.

Cabe señalar que, este tipo de evento geodinámico ha sido identificado en el cerro Cinchado, donde se reconocieron bloques de roca arenisca fracturada sobreyaciendo a rocas lutitas meteorizadas, susceptibles a desprendimientos, ante el incremento de las precipitaciones pluviales, que podrían impactar sobre la vía costanera (principal vía de acceso a Vichayal, (Figuras 58).



*Figura 58.- Zonas susceptibles a caída de rocas (elipses amarillas) que podrían desprenderse y afectar vehículos o transeúntes de la vía Costanera. Como evidencia, se identificaron bloques de roca sobre la ladera del cerro Cinchado (círculo blanco).*

**Flujo de lodos:** Es un flujo canalizado muy rápido a extremadamente rápido que contiene detritos (concentraciones de partículas finas de limos y arcillas)

saturados y plásticos (Índice plástico  $> 5\%$ ), cuyo contenido de agua es significativamente mayor al del material fuente. Cabe mencionar que, los flujos de lodo presentan características similares a los flujos de detritos (mayor concentración de materiales heterogéneos), sin embargo, se diferencian por la presencia de la fracción arcillosa que modifica la reología del material.

Este tipo de evento se genera por la remoción de los materiales que han sido erosionados en las partes altas de las cuencas hidrográficas y transportados pendiente abajo a través del cauce de las quebradas, donde son depositados en forma de abanicos. Las zonas susceptibles a flujos de lodo han sido identificadas en el extremo occidental del cerro Cinchado, específicamente en las inmediaciones del poblado La Soledad (Figura 59).

Los eventos geodinámicos antes descritos han sido delimitados y cartografiados en el mapa geodinámico de la Figura 60.



*Figura 59.- Zona susceptible a flujos de lodo (polígono amarillo) ha sido reconocida en las inmediaciones del poblado La Soledad*

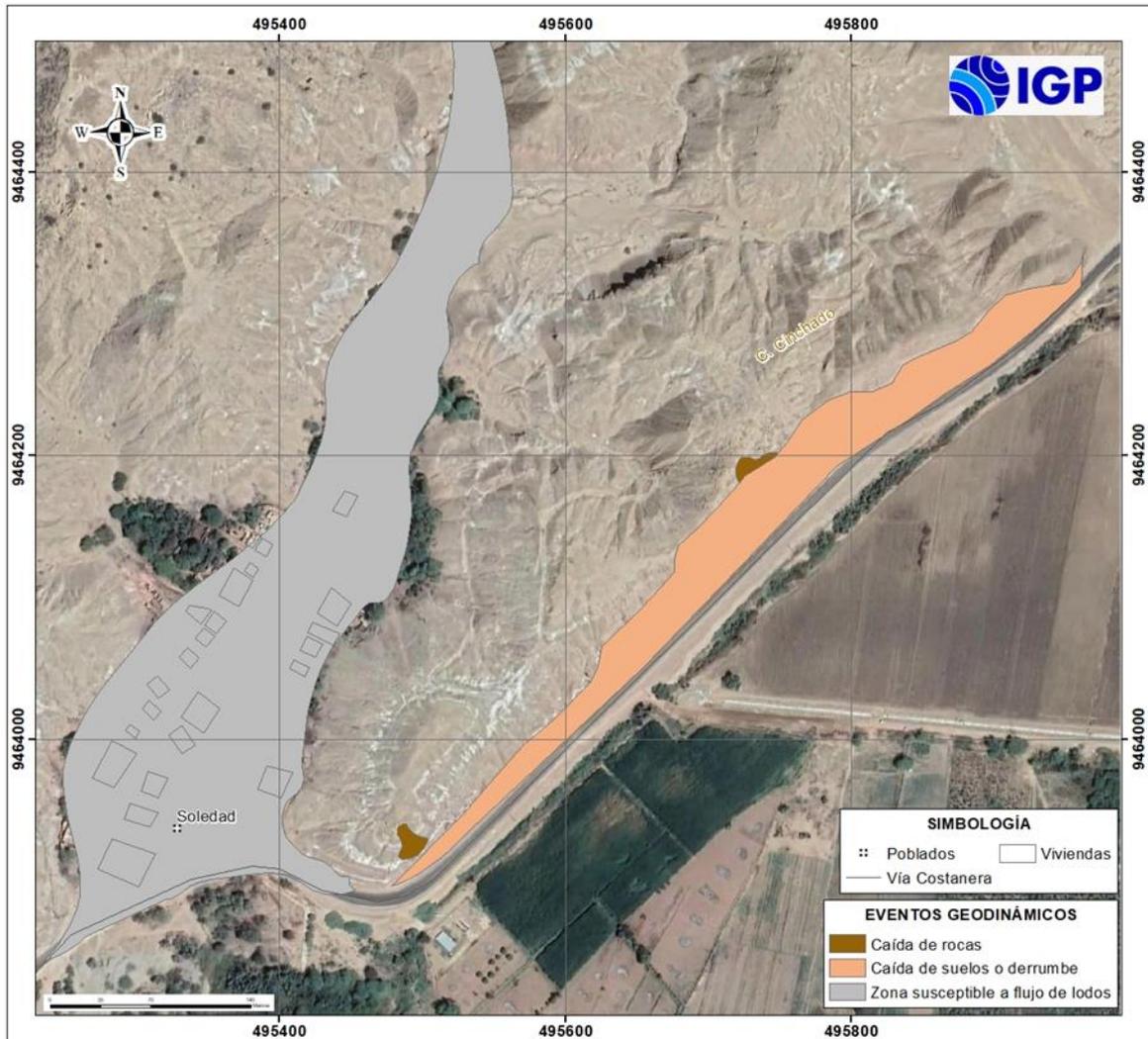


Figura 60.- Eventos geodinámicos identificados en las inmediaciones del cerro Cinchado y poblado La Soledad

## 5.2.- Poblado Paredones

Los principales eventos geodinámicos identificados en el poblado de Paredones se describen a continuación:

**Caída de rocas:** Las zonas susceptibles a desprendimiento de bloques de roca han sido identificadas en los taludes del sector Tablazo del C.P. San Felipe, los afloramientos de roca inestable son del tipo areniscas situadas en las nacientes de las quebradas Paredones y Arellano, se originan debido a la meteorización de las rocas durante la ocurrencia de precipitaciones pluviales intensas, generando su desplazamiento pendiente abajo (Figuras 61 y 62).



*Figura 61.- Rocas sueltas susceptibles a desprendimientos en la cabecera de la quebrada Arellano*

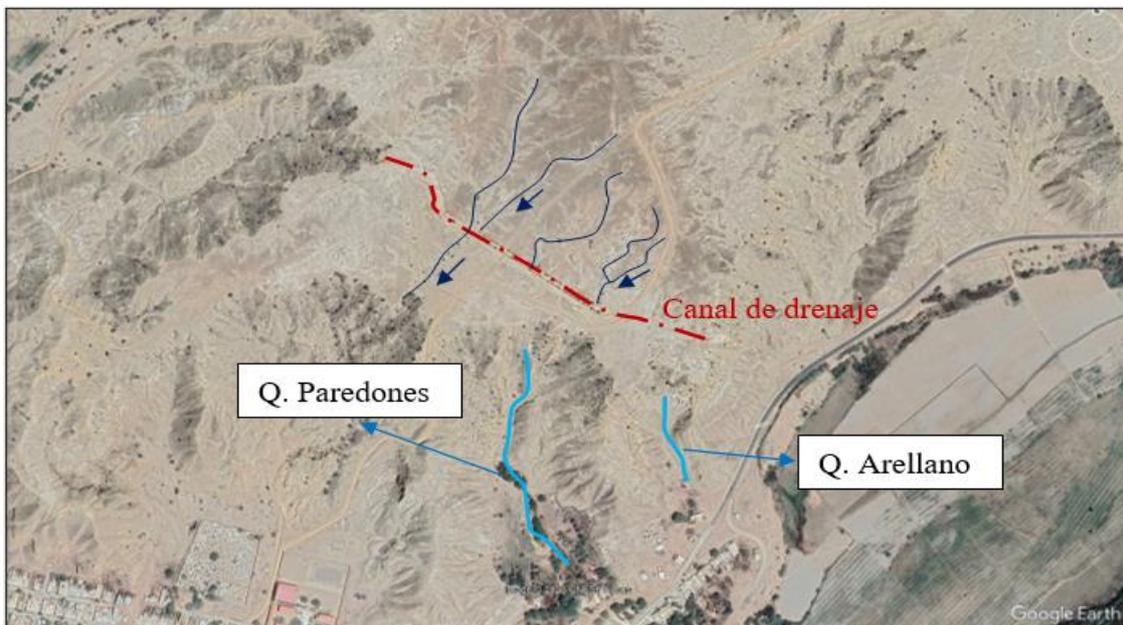


*Figura 62.- Rocas sueltas susceptibles a caída de rocas en la cabecera de la quebrada Paredones*

**Inundación pluvial:** Evento geodinámico que resulta de la acumulación de las aguas provenientes de las precipitaciones pluviales en las partes bajas o de menor pendiente (depresiones) o generadas por escorrentía superficial del agua. En general, se presentan cuando el terreno se ha saturado y el

agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días.

Las zonas afectadas por inundación pluvial, de acuerdo con testimonio de los pobladores y el reconocimiento in situ, han sido identificadas en las inmediaciones del sector Tablazo del C.P. San Felipe, debido a que las aguas de escorrentía superficial se movilizan en dirección noreste – suroeste, hasta desembocar a un canal de coronación construido por el gobierno local con el fin de drenar las aguas y evitar la activación de las quebradas Arellano y Paredones que podrían afectar las viviendas aledañas al cauce, (Figura 63).



*Figura 63.- Zonas susceptibles a inundación pluvial (líneas azules) debido al desplazamiento de escorrentías superficiales hacia el canal de drenaje que evacúa las aguas hasta la vía Costanera*

**Flujo de lodos:** Evento geodinámico que se genera producto de la ocurrencia de precipitaciones pluviales intensas y activación de quebradas. Se han reconocido zonas susceptibles a la ocurrencia de este flujo canalizado en la parte baja del Tablazo del C.P. San Felipe. Entre las quebradas con potencial a la ocurrencia de flujos de lodo se reconocieron las denominadas Arellano y Paredones; además, en la parte baja del canal de coronación para drenaje se ha identificado la erosión de la ladera y flujos que afectan la vía Costanera, (Figuras 64 y 65).



*Figura 64.- Quebrada Paredones susceptible a la generación de flujos de lodo y/o detritos ante la ocurrencia de precipitaciones pluviales intensas*



*Figura 65.- Zonas susceptibles a flujos de lodos (polígonos amarillos) en la parte baja del canal de coronación que drena las aguas de escorrentía superficial del Tablazo del C.P. San Felipe hacia alcantarilla situada en la vía Costanera, estructura que podría colmatarse*

**Hundimiento:** El hundimiento o asentamiento vertical de la superficie de la Tierra, ocurre debido a la fuerza de la gravedad. La subsidencia puede deberse a procesos geológicos naturales, como disolución de rocas

(calcáreas o carbonatadas), compactación inadecuada de suelos o el desarrollo de actividades inducidas por acción humana (minería, extracción de hidrocarburos, entre otros).

Este evento geodinámico ha sido identificado en las nacientes de la quebrada Paredones, donde afloran rocas del tipo areniscas de aproximadamente 2 m de espesor, sobre lutitas erosionables en las laderas, se infiere que el agua se ha infiltrado y generado socavamiento (erosión) de las lutitas, como evidencia se han reconocido cuevas en el subsuelo, (Figura 66).



*Figura 66.- Zona susceptible a subsidencia identificada en la cabecera de la quebrada Paredones, probablemente su origen guarda relación con la erosión de las lutitas situadas debajo de la roca arenisca, debido a la infiltración del agua hacia el subsuelo.*

Finalmente, los eventos geodinámicos identificados en el poblado Paredones se ha cartografiado en el mapa geodinámico de la Figura 47.

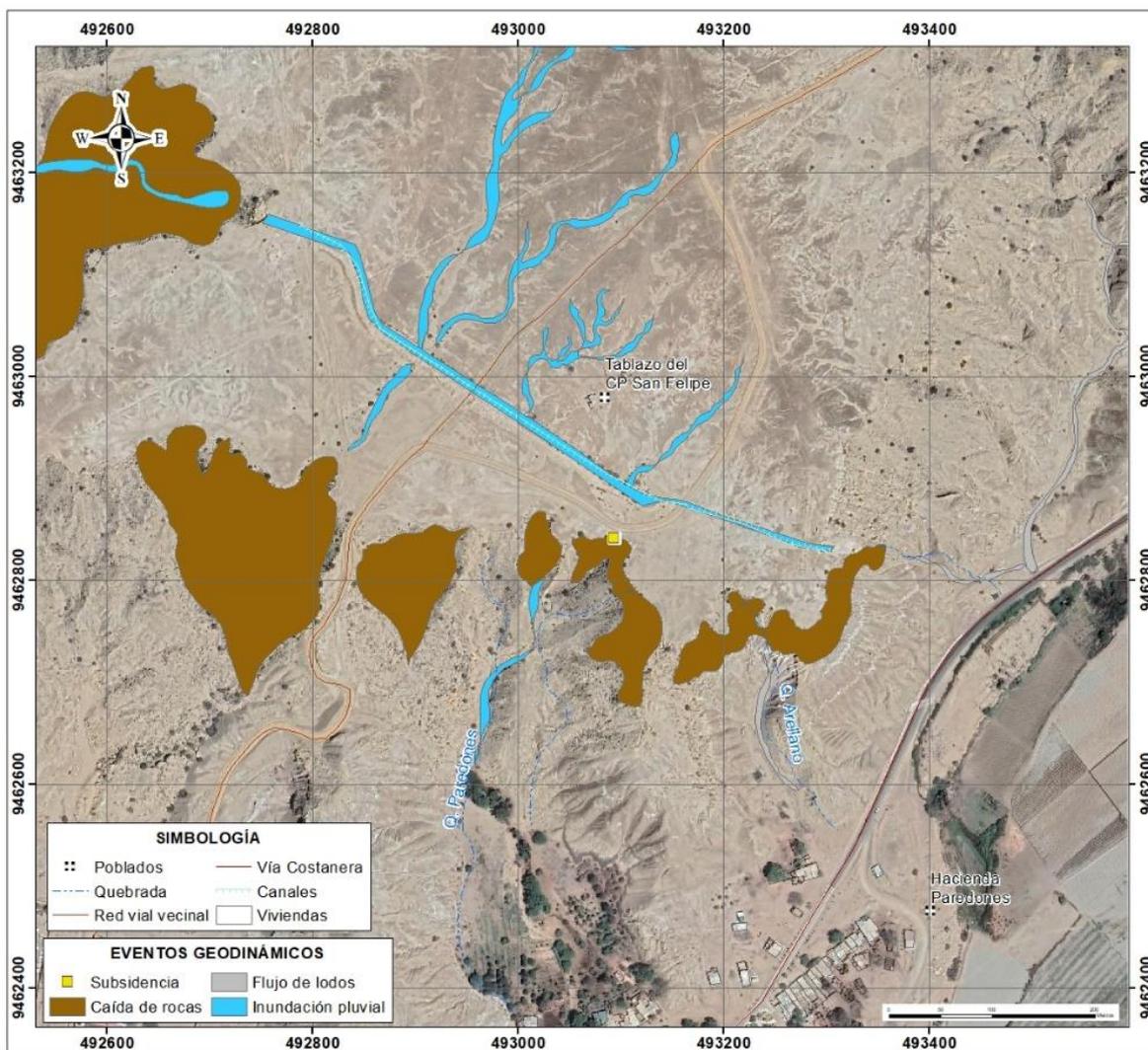


Figura 67.- Eventos geodinámicos identificados en las inmediaciones del poblado Paredones y sector Tablazo del C.P. San Felipe

### 5.3.- Poblado Miramar

Los principales eventos geodinámicos identificados en el poblado Miramar y alrededores se describen a continuación:

**Inundación pluvial:** Se ha identificado acumulación de agua durante la ocurrencia de precipitaciones pluviales en zonas contiguas a canales de irrigación y zonas de depresión. Entre las zonas afectadas se reconocieron las áreas agrícolas de los sectores Santa Rosa, contiguas a los canales Nuto, Los Valencia y Julio López (Figuras 68 y 69).



*Figura 68.- Zona susceptible a inundaciones pluviales ante la ocurrencia de las precipitaciones pluviales e incremento del volumen de agua del canal denominado Nuto, además, se evidencia erosión lateral en ambos márgenes*



*Figura 69.- Inundaciones pluviales contiguas al canal de regadío denominado Los Valencia, además, se ha originado la erosión lateral del canal y asentamiento de las losas de concreto debido a la saturación del suelo*

Los eventos geodinámicos identificados en Miramar han sido reconocidos y cartografiados en el mapa de la Figura 70.

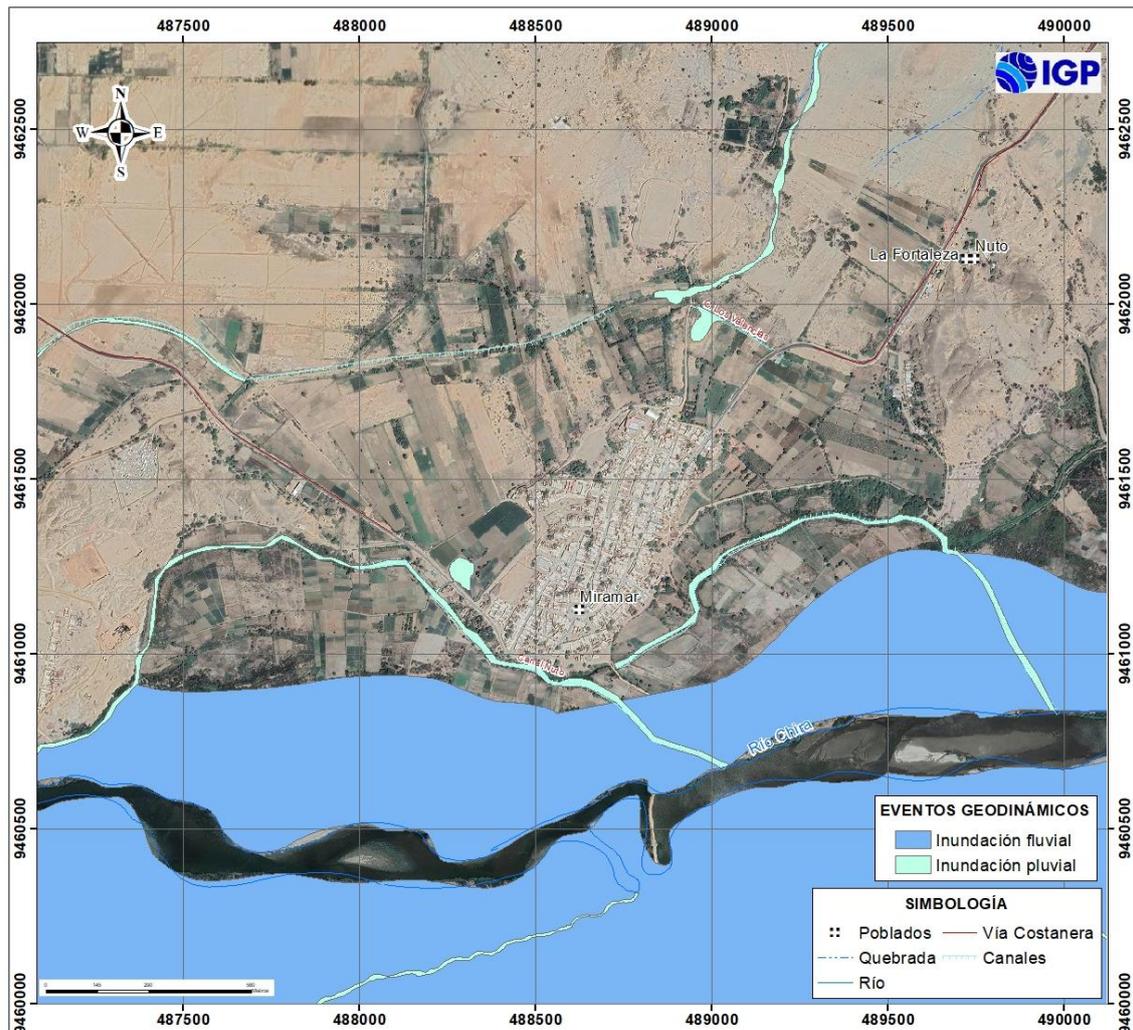


Figura 70.- Eventos geodinámicos identificados en las inmediaciones del poblado Miramar

#### 5.4.- Poblado Leticia

Los principales eventos geodinámicos en el poblado Leticia y alrededores se describen a continuación:

**Erosión fluvial:** La erosión fluvial se denomina al socavamiento, ensanchamiento y alargamiento del cauce de los ríos por acción de la corriente del agua sobre su lecho, se produce cuando la energía de una corriente fluvial es mayor que la sumatoria de potencia de fricción y la potencia de transporte (la empleada en transportar materiales), García (2012). Su ocurrencia y dinámica se encuentra condicionada por patrones específicos de drenaje, los cuales son controlados principalmente por la

estructura geológica, por la dureza de la roca y por la carga fluvial del cauce de los ríos.

Este tipo de evento se ha observado en el margen izquierdo del río Chira, principalmente en un meandro del río (curva pronunciada en el cauce del río) debido a que las corrientes fluviales impactan sobre el dique conformado (arena mal graduada compactada) como defensa ribereña, generando el colapso de un tramo de aproximado de 90 m en el dique denominado 1020. Cabe señalar que, las autoridades locales atendieron la emergencia generada, a fin de evitar afectaciones en la población y áreas agrícolas del sector Leticia, poblados Isla de San Lorenzo y La Bocana, (Figuras 71 y 72).



*Figura 71.- Erosión fluvial en el margen izquierdo del río Chira (flecha azul) que originó el colapso de un tramo (flecha amarilla) de aproximadamente 90 m en el dique denominado 1020 en el sector Leticia. (Fuente: Municipalidad distrital de Vichayal)*

A continuación, en el mapa de la Figura 73 se presenta mapa geodinámico del sector Leticia.



Figura 72.- Colapso de un tramo de 90 m del dique denominado 1020 (flecha roja), producto de la erosión fluvial generada en un meandro del margen izquierdo del río Chira



Figura 73.- Evento geodinámico identificado en las inmediaciones del Sector Leticia.

## **CONCLUSIONES**

- El área de estudio comprende los poblados La Soledad, Hacienda Paredones y Miramar que se encuentran asentados principalmente sobre relieves llanos (terrazas aluviales principalmente) y el sector Tablazo del C.P. San Felipe asentado sobre elevaciones del tipo loma. Asimismo, hacia los alrededores se han reconocido las geoformas cauce aluvial, en los canales de quebradas de régimen temporal, así como, llanura de inundación y lecho fluvial correspondiente al río Chira.
  
- El substrato rocoso del área de estudio está conformado por la Formación Chira que, consiste en rocas del tipo lutitas intercaladas con arenisca y lentes de yeso que se encuentran meteorizadas sobre los taludes de las lomas; además, se han identificado depósitos Cuaternarios de origen aluvial en zonas llanas adyacentes a quebradas, de origen coluvial dispuestos sobre los taludes de las laderas (cerro Cinchado) y de origen fluvial dispuestos en el cauce del río Chira.
  
- Producto de la ocurrencia de precipitaciones intensas e incremento de la infiltración del agua, se identificaron zonas susceptibles a la ocurrencia de caída de suelos o derrumbes y caída de rocas en el cerro Cinchado, eventos que podrían afectar la vía de acceso principal (vía Costanera) a Vichayal, como evidencia se han reconocido materiales inconsolidados y rocas inestables dispuestos sobre la ladera. Además, se ha identificado que, el poblado La Soledad constituye un área susceptible a la ocurrencia de flujos de lodo ante la activación de los cauces de las quebradas.

- La ocurrencia de precipitaciones pluviales genera la activación de escorrentías superficiales de agua en el sector Tablazo del C.P San Felipe, por tanto, constituye una zona susceptible a inundaciones pluviales, además, el agua continúa su recorrido en sentido noreste – suroeste en dirección a las quebradas Arellano y Paredones, por lo que, el gobierno local ha construido un canal de coronación para drenar las aguas hacia la parte baja (dirección a la vía Costanera) como solución para evitar flujos de lodo y afectaciones en los poblados Hacienda Paredones y Miramar.
- Los taludes que conforman las laderas de las lomas, específicamente los sectores situados en las nacientes de las quebradas Paredones y Arellano, son susceptibles a la ocurrencia de caída de rocas, debido al fracturamiento de las rocas areniscas y materiales inconsolidadas que pueden desprenderse pendiente abajo.
- Las quebradas Arellano y Paredones, así como, el canal de drenaje del sector Tablazo del C.P. San Felipe son susceptibles a la ocurrencia de flujos de lodos y detritos ante el incremento de las precipitaciones.
- El hundimiento o subsidencia del suelo podría generarse en el sector Tablazo del C.P. San Felipe debido a la acción erosiva del agua en las rocas lutitas que se encuentran subyaciendo los afloramientos de roca arenisca, como evidencia se han reconocido cuevas en las inmediaciones de la quebrada Paredones.
- Las zonas agrícolas del poblado Miramar constituyen áreas susceptibles a la ocurrencia de inundaciones fluviales por desborde de las aguas del río Chira e inundaciones pluviales en áreas contiguas a los canales de irrigación denominados Los Valencia, Nuto y Julio López.

- La dinámica de las corrientes fluviales del río Chira afectan el margen izquierdo, generando procesos de erosión fluvial en zonas de meandro, lo cual desencadenó el colapso de un tramo de 90 m del dique denominado 1020 que pudo haber inundado el poblado Isilla de San Lorenzo. El dique en mención se encuentra conformado principalmente por materiales granulares (principalmente arenas) compactados

## **RECOMENDACIONES**

Se recomiendan las siguientes acciones:

- Eliminar las rocas inestables dispuestas en la cima del cerro Cinchado para evitar la generación de desprendimiento de bloques de roca y afectaciones en los transeúntes de la vía Costanera. Las rocas inestables ocupan aproximadamente 500 m<sup>2</sup> de área y volumen aproximado de 1000 m<sup>3</sup>.
- Remover los materiales sueltos e inconsolidados dispuestos sobre las laderas del cerro Cinchado, a fin de evitar la ocupación de la vía Costanera e impedimento del tránsito vehicular.
- Realizar estudios de ingeniería de detalle para evaluar implementación de algunas de las siguientes alternativas de solución para estabilizar las laderas del cerro Cinchado: Conformación de taludes mediante bancos o bermas para disminuir la carga de los materiales sobre la ladera y disminuir la pendiente, implementar un muro de contención en el pie del cerro Cinchado para evitar la remoción de los materiales hacia la vía asfaltada, implementar un canal de coronación en la cima del cerro Cinchado para drenar las aguas de escorrentía y evitar la erosión de las rocas lutitas.
- Revestir la parte baja del canal de coronación construido en el sector Tablazo del C.P. San Felipe para evitar la erosión de las lutitas que conforman la ladera de las lomas y generación de flujos hacia la vía Costanera.
- Desbrozar o remover los bloques de roca inestable que han sido identificados en la cabecera de las quebradas Arellano y Paredones para evitar flujos aguas abajo, además, se sugiere no emplazar

viviendas e infraestructura de riego en zonas contiguas al talud del sector Tablazo del C.P. San Felipe.

- Elaborar un estudio geotécnico y geofísico en el sector Tablazo del C.P. San Felipe para determinar las características físicas del subsuelo y determinar el potencial de subsidencia, teniendo en consideración que, este lugar podría destinarse como un área de acogida para el reasentamiento de la población de la Hacienda de Paredones y San Felipe.
- Realizar el mantenimiento de los principales canales empleados para regadío del sector Miramar, incluyendo actividades de descolmatación y limpieza para evitar posibles desbordes hacia las zonas agrícolas.
- Evaluar el estado de conservación de los diques del río Chira para identificar áreas críticas susceptibles a colapsos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Alfaro et al. (2014). Estimación de umbrales de precipitaciones extremas para la emisión de avisos meteorológicos, Boletín Técnico SENAMHI, pp135.
- García, M. 2012. El modelado fluvial. Procesos de erosión, transporte y sedimentación fluvial. Formas resultantes. Riesgos de avenida e inundación: medición, predicción y prevención. Los fenómenos de ladera. Riesgos asociados a estos fenómenos: medición, predicción y prevención.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2020). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el área urbana de Pacaipampa. Distrito de Pacaipampa, provincia de Ayabaca, región Piura. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7155, 48p.
- Neyra D. & Olivares A. (2019) - Análisis hidrometeorológico de la cuenca del río Piura durante El Niño Costero 2017. p36,187.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. 2007. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p.,1 CD-ROM. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA, 2007. Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas, 432 p.

