

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA



**“INDICIOS GEOQUIMICOS PARA LA EXPLORACION
POR ORO EN EL COMPLEJO DOMICO JOSEFA”**

MOQUEGUA – PERU

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO GEOLOGO

PRESENTADO POR:

LUIS ENRIQUE FALCON LOPEZ

LIMA – PERU

2011

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo para la culminación de este trabajo y de manera notable a mi esposa Kareen.

También agradezco de manera especial a los asesores designados: Dr. Rolando Carrascal y al profesor Msc. Atilio Mendoza por haberme orientado en la elaboración del presente informe.

RESUMEN

El Complejo Dómico Josefa se encuentra ubicado en la Sierra Central Sur del Perú, en el Departamento de Moquegua, en la Provincia General Sánchez Cerro.

La presencia de mineralización económica, del tipo epitermal de baja sulfuración, situada al sur-oeste del proyecto, cerca a los entornos adyacentes del Complejo Dómico Josefa, invitan a explorar el área con la finalidad de encontrar un posible y potencial depósito epitermal de alta sulfuración con mineralización económica explotable.

La litología presente en el Cerro Josefa comprende afloramientos de rocas efusivas de un complejo dómico sobre rocas sedimentarias. Posterior a su emplazamiento se generan actividad hidrotermal, brechas freáticas y de matriz intrusiva, relacionadas a los valores anómalos estudiados.

Correlacionando los datos geoquímicos con el estudio geológico, se muestran dos zonas de interés, una de ellas presenta un control estructural y la otra se encuentra asociada a brechas hidrotermales con

clastos de riolita, areniscas, areniscas cuarzosas y lutitas dentro de una matriz riolítica. Los clastos riolíticos presentan alteración *vuggy* sílica de moderada a fuerte. Esta brecha es cortada y/o asociada a brechas freáticas (tufisitas auríferas) de clastos de riolita con fuerte alteración *vuggy* sílica. Estas estructuras se encuentran principalmente en la cumbre del Cerro Josefa y cuello del domo.

Se puede explicar como una reactivación de la cámara magmática, la que generó la inyección de tufisitas auríferas dentro del complejo dómico aprovechando las zonas distensivas presentes en las crestas del domo. Otra zona de interés en la prospección, es el contacto domo-secuencia calcárea, probablemente como reemplazamiento masivo a semi-masivo de sulfuros.

RESUMEN

INDICE

CAPITULO I:	INTRODUCCION	11
1.1	Ubicación y Acceso	11
1.2	Objetivos	12
1.3	Hipótesis y justificación de la investigación	12
1.4	Metodología de trabajo de campo	13
CAPITULO II:	GENERALIDADES	15
2.1	Geomorfología, Clima y Vegetación	15
	2.1.1 Geomorfología Regional	15
	2.1.1.1 Quebradas	16
	2.1.1.2 Fondo de Valle aluvial	16
	2.1.1.3 Valle Fluvioglaciario	17
	2.1.1.4 Laderas moderadamente empinadas a empinadas	17
	2.1.1.5 Ladera moderadamente a fuertemente inclinada	17
	2.1.1.6 Ladera plana a ligeramente inclinada	18
	2.1.1.7 Montaña alta empinada	18
	2.1.1.8 Montaña alta moderadamente empinada	18
	2.1.2 Clima	19
	2.1.2.1 Temperatura	19
	2.1.2.2 Precipitación y evaporación	20

2.1.2.3	Dirección y velocidad del viento	21
2.1.3	Vegetación	22
2.2	Geología Regional	23
2.2.1	Mesozoico	23
2.2.1.1	Jurásico – Cretácico Inferior	23
2.2.2	Cenozoico	25
2.2.2.1	Paleógeno	25
2.2.2.2	Paleógeno – Neógeno	26
2.2.2.3	Mioceno Superior – Pleistoceno	27
2.3	Geología Estructural Regional	31
2.4	Aspectos Metalogenéticos	33
CAPITULO III: GEOLOGIA LOCAL		37
3.1	Geomorfología	37
3.1.1	Quebradas	37
3.1.2	Laderas	38
3.1.3	Altiplanicies	39
3.1.4	Montañas	39
3.1.5	Conos Volcánicos	40

3.2	Estratigrafía	41
3.2.1	Mesozoico	41
3.2.1.1	Jurasico – Cretácico Inferior	41
3.2.1.2	Cretácico Inferior	42
3.2.2	Cenozoico	43
3.2.2.1	Paleógeno Superior – Neógeno	43
3.2.2.2	Mioceno	43
3.2.2.3	Holoceno	43
3.2.3	Magmatismo (Domos – Lavas)	45
3.3	Geología Estructural	47
3.4	Alteración y Mineralización	50
3.4.1	Ensamble de Alteración Hidrotermal	51
CAPITULO IV:	PROGRAMA DE EXPLORACION GEOQUIMICA	56
4.1	Muestreo Geoquímico.	56
4.1.1	Elemento Indicador, Elemento Explorador	57
4.2	Tratamiento Estadístico datos Geoquímicos – Correlaciones	71
4.2.1	Cálculos Estadísticos	71
4.2.2	Correlación Geoquímica	85

4.3	Anomalías Geoquímicas, Niveles de Prioridad e Interpretaciones	91
	CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
5.1	Conclusiones	95
5.2	Recomendaciones	97
	BIBLIOGRAFIA	99
	ANEXOS	

Relación de Láminas:

Lámina 01: Plano de Ubicación y Acceso	14
Lámina 02: Mapa Metalogenético	36
Lámina 03: Plano Geológico Local	49
Lámina 04: Plano de Alteración Hidrotermal	55
Lámina 05: Plano de Muestreo Geoquímico	58
Lámina 6A: Plano de Distribución Geoquímica del Au	59
Lámina 6B: Plano de Curvas Isovalóricas del Au	60
Lámina 6C: Plano de Anomalías Geoquímicas del Au	61
Lámina 7A: Plano de Distribución Geoquímica del As	62
Lámina 7B: Plano de Curvas Isovalóricas del As	63
Lámina 7C: Plano de Anomalías Geoquímicas del As	64
Lámina 8A: Plano de Distribución Geoquímica del Sb	65
Lámina 8B: Plano de Curvas Isovalóricas del Sb	66
Lámina 8C: Plano de Anomalías Geoquímicas del Sb	67
Lámina 9A: Plano de Distribución Geoquímica del Hg	68
Lámina 9B: Plano de Curvas Isovalóricas del Hg	69
Lámina 9C: Plano de Anomalías Geoquímicas del Hg	70

Lámina 10: Sección Geológica A-A´ Blanco I 93

Lámina 11: Sección Geológica B-B´ Blanco II 94

Relación de Figuras

Figura 01: Zoneamiento típico para un depósito de alta sulfuración 54

Relación de Fotos

Foto N° 1: Geomorfología Regional del área de estudio 19

Foto N° 2: Vista panorámica de las quebradas próximas al proyecto 38

Foto N° 3: Laderas compuestas por depósitos aluviales 38

Foto N° 4: Panorama de la altiplanicie 39

Foto N° 5: Montañas cuyas cumbres forman colinas onduladas 40

Foto N° 6: Afloramiento volcánico del Grupo Sillapaca 46

Foto N° 7: Fallamiento producto del fuerte plegamiento 48

Foto N° 8: Texturas Alteración Argílica Avanzada 52

Foto N° 9: Textura Alteración Vuggy Sílica 52

Foto N° 10: Textura Alteración Argílica 54

Foto N° 11: Tipo de Muestreo en afloramientos (rock chips). 57

Relación de Cuadros

Cuadro N° 1: Acceso desde Lima al Proyecto Josefa	12
Cuadro N° 2: Rangos de Pendientes del INRENA	16
Cuadro N° 3: Datos de la Temperatura Media Mensual	20
Cuadro N° 4: Escala Equivalente para Velocidades de Viento	22
Cuadro N° 5: Descripción de vegetales presentes en la zona	22
Cuadro N° 6: Tabla de Frecuencias para el Au. Blanco I	73
Cuadro N° 7: Resultados para el Au. Blanco I	76
Cuadro N° 8: Tabla de Frecuencias para el As. Blanco I	77
Cuadro N° 9: Tabla de Frecuencias para el Hg. Blanco I	78
Cuadro N° 10: Tabla de Frecuencias para el Au. Blanco II	79
Cuadro N° 11: Valores Anómalos en Au. Blanco II	82
Cuadro N° 12: Tabla de Frecuencias para el As. Blanco II	83
Cuadro N° 13: Tabla de Frecuencias para el Hg. Blanco II	84
Cuadro N° 14: Correlación entre los elementos pertenecientes al Blanco I	89
Cuadro N°15: Correlación entre los elementos pertenecientes al Blanco II	90

Relación de Gráficos

Gráfico N° 1: Variación de la Temperatura Media Mensual	20
Gráfico N° 2: Variación de la Precipitación Media Mensual	21
Gráfico N° 3: Columna Estratigráfica Regional	30
Gráfico N° 4: Columna Estratigráfica Local	44
Gráfico N° 5: Histograma del Au. Blanco I	73
Gráfico N° 6: Probabilidad Distribución Logarítmica para Au. Blanco I	74
Gráfico N° 7: Histograma Lineal para el Au. Blanco I	75
Gráfico N° 8: Histograma Distribución Log-normal para el Au. Blanco I	75
Gráfico N° 9: Histograma del As. Blanco I	77
Gráfico N° 10: Histograma del Hg. Blanco I	78
Gráfico N° 11: Histograma del Au. Blanco II	80
Gráfico N° 12: Probabilidad de Distribución Logarítmica para el Au. Blanco II	81
Gráfico N° 13: Histograma Lineal para el Au. Blanco II	81
Gráfico N° 14: Histograma de Distribución Log-normal para Au. Blanco II	
Gráfico N° 15: Histograma del As. Blanco II	83
Gráfico N° 16: Histograma del Hg. Blanco II	84

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 UBICACION Y ACCESO

Políticamente, el Proyecto Josefa, se encuentra ubicado en el Distrito de Ubinas, Provincia General Sánchez Cerro, Departamento de Moquegua.

Geográficamente, el área del Proyecto se encuentra en la sierra central sur del Perú, entre los cerros Potusi al Norte, el cerro Chocolate al este, la pampa Josefa al sur y el cerro Manchuco al oeste, con centro en el cerro Josefa y a 10 Km al NE del poblado de Lloque.

El área del proyecto es accesible por carretera a través de la ruta: Puno-Titiri-Lloque con 147 Km (3:30 horas). Otra vía alterna es la ruta Moquegua-Titiri-Lloque con 197 Km (4.5horas).

Desde la ciudad de Puno se toma la carretera Puno-Moquegua hasta el pequeño municipio de Titiri, aproximadamente 105 Km. al suroeste de Puno, luego se toma la variante (trocha carrozable) noroeste al distrito de Lloque. Desde Titiri al Proyecto se llega aproximadamente en 1.5 horas.

Trayecto	Distancia	Tipo de Acceso
Lima – Juliaca – Puno	1317 Km.	Vía Terrestre
Puno – Titiri	105 Km.	Asfaltado
Titiri – Lloque	32 Km.	Trocha carrozable
Total	1454 Km.	

Cuadro N°1. Acceso desde Lima hacia el “Proyecto Josefa”

1.2 OBJETIVOS

- Describir el complejo dómico en el ambiente volcánico del Grupo Tacaza y el Grupo Sillapaca. Tipificar su relación con la secuencia sedimentaria del Grupo Yura.
- Caracterizar la dispersión y distribución geoquímica primaria del Au, así como su comportamiento en ambientes dómicos riolíticos.
- Relación genética de las brechas del Complejo Dómico Josefa con el potencial aurífero.
- Identificar y evaluar el potencial Geológico-Minero del Complejo Dómico Josefa.

1.3 HIPÓTESIS Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Las características de la dispersión y distribución geoquímica del Au en la superficie de los domos, es la base para resolver las siguientes interrogantes: ¿Qué patrones de dispersión podemos encontrar?, ¿Cuáles son las anomalías y principales asociaciones geoquímicas entre

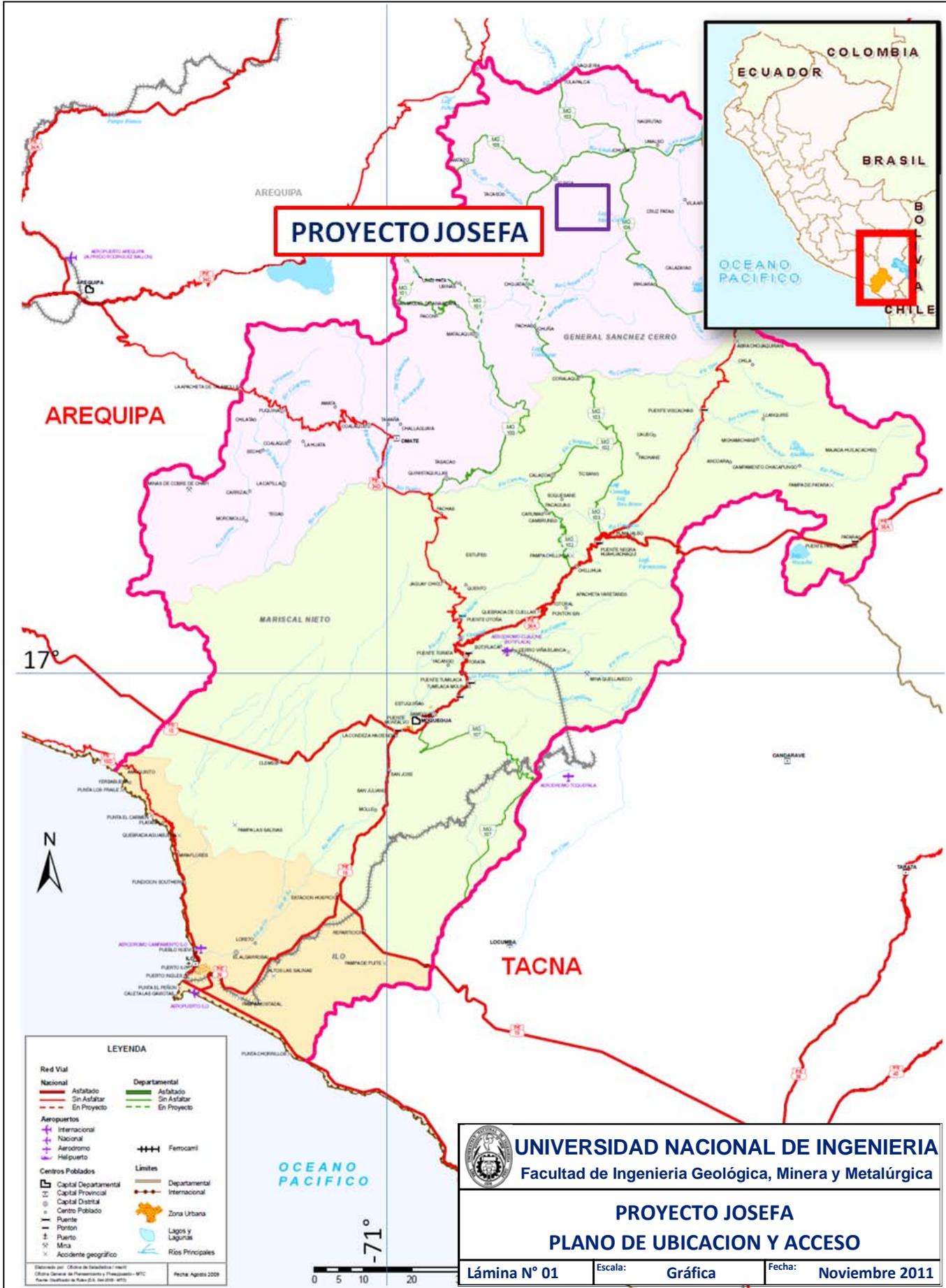
el Au y otros elementos traza? Por otro lado, será de ayuda para proponer y comprobar una metodología adecuada en la determinación de asociaciones geoquímicas mediante el uso del análisis de componentes principales, además de poder acercarnos a lo que se encuentra por debajo de los afloramientos.

Todo esto contribuye con nuevos conocimientos acerca del comportamiento geoquímico del Au y su presencia en ambientes dómicos riolíticos asociado a brechas hidrotermales.

1.4 METODOLOGIA DE TRABAJO DE CAMPO

El trabajo se inicia con la información recopilada de la geología, mineralización y alteración de la zona realizada en los años 2007 y 2010. Esta data fue analizada e interpretada y se detalla más adelante.

Se procedió con el muestreo apropiado de estructuras principales y secundarias, así como los afloramientos dómicos y las principales brechas hidrotermales, para luego ser analizados junto con la data histórica. Finalmente se levantó columnas estratigráficas para determinar la evolución volcánica del complejo y se tomó muestras de rocas para identificar los minerales de alteración hidrotermal utilizando el PIMA-Terraspec.



CAPITULO II

GENERALIDADES

2.1 GEOMORFOLOGIA, CLIMA Y VEGETACION

2.1.1 Geomorfología Regional.

Las diferentes formas de la Tierra se agrupan en conjuntos morfológicos sencillos muy generales, como son laderas empinadas, relieves montañosos, valles, etc. La descripción geomorfológica incide en los aspectos externos (pendiente, magnitud del relieve, disección, rugosidad, etc.) que suelen ser determinantes para las particularidades del Proyecto o cualquier otro.

De acuerdo a la clasificación de pendientes del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), basado en el *Soil Survey Manual* (1981) de los Estados Unidos de Norteamérica, el Proyecto cuenta con pendientes que se encuentran entre Plana a Ligeramente Inclinada y Empinada.

Pendientes		
Término descriptivo	Rango (%)	Símbolo
Plana a Ligeramente inclinada	0 – 4	A
Moderada a Fuertemente inclinada	4 – 15	B
Moderadamente empinada	15 – 25	C
Empinada	25 – 50	D
Muy empinada	50 – 75	E
Extremadamente empinada	+ 75	F

Cuadro N°2. Rangos de Pendientes del INRENA (Soil Survey Manual, 1981)

Las unidades fisiográficas que se identificaron en la zona del proyecto Josefa fueron:

2.1.1.1 Quebradas

Se ha decidido incluir en este tipo de unidad a todas las pequeñas quebradas tributarias y a los cauces de mayor importancia que se caracterizan por estar asociadas en su mayoría a las quebradas Corire, Agani y Señoritayoc - Sura que son las más importantes dentro del proyecto, recorriendo casi toda la zona central de las concesiones. Son de pendiente variable y pueden presentar formas con depresiones que condicionan la concentración de agua y escurrimiento superficial.

2.1.1.2 Fondo de Valle Aluvial

El fondo de valle aluvial está identificado en la parte central del área de estudio recorriendo las quebradas Señoritayoc – Sura y una parte de la

quebrada Corire, se caracteriza por ocupar el curso medio de los cauces y de régimen más irregular relacionada a la pluviosidad y crecidas de los ríos. Esto produce la sobre excavación y deposición de materiales menos trabajados.

2.1.1.3 Valle fluvioglacial

En la zona del Proyecto se revela vestigios de un desarrollado valle de origen glacial, que actualmente está originando un valle de origen fluvial cuya sección transversal en V se observa en la naciente de la quebrada Corire bordeando el cerro Josefa.

2.1.1.4 Laderas moderadamente empinadas a empinadas

Esta unidad agrupa la mayor extensión del relieve característico del ámbito de estudio. Se trata de fisonomías complejas debidas a diferentes procesos gravitacionales, tectónicos, volcánicos y fluviales, los mismos que en la actualidad siguen vigentes. Se caracterizan por una topografía variada, disectada por ríos y quebradas. Presenta un relieve abrupto con pendientes que van desde 15% a 50 %, con alturas que van de 4 300 a 4 900 m.s.n.m.

2.1.1.5 Ladera moderada a fuertemente inclinada

Esta unidad se encuentra en mayor extensión en la zona este y sureste del área de estudio. Estas áreas se caracterizan por una topografía

variada, es menos disectada por ríos y quebradas que la unidad anterior. Presenta un relieve ondulado con pendientes moderadas que van desde 4 a 15 %, con alturas de 4350 a 4700 m.s.n.m.

2.1.1.6 Ladera plana a ligeramente inclinada

Se caracteriza por tener un relieve plano con ligeras ondulaciones, donde las pendientes van de 0 a 4%, esta unidad la encontramos en la parte sur del área de estudio, donde hay presencia de bofedales y pequeñas lagunas entre ellas la laguna Matecocha.

2.1.1.7 Montaña alta empinada

Esta unidad está conformada por altas elevaciones, presenta un relieve pronunciado con pendientes que van de 25 – 50 % con alturas máximas de hasta 5 000 m.s.n.m. Estas formaciones las encontramos en la parte central del proyecto conformado por el cerro Josefa donde se proyecta las mayores labores mineras y el cerro Machuyoc.

2.1.1.8 Montaña alta moderadamente empinada

Presenta las mismas descripciones físicas del relieve de la unidad anterior a diferencia de que presenta una pendiente menos empinada que van de 15 a 25%, se encuentran en mayor proporción en la parte suroeste del proyecto donde se encuentra el cerro Pachacutec.



Fotografía N°1. Geomorfología Regional del área de estudio.

2.1.2 Clima

Los elementos utilizados en la evaluación del clima son los diversos elementos meteorológicos: temperatura, precipitación, evaporación, humedad relativa, velocidad y dirección de vientos, cuyos registros están a cargo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

2.1.2.1 Temperatura

Las temperaturas tienen pequeñas variaciones durante el año, con pronunciados cambios durante el día y la noche, sin embargo en invierno (Junio a Noviembre) las variaciones diarias son bastantes extremas. La temperatura promedio anual se estima en $10,83^{\circ}\text{C}$, ver siguiente tabla.

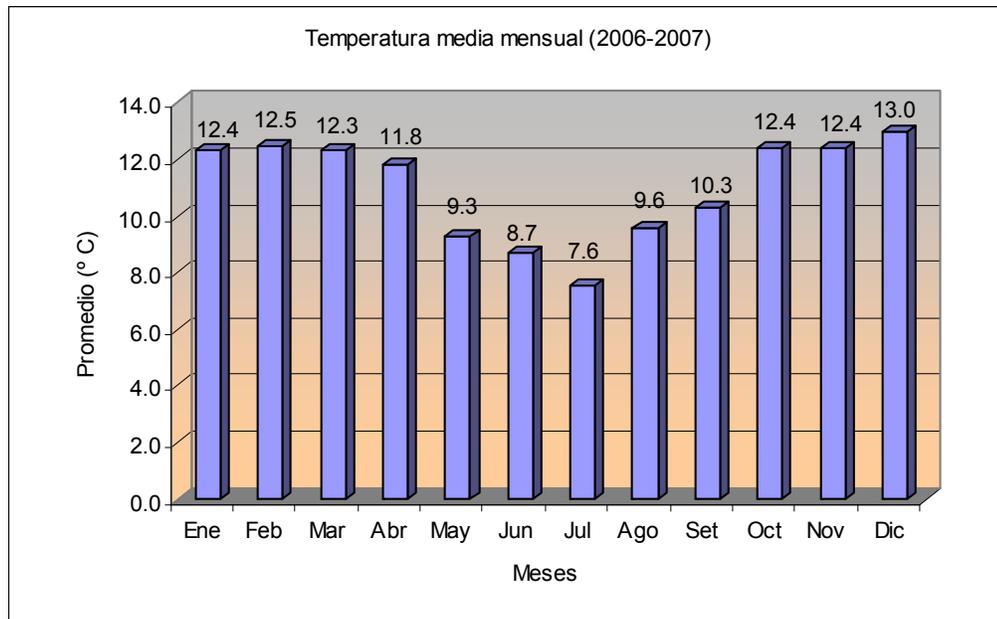


Grafico N°1. Variación de la Temperatura Media Mensual

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2006	11.6	12.4	12.6	11.6	8.8	7.9	7.4	9.4	9.8	12.3	12.9	13.3
2007	13.1	12.5	12.0	12.0	9.8	9.5	7.7	9.7	10.8	12.5	11.9	12.6

Cuadro N°3. Datos de la Temperatura Media Mensual

2.1.2.2 Precipitación y Evaporación

La precipitación ocurre en forma de lluvias, granizo o nevadas y se acentúa entre Enero y Marzo, siendo desde Mayo a Octubre el periodo en el que generalmente ocurren precipitaciones mínimas, o también llamadas tiempo de estiaje, siendo el promedio local de 515 mm/año.

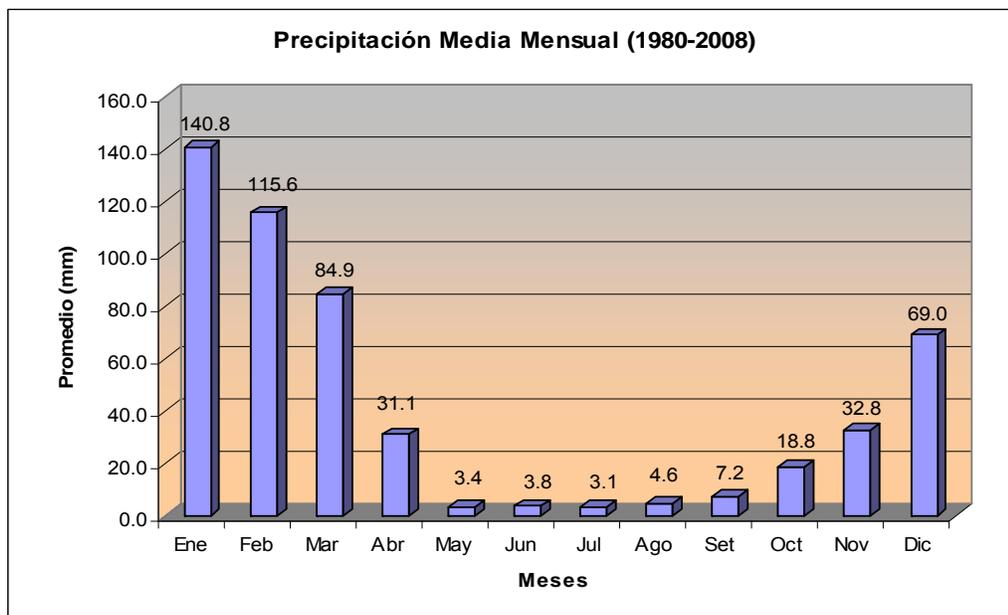


Grafico N°2. Variación de la Precipitación Media Mensual

En el gráfico N°2, se puede evaluar la tendencia estacional de las precipitaciones. Se observa que los picos de los meses con mayor precipitación están en enero, febrero y marzo, disminuyendo radicalmente en el mes de abril, llegando a tener una precipitación escasa desde mayo a octubre, reiniciando la temporada de lluvias en noviembre.

2.1.2.3 Dirección y Velocidad del viento

De acuerdo a los registros encontrados, el viento predominante en la zona de estudio es de W y SW con una velocidad promedio de viento que oscila entre 3m/s y 4m/s, que comparada con la escala equivalente de Beaufort representa una brisa leve.

Número Beaufort	Descripción	Vel. Equi. del Viento (m/s)
0	Calma	0 - 0.2
1	Ventolina	0.3 – 1.5
2	Brisa Suave	1.6 – 3.3
3	Brisa Leve	3.4 – 5.4
4	Brisa Moderada	5.5 – 7.9
5	Brisa Fresca	8.0 – 10.8
6	Brisa Fuerte	10.9 – 13.8
7	Viento Fuerte	13.9 – 16.9
8	Viento duro	17.0 – 20.5
9	Muy duro	20.6 – 24.1
10	Temporal	24.2 – 28.3

Cuadro N° 4. Escala Equivalente de Beaufort para Velocidades de Viento

2.1.3 Vegetación

Existe una amplia variedad de propuestas de clasificación que toman en cuenta parámetros climáticos, altitudinales, edáficos y de cobertura vegetal; sin embargo, para el presente análisis se ha utilizado de manera general la clasificación por formaciones vegetales propuesta por Ferreyra (1983), Weberbauer (1945), en lo que respecta a los niveles altitudinales por encima de los 1 000 msnm.

Unidad de Vegetación	Descripción	Relieve	Área según cobertura
Zona Rocosa de Alta Pendiente	Cadenas Montañosas con alta pendiente formando en las partes bajas terrazas semiplanas y con pendiente.	Relieve abrupto y empinado.	Caracterizada por ausencia de vegetación.

Pajonal de Puna	Terrazas semiplanas con pendiente moderada.	Relieve inclinado y con una pendiente moderada.	Presencia de vegetación moderada.
Césped de Puna	Terrazas semiplanas con pendiente moderada.	Relieve ondulado y con pendiente moderada.	Presencia de vegetación moderada.
Ribera de río	Quebradas de relieve abrupto o moderado.	Relieve abrupto o inclinado, con pendiente moderada.	Presencia de vegetación moderada.
Bofedal	Zonas bajas formadas por terrazas semiplanas.	Relieve ondulado y semiplano.	Presencia de alta cobertura de vegetación.

Cuadro N°5. Descripción de vegetales presentes en la zona de estudio

2.2 GEOLOGIA REGIONAL

2.2.1 MESOZOICO

2.2.1.1 Jurasico – Cretácico Inferior

Grupo Yura (Jki-yu).- Presenta una gruesa columna sedimentaria constituida por bancos de areniscas cuarzosas, areniscas, lutitas y calizas. Está distribuida de la siguiente manera: Hacia la base en una potente serie de sedimentos arrecifales; le sigue concordantemente una plataforma de rocas carbonatadas, la cual en la parte superior, presenta numerosas estructuras de distensión, las que ya evidencian un proceso de subsidencia de la corteza que da paso a depósitos pro-delta de la Formación Cachios; gradualmente sobreviene una progradación

deltaica, que corresponde a la Formación Labra y al tope sedimentos de compostura lacustre, correspondientes a la Formación Gramadal y por último en discordancia angular se presentan cuarcitas de la Formación Hualhuani (León, 1981 y Vicente et al, 1982).

Formación Murco.- JENKS (1948), fue el primero en describir esta secuencia donde dominan las lutitas rojas a verdosas de grano grueso. Sus afloramientos son suprayacentes sobre la Formación Hualhuani.

La formación presenta superficies cóncavas con una expresión fotogeológica pobre. La secuencia es predominantemente de lodolitas a limolitas con laminaciones lutíticas débiles, y con ondulaciones de corriente. Existe una aparente variación de potencia entre 250 y 450 m. Esto se interpreta como resultado de un engrosamiento tectónico local de las limolitas incompetentes debajo de las calizas relativamente competentes. (VICENTE, 1981).

2.2.2 CENOZOICO

2.2.2.1 Paleógeno

Grupo Puno (P-pu).- GERTHI (1915) describió por primera vez unas capas rojas de areniscas y conglomerados, los cuales afloran inmediatamente al NO de la ciudad de Puno. Luego CABRERA LA ROSA Y PETERSEN (1936) le da el nombre de Formación Puno, posteriormente estos sedimentos fueron mapeados ampliamente en la región de Altiplano por NEWELL (1949), quién dio a la unidad la categoría de Grupo. El Grupo Puno se depositó en facies continentales, durante el Cretáceo Superior y el Cenozoico-Paleógeno. El grupo puede incluir dos o más unidades de distinta edad. El grupo consiste de areniscas con conglomerados comunes, limolitas, calizas y horizontes de tufos.

Las areniscas en todo lugar son feldespáticas y usando el esquema de PETTIJOHN (1975), se le puede clasificar principalmente como arcosas, algunas sub_arcosas y pocas como wackas feldespáticas. Son generalmente de color rosado a pardo rojizo, bien clasificadas masivas a bien estratificadas y de tamaño variable.

El grupo tiene una expresión fotogeológica distintiva caracterizada por un tono pálido, donde los sedimentos presentan buzamiento abrupto y

no bandeamiento debido a la intercalación de capas con diferentes resistencias a la erosión.

2.2.2.2 Paleógeno – Neógeno

Grupo Tacaza

Formación Pichu (KTim-pi).- Esta formación está compuesta principalmente por rocas volcano-sedimentarias representada por una secuencia de rocas volcánicas andesíticas lávicas, tobas, brechas piroclásticas de bloques y cenizas volcánicas y una secuencia de tobas calcáreas. El Grupo Yura, sin contacto inferior visible y con una edad Jurásica a Cretácea, subyace en discordancia angular a la Formación Pichu perteneciente al Grupo Tacaza, que principalmente es de carácter volcánico-clástico continental, del Terciario inferior. Es reconocida en el Valle de Ichuña, aflora en los flancos del valle conglomerados gruesos y brechas conglomeráticas, intercalados con niveles de areniscas.

El Grupo Tacaza se extiende considerablemente hacia el Este, al ámbito de la Cordillera Oriental, y llega al lago Titicaca y Cusco. Hacia el Oeste llega a Arequipa, Moquegua (Vargas, 1970). Dataciones geocronológicas realizadas sobre el Grupo Tacaza, datadas por el método K / Ar, dan edades entre $21,6 \pm 0,8$ M.A. (Noble et al, 1974). Bellón y Lefevre (1977), reportan una edad K / Ar de $15,85 \pm 0,3$ M.A.,

sugiriendo un rango cronoestratigráfico comprendido entre el Eoceno a Mioceno inferior.

Formación Llallahui (Tms-vII).- El Volcánico Llallahui, cubre con leve discordancia angular a la formación Pichu. Hacia abajo en lo más antiguo y en discordancia angular, se observa una serie volcánico - sedimentaria perteneciente a la formación Maure, a la cual se le ha asignado una edad Miocénica. Sobre la serie inferior se depositaron gruesas acumulaciones de vulcanitas que en algunos casos exceden los 3,000 m. de espesor. Fueron descritas por Newell (1949), bajo el nombre de Grupo Tacaza (Volcanicos Llallahui), comprenden lavas andesíticas, tobas dacíticas, ignimbritas, conglomerados tobáceos y una secuencia lacustrina (Dávila D., 1988).

2.2.2.2 Mioceno Superior – Pleistoceno

Grupo Barroso

Volcánicos Barroso (TQ-vba).- Definido por Mendivil S. (1965), como una cadena de conos volcánicos ubicados en la cordillera del Barroso. Los conos más antiguos corresponden a aparatos completamente erosionados que no muestran morfología alguna de volcanes. Otros como los arcos volcánicos son menos erosionados pero muestran trazas

profundas de erosión glacial. Los volcanes más recientes se alinean sobre un eje NO-SE, a lo largo de 500 Km. de longitud.

Su morfología en general está intacta y algunos muestran cráteres enormes de más de 1 Km. de diámetro y otros de diámetro pequeño. El Grupo Barroso está formado por una alternancia de derrames y piroclastos. Los mantos de lavas son andesitas a traquiandesitas; las andesitas, especialmente las de grano fino, ofrecen una estructura subesquistosa bien marcada cuando se encuentran en estratos horizontales o con muy poca inclinación.

Las brechas de flujo en estratos delgados se intercalan entre derrames de lavas. Los elementos de las brechas son andesíticos, subangulares, de tamaños variables en una matriz andesítica de grano fino a medio. La mayor edad geocronológica reportada para el Grupo Barroso fue realizada en una traquita, dando una edad relativa de $9,5 \pm 0,6$ M.A. De acuerdo a estas edades (7,2 a 0,7 M.A.), y a sus relaciones de campo, al volcánico Barroso antiguo se le asigna un rango del Mioceno Superior a Pleistoceno.

Depósitos Morrénicos (Q-mo).- Resultado de la glaciación Pleistocénica en forma de cresta o depósitos alargados e inconsolidados fragmentos angulosos, subangulosas arenas y limos de extensión más reducida y localizados en la proximidad de los glaciares actuales. Estos

depósitos presentan una morfología de relieve suave de colinas y lomadas de material heterogéneo producto de la actividad glaciar Pleistocénica y glaciaciones recientes.

Depósitos Aluviales (Q-al).- Son acumulaciones clásticas recientes, que se encuentran ampliamente distribuidos en las Pampas Josefa, están conformadas por material volcánico subanguloso y redondeado dentro de una matriz fina que se ha depositado en pequeñas cuencas. Estos depósitos se definen como material reciente constituido por clastos redondeados y angulosos que se acumulan en los taludes adyacentes a los macizos rocosos o en el curso de los ríos siendo retrabajados por el curso de las aguas actuales.

2.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL

Las estructuras del área de estudio están relacionadas generalmente con los movimientos tectónicos del Ciclo Andino, diferenciándose según la magnitud y naturaleza de las deformaciones que han sufrido las rocas en pliegues, fallas y diaclasas. Regionalmente se ha dividido el área de estudio como una zona realmente muy deformada, presenta registros de las fases tectónicas Peruana e Inca en las rocas del Mesozoico y las fases tectónicas Quechua en las rocas del Cenozoico.

Los movimientos tectónicos ocurridos durante el Mioceno en el sistema de fallas Chonta tienen importancia con la mineralización, es así que a partir del Mioceno superior se resume dos eventos:

- a) **Mioceno Superior – Plioceno Inferior (10.4 Ma.- 3.7 Ma.)** en el cual los movimientos son sinestrales originando zonas romboédricas y tensionales que son propicias para el emplazamiento de magmatismo, circulación de fluidos y mineralización aurífera y polimetálica.

- b) **Plioceno Superior – Actual (3.7 Ma.- 0 Ma.)** aquí los movimientos son dextrales cerrando los sistemas tensionales, por lo tanto, aquí no existe manifestación de magmatismo ni mineralización.

La franja metalogenética de yacimientos epitermales de Au-Ag del Oligoceno-Plioceno, donde se encuentra el complejo dómico Josefa, tiene por control estructural las fallas NO-SE de los Sistemas Chonta, Incapuquio, Caylloma-Condorama, Cuzco-Lagunillas-Mañazo y Uros-Sicuani-Ayaviri (INGEMMET, 2007).

En el Contexto Regional, el Complejo Dómico Josefa se encuentra controlado principalmente por: Fallas NO-SE, gravitatorias hacia el sur. Las Fallas NE-SO, presentan un control secundario en el emplazamiento de intrusivos y por lo general, también son gravitatorias hacia el sur. Las secuencias sedimentarias de edad Jurasico-Cretáceo presentan plegamientos con esfuerzos de dirección NE-SO, con ejes axiales NO-SE cortadas por fallas perpendiculares al eje axial.

En el Contexto Distrital, la zona presenta un plegamiento marcado en las secuencias pelíticas-calcareas del Grupo Yura, los ejes axiales presentan una tendencia NO-SE y el plegamiento distrital se encuentra desplazado por fallas de dirección ONO-ESE, con movimientos sinestrales, aunque también presentan un componente dextral; pero lo que se ve en estos momentos son movimientos sinestrales en estas fallas gravitatorias hacia el sur. El sistema de fallas NE-SO presentan un control de segundo orden en el emplazamiento de los domos.

2.4 ASPECTOS METALOGENETICOS

El Complejo Dómico Josefa de edad Miocénica, pertenece a las rocas del Grupo Tacaza (Volcánicos Llallahui). Este complejo se encuentra ubicado en la *Franja de epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno*, distribuida ampliamente en gran parte de la Cordillera Occidental del territorio peruano. La mineralización Au-Ag está relacionada al arco volcánico Mio-Plioceno. Presenta un control estructural NO-SE de los sistemas Chonta, Condorama-Caylloma y Cincha-Lluta, así como fallas E-O de carácter local. Presenta como yacimientos representativos del Perú Meridional: Antapite, Selene, Arcata, Ares, Chipmo, Paula, Shila, Arasi, Santa Bárbara, Tucari, Santa Rosa y Pucamarca; se hospedan principalmente en rocas del Paleoceno a Pliocenas y la edad de mineralización va desde 31 Ma a 2 Ma.

Los tipos de depósito que se presentan en esta franja son epitermales de alta sulfuración a excepción de Arcata (Ag-Au) y Recuperada (Pb-Zn-Ag) que son de sulfuración intermedia de 5.4 Ma. y 6.4 Ma. respectivamente.

Dentro del Contexto Regional, el Complejo Dómico Josefa se encuentra en el Lineamiento NO-SE, Josefa–Aruntani–Mazo Cruz, con posibilidades en mineralización Au-Cu. Este lineamiento favorece un ambiente estructural permeable que aumenta las posibilidades de mineralización. En el lineamiento Chapi-Chucapaca-San Antonio de

Esquilache, el Complejo Dómico Josefa se encuentra bordeado por mineralización en Pb-Cu-Ag, del distrito minero de San Antonio de Esquilache desarrollada en la época colonial del Perú. Hacia el SO del Complejo Dómico, se encuentra mineralización de Pb-Ag-Zn-Cu, en la zona de Virgen de Chapi, ambas zona con evidencias de ambientes de baja y alta sulfuración. La mineralización aurífera formada en el primer evento Mioceno Superior – Plioceno Inferior (10.4 Ma.- 3.7 Ma.) se distribuye en dos sectores:

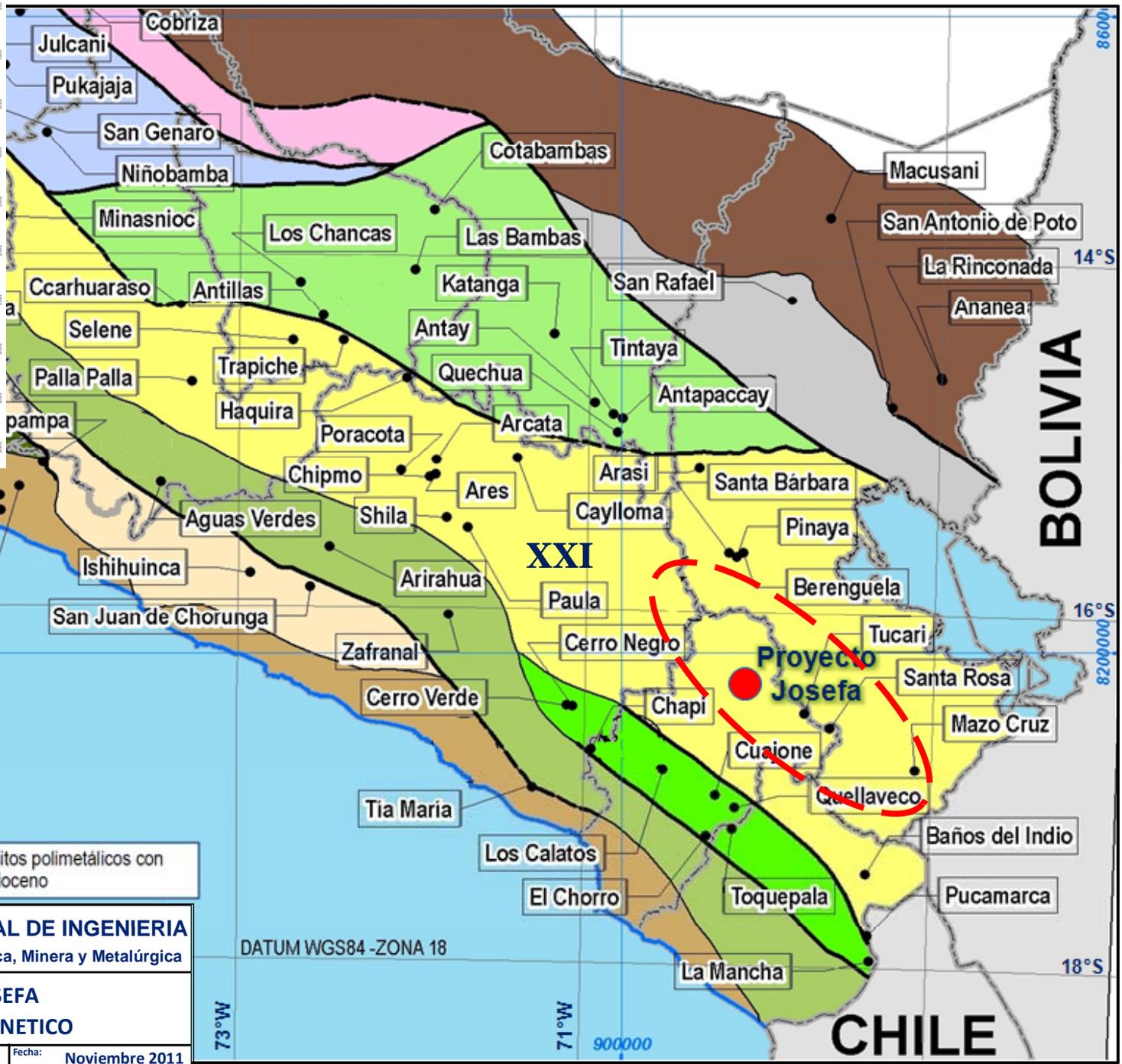
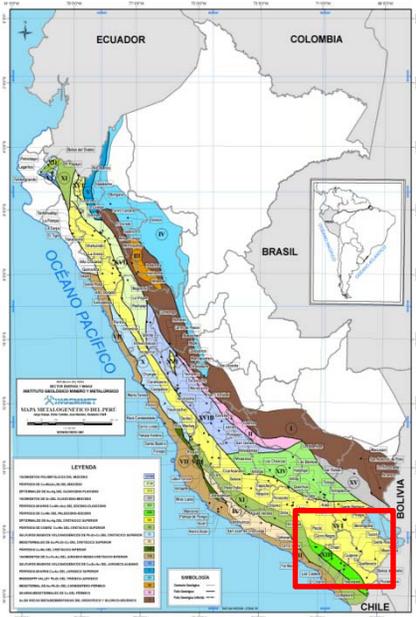
La primera y más importante es donde se ubican los yacimientos de Corihuarmi y Picomachay, los cuales se encuentran en una estructura romboédrica de los sistemas de fallas Chonta. Picomachay se emplazó en rocas volcánicas dacíticas, asociados a elementos volátiles Sb, Hg.

La segunda conformada por zonas de tensión entre el sistema de fallas Chonta y la falla Huachocolpa-Huancavelica donde se emplazan los yacimientos de Huamanraso, Arcopunco y Terciopelo.

El Pb-Zn-Cu se presenta en profundidad asociados a rocas volcánicas andesíticas. Aquí se evidencian más de una fase de mineralización y un control tanto estructural como litológico presente en la franja metalogénica.

En el extremo sur los depósitos Tucari y Santa Rosa (Distrito minero Aruntani) se encuentran en la proyección sur del sistema de fallas Condorama-Caylloma y su intersección de sistemas de fallas E-O, en los cuales se emplazan domos félsicos y lavas traquiandesíticas de 8-6 Ma. La alteración hidrotermal está relacionado a intrusivos de domos dacíticos (7-4 Ma.), contemporáneamente se han emplazado los depósitos de Mazo Cruz, Baños del Indio, Huilacollo, así como el último descubrimiento en el cerro Chucapaca en Moquegua.

La mineralización en los depósitos de Santa Rosa esta hospedada en domos félsicos, intrusivos dacíticos y flujos traquiandesíticos, con alteración característica de centro masivo silíceo y de cuarzo poroso y un halo de cuarzo-alunita. Los sulfuros incluyen pirita y enargita. El Au puede haber sido depositado por soluciones que migran por las brechas crackel, canalizado por la permeabilidad asociada al cuarzo poroso y cuerpos de brechas hidrotermales.




UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

PROYECTO JOSEFA
MAPA METALOGENETICO

Lámina N° 02 Escala: Gráfica Fecha: Noviembre 2011

CAPITULO III

GEOLOGIA LOCAL

3.1 GEOMORFOLOGIA

En base a las descripciones de características actuales del relieve topográfico (resultado de procesos de meteorización, clima, erosión y transporte, estructura geológica, litología), se han determinado las siguientes unidades geomorfológicas:

3.1.1 Quebradas

Los principales ríos y quebradas observados en el área de estudio son: Agani, Corire, Cacahuarayoc y Condorsayana que son afluentes de la quebrada Itapallone, Huiya Tauco y Paco Ccahua que son afluentes de la quebrada Huanacamaya y el río Jucumayo.

El curso de las aguas sigue una dirección Norte y Noreste. A su vez estos ríos presentan, a lo largo de su recorrido, numerosos sistemas de drenaje que, de acuerdo a su litología, tienen patrones característicos en los que se observan profundos y estrechos valles transversales que

cortan las unidades rocosas, evidenciando que toda esta franja de estudio ha estado en continuo levantamiento.



Fotografía N° 02. Vista panorámica de las quebradas próximas al proyecto.

3.1.2 Laderas

En esta área, descubrimos una configuración morfológica de alineamientos que son la prolongación inferior de la altiplanicie y de las cadenas montañosas. Está compuesta por depósitos aluviales y fluvioglaciales, suelo residual y afloramientos de rocas aisladas como flujos, flujos lávicos, piroclastos y cenizas volcánicas.



Fotografía N° 03. Laderas compuestas por depósitos aluviales.

3.1.3 Altiplanicies

La zona está conformada principalmente por pampas vinculadas, de cierto modo, con algunos conos volcánicos y son las que constituyen grandes altiplanicies de lavas y piroclásticos, en las que hay pocos cursos de agua y siempre de carácter temporal. Las pampas principales son las de Josefa, las que corresponden a un sistema hidromórfico formado por una secuencia de pequeñas lagunas con acumulaciones de materiales lacustre, aluvial y depósitos volcánicos; que además tiene una suave inclinación hacia el sur del proyecto.



Fotografía N° 04. Panorama de la altiplanicie

3.1.4 Montañas

Esta unidad geomorfológica está conformada por franjas montañosas cuyas cumbres forman colinas onduladas, tienen un nivel de terreno elevado de bordes suaves que fueron formados y modelados por tectonismo, vulcanismo, plegamientos, fallas y por erosión de otros

accidentes geográficos. En algunas zonas las montañas están conformadas por conos volcánicos.



Fotografía N° 05. Montañas cuyas cumbres forman colinas onduladas

3.1.5 Conos Volcánicos

Unidades geomorfológicas que se encuentran emplazadas muy próximas a las áreas del proyecto, con una dirección general SSO – NNE.

Están formados por aparatos volcánicos que evidencian un vulcanismo reciente como por ejemplo la cadena de cerros Machuyoc y Cuilpalca, así también los cerros Antajava, Josefa, Cacahuarayoc, Misti Sillani y Huiya que presentan secuencias volcánicas constituidas por flujos lávicos, piroclastos y cenizas volcánicas. Esto hace que toda esta franja presente un relieve agreste donde las altitudes van de los 4, 800 msnm hasta los 5, 050 msnm.

3.2 ESTRATIGRAFIA

Localmente las rocas más antiguas del área del proyecto Josefa corresponden a litologías asimiladas al Grupo Yura, el que expone una gruesa columna sedimentaria constituida por bancos de areniscas cuarzosas, arenisca, lutitas y calizas. La arenisca cuarzosa es la roca más abundante y se ubican al tope de la secuencias. Hacia el piso presenta calizas de color negra, fosilíferas. En discordancia angular y cortante a la estratigrafía del Yura, se ha desarrollado un grupo de domos y flujos piroclásticos (dacitas a riodacitas) asignadas al Grupo Tacaza y Sillapaca.

3.2.1 MESOZOICO

3.2.1.1 Jurasico – Cretácico Inferior

Grupo Yura (JKi-yu)

Formación Gramadal.- Conformada por una secuencia de calizas mudstone a grainstone con intercalaciones de lutitas y areniscas sedimentarias en niveles delgados, haciendo en total una potencia de 200 m a 300 m. Infrayace a la Formación Hualhuani en discordancia angular.

Formación Hualhuani.- Subyace en discordancia angular la secuencia sedimentaria de la Formación Murco. Se compone de areniscas

cuarzosas de grano fino a medio, de color blanco a gris claro y marrón claro con menor cantidad de limolitas rojas, algunas areniscas feldespáticas; marrón rojizo de grano fino a medio y capas conglomerádicas con clastos de vena de cuarzo hasta de 2 cm.

La expresión fotogeológica es usualmente fuerte ya que sus afloramientos son escarpados siendo los tonos blancos, más comunes. La estratificación es difícil de distinguir donde las areniscas son masivas. Distritalmente la potencia varía entre 100 a 500 m.

3.2.1.2 Cretácico Inferior

Formación Murco.- Las rocas expuestas conformadas por una secuencia de lutitas rojizas a verdosas gruesas con óxidos de fierro en su mayoría hematitas con paquetes de areniscas al techo de la formación.

3.2.2 CENOZOICO

3.2.2.1 Paleógeno Superior – Neógeno

Grupo Tacaza

Formación Pichu (PsN-pi).- Esta formación suprayace en discordancia angular a la Formación Murco y está compuesta principalmente por una secuencia de rocas andesíticas lávicas, tobas, brechas, piroclastos de bloques y cenizas, secuencia de tobas calcáreas.

3.2.2.2 Mioceno

Grupo Sillapaca

Volcánicos.- En el área del proyecto Josefa el grupo Sillapaca está conformado principalmente por domos riodacíticos, brechas heterolíticas y autobrechas, una secuencia andesítica lávica, tobas, piroclastos de bloque, cenizas y una secuencia de tobas lacustres. Estos volcánicos subyacen en discordancia erosional a los depósitos Cuaternarios recientes.

3.2.2.3 Holoceno

Depósitos Cuaternarios.- Conformado por morrenas como resultado de la glaciación Pleistocénica. Son depósitos alargados e inconsolidados de fragmentos angulosos, subangulosos arenas y limos. También se

aprecian depósitos aluviales producto de acumulaciones de material volcánico subanguloso y redondeado dentro de una matriz fina que se ha depositado en pequeñas cuencas adyacentes a los macizos rocosos o en el curso de los ríos siendo re TRABAJADOS por el curso de las aguas actuales.

Era	Sistema	Serie	Unidad Estratigráfica	Litología	Descripción
CENOZOICO	NEOGENO	Holoceno	Depósitos Aluviales ك ك ك ك ك	<i>Depósitos de materiales volcánicos subangulosos y redondeado dentro de una matriz fina, arenas y limos.</i>
			Depósitos Morrénicos ك ك ك ك ك	
	PALEOGENO	Mioceno	Formación Sillapaca	<i>Domos riódacíticos, brechas heterolíticas – diatremas, autobrechas, secuencia de andesítica lávica, tobas, brechas, piroclastos de bloque y cenizas, secuencia de tobas lacustre,</i>
				
Oligoceno	Gpo. Tacaza	Fm. Pichu	V V V V V V V V V V V V V V V V V V V V	<i>Andesíticas lávicas, tobas, brechas, piroclastos de bloques y cenizas, secuencia de tobas calcáreas</i>	
MESOZOICO	CRETACICO	Inferior	Fm. Murco	<i>Areniscas y lutitas rojizas a verdosas gruesas con hematitas (óxidos de fierro)</i>
			Grupo Yura	Fm. Hualhuani
	JURASICO	Superior		Fm. Gramadal

Gráfico N°4. Columna Estratigráfica Local Modificada (INGEMMET, 1995)

3.2.3 Magmatismo (Domos – Lavas)

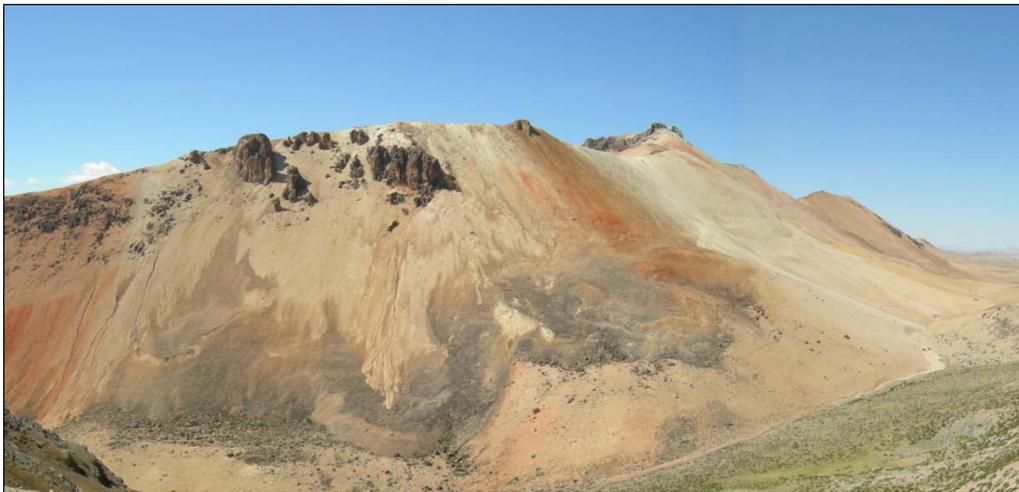
Grupo Sillapaca (16.2 – 13.5 Ma): El término deriva de la Cordillera Sillapaca al NO del cuadrángulo de Lagunillas. La secuencia está dominada por lavas formando riscos, principalmente de composición riodacítica a traquiandesítica y alcalinas de Condorama y Ocuvi, Callalli y Lagunillas y en pequeños afloramientos aislados en el cuadrángulo de llave. Principalmente se muestran como cordilleras cubiertas de nieve con picos por encima de los 5 000 msnm, siendo característicamente peñascos como resultado de la presión de congelamiento del agua en las grietas de las rocas. Se divide así en dos fases:

Fase Volcanoclástica, son rocas piroclásticas aflorantes al NE del Complejo Dómico y están suprayaciendo a la fase efusiva. Están compuestas por un depósito de bloques y cenizas pobremente seleccionados.

Fase Efusiva, es cuando ocurre el emplazamiento de los domos coalescentes, luego se produce el emplazamiento de brechas singenéticas propias de la evolución hidro-magmática. Se genera el hidrotermalismo propiamente dicho, generando alteraciones tipo epitermal de alta sulfuración, sigue el emplazamiento de brechas de

matriz riolíticos por los centros dómicos y finaliza el evento con brechas freáticas con anomalías auríferas.

Representa la mayor área de afloramiento en el Complejo Dómico, está compuesto de domos-lavas y probablemente muestra, por lo menos, dos centros dómicos. Ambos centros se presentan brechados, de clastos sub-angulosos de riolita en una matriz riolítica porfirítica de fenocristales muy finos y de composición rica en sílice. La brecha presenta clastos de vuggy, clastos de brecha, por lo tanto el proceso hidrotermal en los centros ha sido muy activo.



Fotografía N° 06. Afloramientos volcánicos del Grupo Sillapaca

Los posibles centros dómicos se encuentran cortados por brechas de anchos variables de 0.4-1.2 m, con clastos angulosos riolíticos, presentan lixiviación débil de feldespatos, la matriz es polvo de roca con rellenos de hematita+jaspe, las estructuras en campo con mayor

continuidad han dado valores muy interesantes en Au; también las cortan brechas de clastos riolíticos con moderada presencia de vuggy, la matriz es de composición riolítica porfirítica silíceo; tanto en los clastos y en la matriz. Los cristales de feldespatos presentan una débil argilización y/o argilización avanzada.

3.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

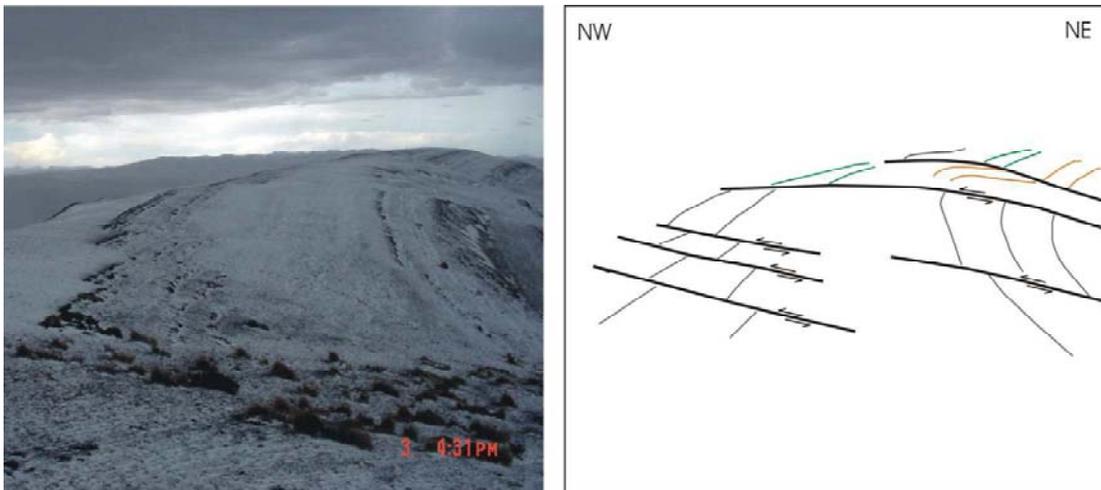
La deformación tectónica más antigua e importante que afectó a los depósitos sedimentarios, corresponde a la Fase Peruana-Inca, la misma que dio origen a estructuras plegadas formando anticlinales y sinclinales de dirección NW-SE y fallas transversales NE-SW. La actividad volcánica efusiva del Complejo Dómico Josefa, al parecer, obedece a una estructura fisural relacionado a fallas andinas, ocurridas durante el Terciario medio, paralelos a los ejes de los pliegues.

El Contexto Estructural en el Complejo Dómico Josefa presenta un sistema de fallas reactivadas principales con rumbo promedio N25°E, de movimiento compuesto, dextral e inversa, asociado a las fallas/fracturas tensionales de rumbo promedio N75°W, este sistema las representa las estructuras polimetálicas al NE del área en mención.

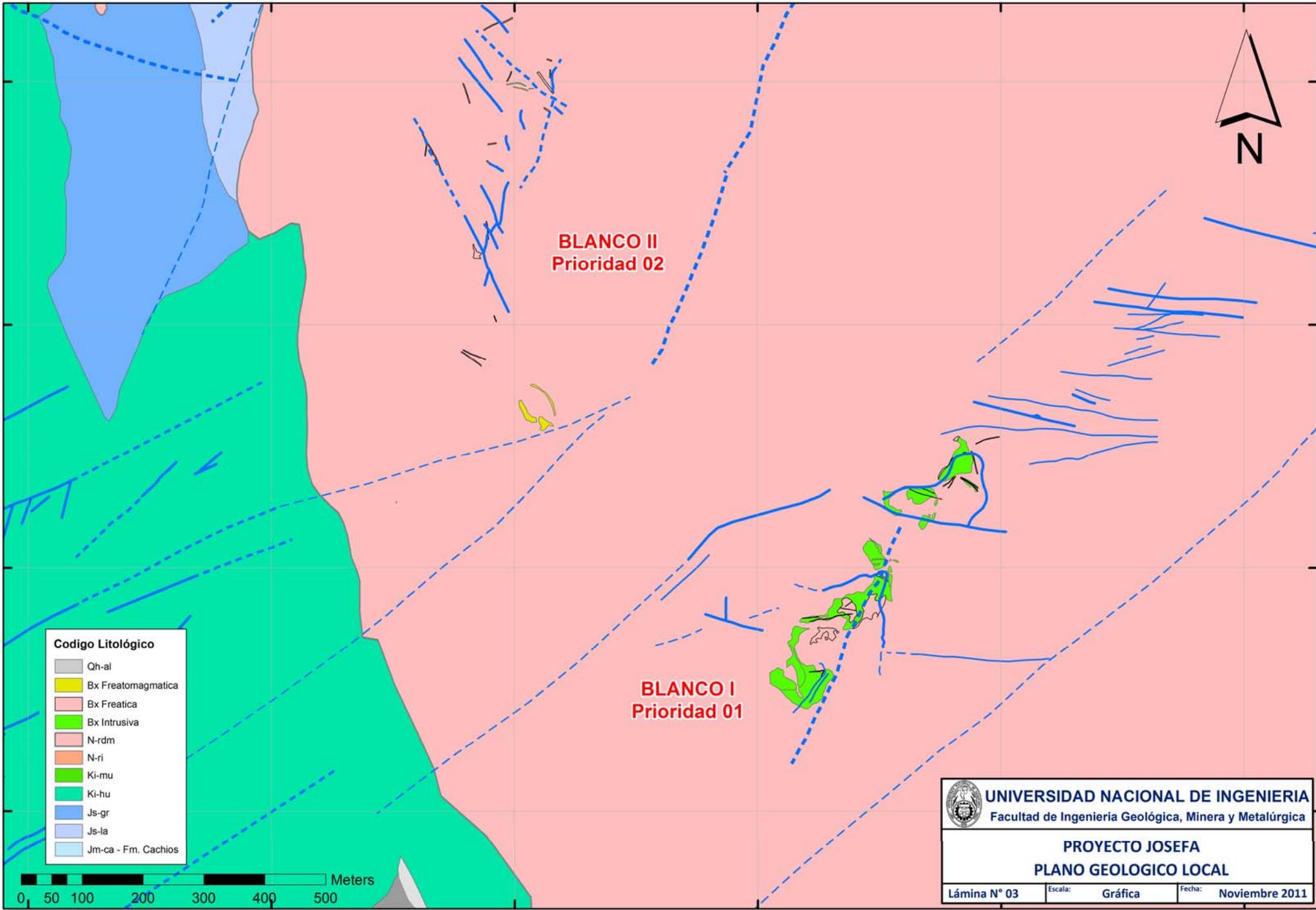
En la zona de los centros volcánicos, se aprecia zonas abiertas, probablemente fallas con un componente de extensión, cristales con

textura tipo peine (cristales intercrecidos de afuera hacia adentro), demuestran esta posibilidad, así mismo, no se observó un componente de cizalla.

Al NE del Complejo Volcánico Josefa afloran brechas freatomagmáticas en una matriz intrusiva, estas estructuras han aprovechado las fallas principales de tensión y especialmente el contacto entre el domo riolítico y las rocas pelíticas del Yura para su ingreso. No presentan valores geoquímicos de interés, sin embargo, señala un control de borde del Complejo Dómico Josefa.



Fotografía N° 07. Fallamiento producto del fuerte plegamiento.



3.4 ALTERACION Y MINERALIZACION

En el Complejo Dómico Josefa se ha recolectado muestras sistemáticas para ser analizado por **PIMA-TERRASPEC**, las lecturas determinan presencia de alunita±caolinita±silice-dickita (alteración argílica avanzada) en los probables centros dómicos del complejo.

El Cerro Josefa también presenta concentraciones de sílice residual (probable silicificación del complejo), la asociación caolinita±illita±esmectita (posible alteración argílica intermedia) está presente en gran parte del Complejo Dómico y solo la asociación caolinita-silice-dickita (alteración argílica) se encuentra cerca al borde Norte del Complejo Dómico.

Los análisis geoquímicos de las muestras especiales tomadas en el Complejo Dómico Josefa en su mayoría no han determinado centros con anomalías significativas en Au, solo cuatro muestras tomadas en una estructura de ancho variable 0.4-1.2 m, NE-SW, aflora en forma discontinua 300 m y con Au > 1g/t Au, es la mejor expresión de un posible "**bleeder**", que son las partes superiores de las estructuras, con posibilidades de mineralización a profundidad. En los afloramientos se observa que a profundidad aumenta la posibilidad del incremento de estructuras *vuggy* sílica, la estructura probablemente profundice y es ahí

donde se puede direccionar un sondaje para poder conocer si la posible mineralización quedo atrapada o no en las estructuras silíceas.

3.4.1.1 Ensamble de Alteración Hidrotermal

El Complejo Dómico Josefa mantiene una presencia en su zona central media de una alteración de sílice residual (*vuggy sílica*), envuelta en una alteración argílica avanzada, arrastrando condiciones de menor temperatura hacia una alteración argílica y en el borde presenta zonas oxidadas.

En total 388 muestras de superficie fueron analizadas en un estudio mineragráfico por Terraspec. Resultando los siguientes ensambles descritos a continuación:

Alteración Silícea

Los datos con el Terraspec registran ensamble de minerales de alteración como sílice+caolinita±alunita. Se presenta generalmente en la primera etapa de la formación de un sistema de alta sulfuración. Se caracteriza por la interacción de fluidos hidrotermales ácidos, pH = 1 - 2, con la roca caja. Así tenemos las siguientes texturas:

- **Sílice Vuggy:** Se forma dentro del nivel freático por condensación de SO₂ con pH<2. Esta sílice se obtiene debido a la lixiviación de los componentes primarios de las rocas (feldespatos).

- **Sílice Masiva:** En rocas permeables que tiene la capacidad de almacenar agua, por la mezcla de fluidos hidrotermales en pH bajo. Además por procesos de lixiviación y reemplazamientos de sílice.
- **Sílice Opalina:** Aparece como fluidizaciones hidrotermales asociados a sílice masiva. Ocurre a temperaturas bajas y representa las zonas altas del sistema.

Alteración Argílica Avanzada

Se forma alrededor de la alteración silíceo, manifestando ensambles de alunita (K) / kaolinita+sílice (dickita, illita). El pH en que se forman varía de 1 – 3.5.

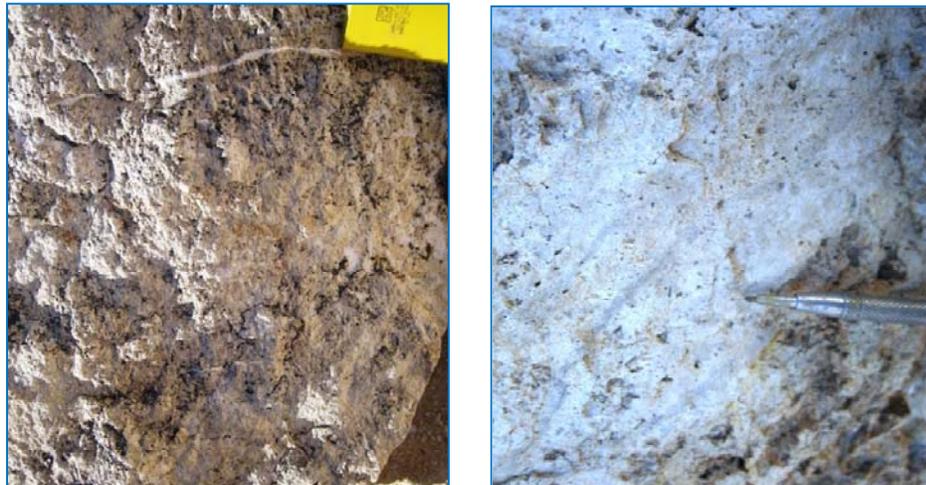


Foto N° 8 y N° 9. Texturas de una alteración argílica avanzada y una vuggy sílica con venillas de sílice opalina respectivamente.

Alteración Argílica

Varía en dos rangos de pH de acuerdo a los ensambles que presente. En las arcillas como: caolinita, dickita, halloysita, el pH varía de 4 – 5; en las arcillas como: illita, esmectita, illita + esmectita, montmorillonita, el pH varía de 4.5 – 6. Es la alteración por defecto en superficie. Presenta el ensamble illita-caolinita-esmectita (montmorillonita, caolinita, dickita).

Posterior al sistema hidromagmático que genera el emplazamiento del complejo dómico Josefa, toma lugar el sistema hidrotermal, produciendo en las rocas volcánicas halos de alteraciones hidrotermales como sílice residual, argílica y argílica avanzada, propia de un sistema epitermal de alta sulfuración.

La presencia de brechas freáticas y freatomagmáticas en dicho complejo se presentan cortando alteraciones de sílice residual y argílica avanzada (tufisitas auríferas), las que presentan valores anómalos en Au y es base de nuestro estudio.

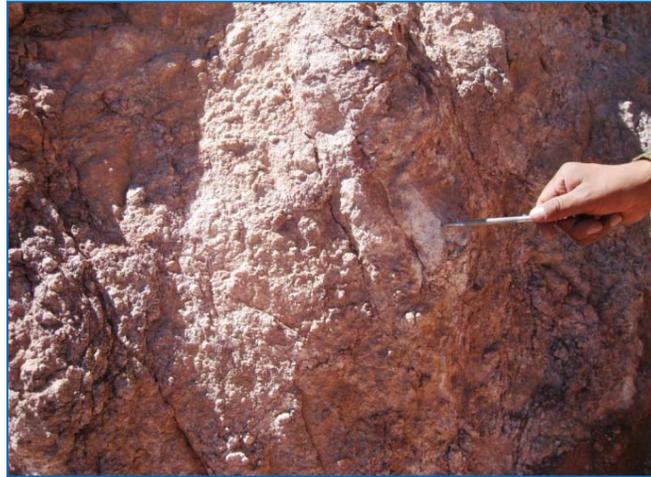


Foto N° 10. Textura de roca con presencia de Alteración Argílica.

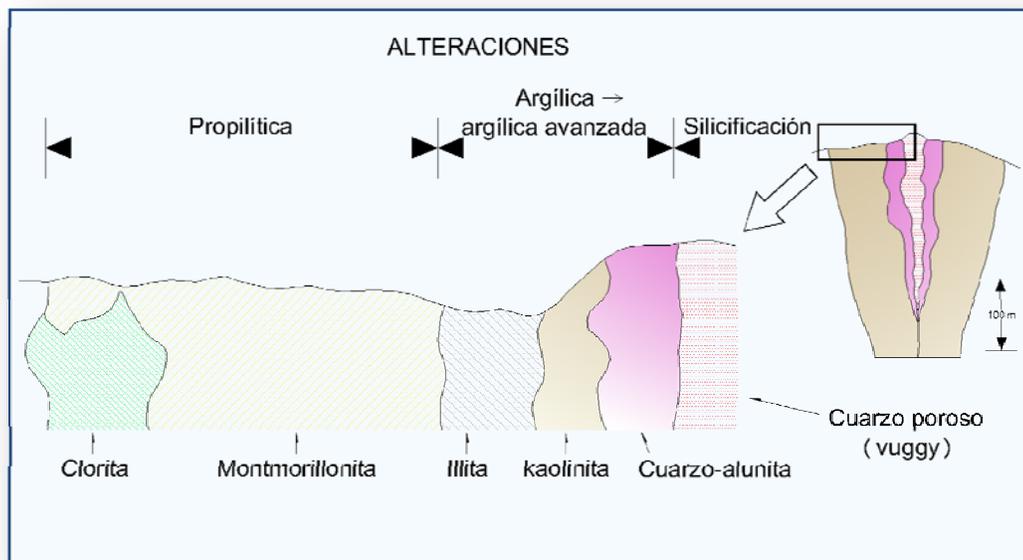
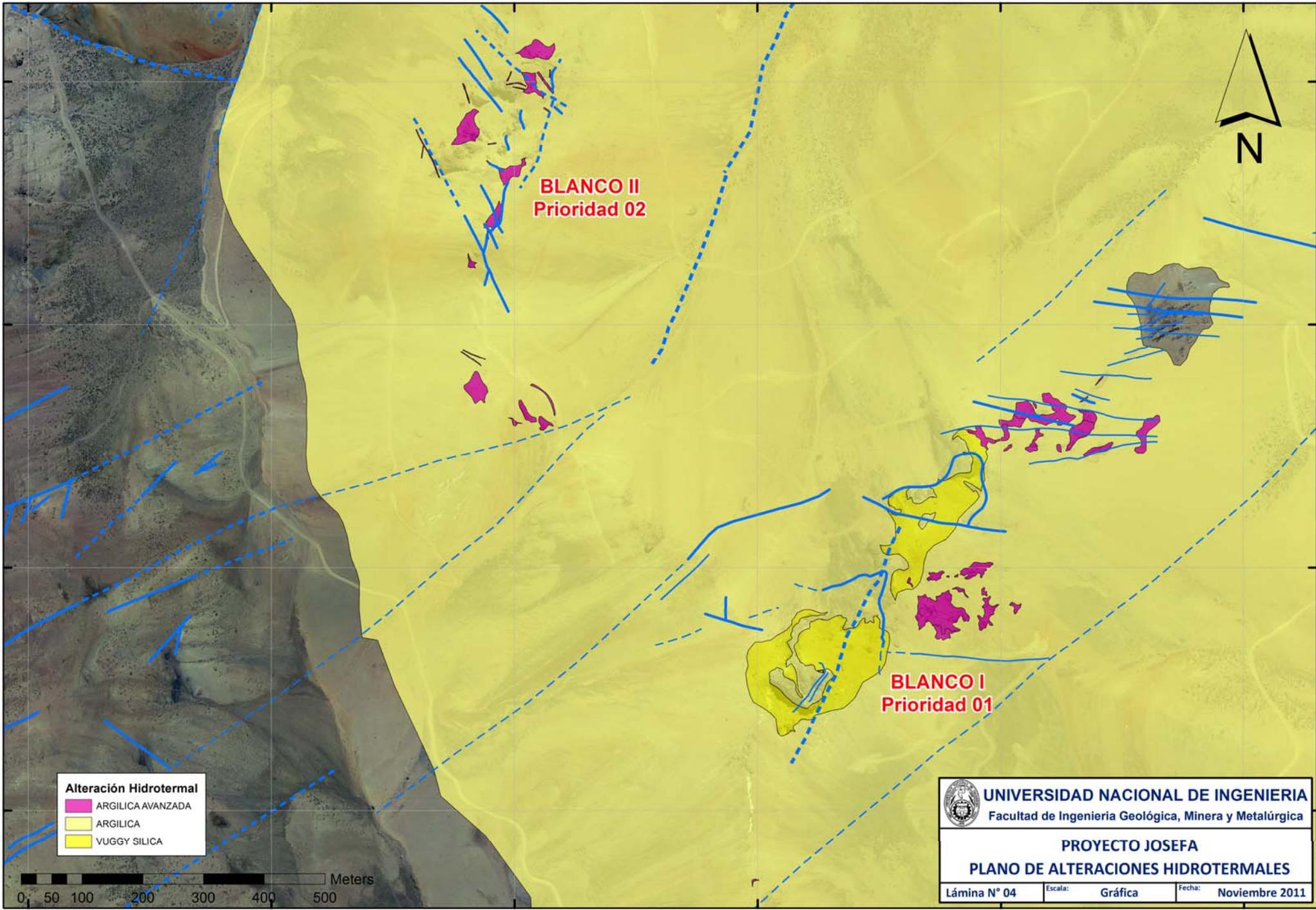


Figura N° 1. Zoneamiento típico de alteración para un depósito de alta sulfuración (modificado de Stoffregen, 1987)



CAPITULO IV

PROGRAMA DE EXPLORACION GEOQUIMICA

4.1 Muestreo Geoquímico.

Se ha tomado como referencia, para el muestreo geoquímico, la data histórica realizada durante las campañas en los años 2004 y 2007 realizadas sobre estructuras. Se introdujo así un total de 154 ejemplares de muestras selectivas a la data principal. En base a esto se planificó una campaña en el año 2010, el cual debía consistir en un muestreo mucho más agresivo. Se procedió a realizar un muestreo del tipo no-sistemático o irregular, debido a la escarpada y reducida área de afloramiento que presenta la zona, es por eso que esta vez, se realizó un muestreo no solo en estructuras, que habían registrado anomalías relevantes como: brechas intrusivas, freáticas, tufisitas y rellenos de fallas, sino también en roca caja: domo riolítico alterado, así como en accesos.

Se llegó a recolectar un total de 388 muestras, en un área comprendida de 1,500 metros de largo y 500 metros de ancho, en promedio, con una dirección NO-SE. Se realizaron dos tipos de muestreo: en *chips* para

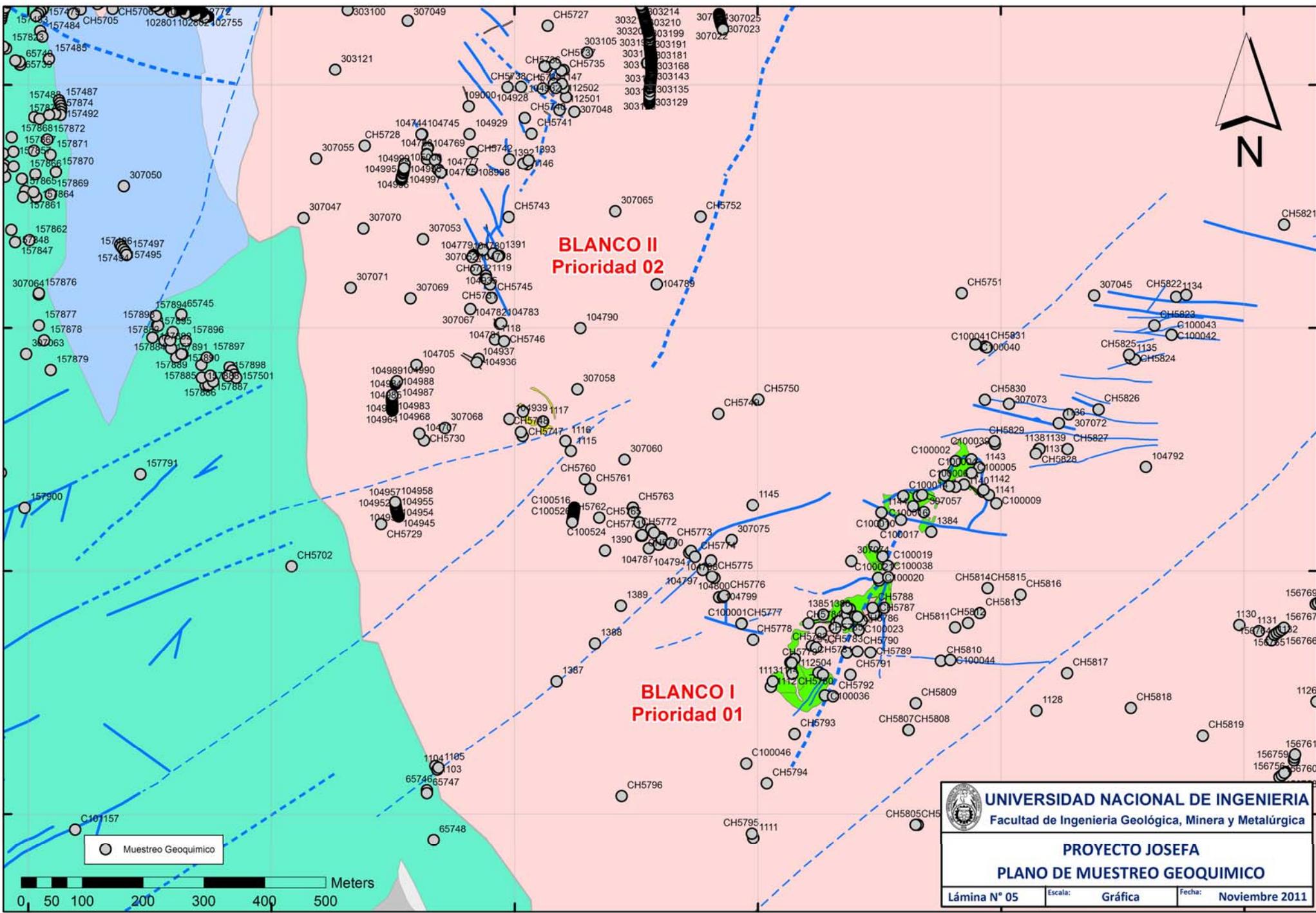
afloramientos y muestreo en canales para relleno de estructuras tales como fallas y vetillas. En ambos casos el promedio de muestra extraída fue de 2 kg a 3 kg, siendo analizadas por diez elementos: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Bi, Sb y Hg (ICP).



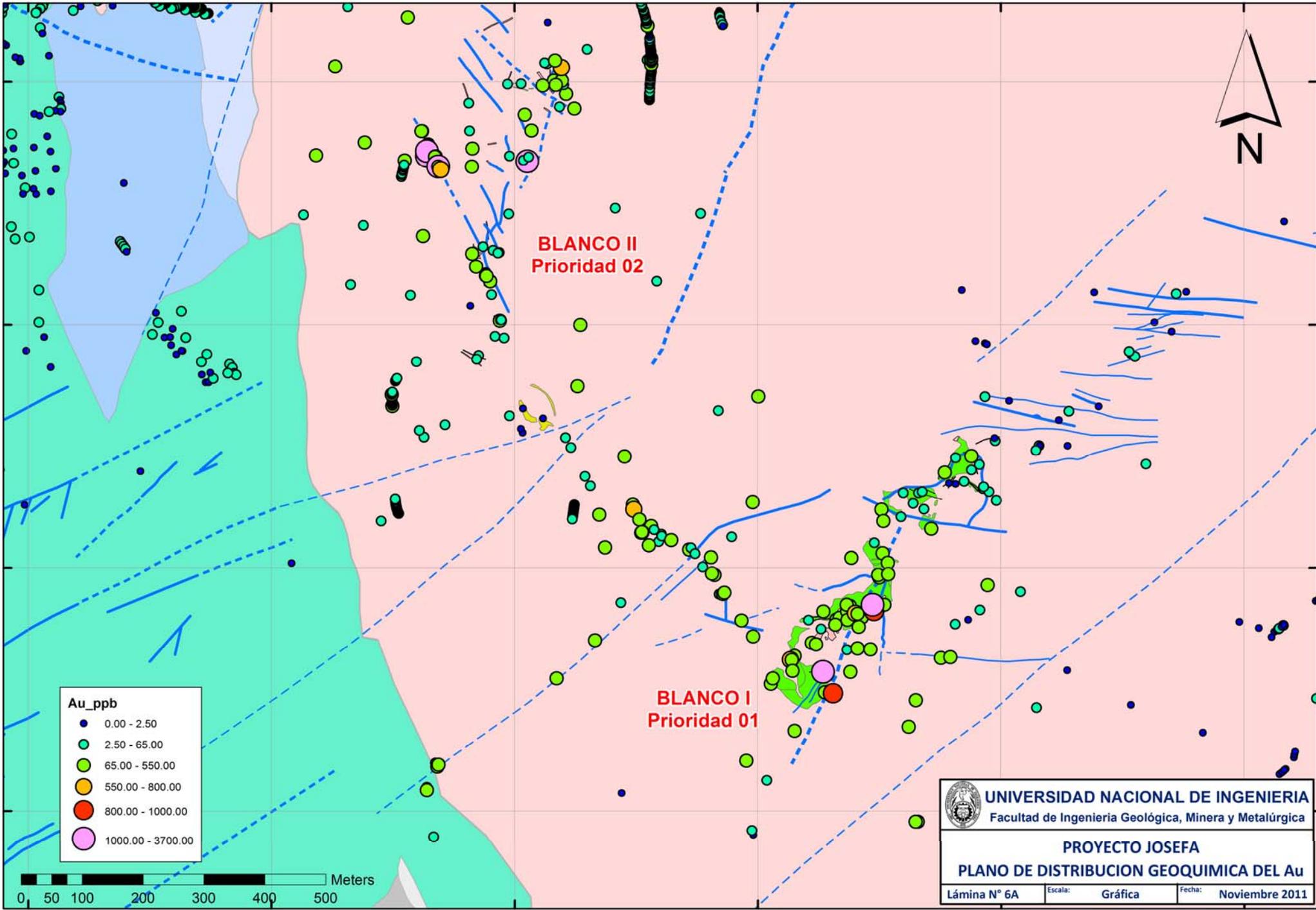
Foto N°11. Tipo de Muestreo en afloramientos (rock chips).

4.1.1 Elemento Indicador y Elemento Explorador.

Nuestro elemento indicador, (*'target element'*) es el oro (Au), el cual se refiere al elemento principal del depósito mineral, que se espera encontrar. Para nuestro análisis hemos tomado como elemento explorador (*'pathfinder element'*) tres elementos representativos asociados al Au, como son el As, Sb y Hg, pero que puede ser detectado más fácilmente en comparación al elemento indicador. Para nuestro proyecto, el cual se encuentra dentro de una predominancia litológica riolítica, las asociaciones y correlaciones entre estos elementos se tornan favorables.



PROYECTO JOSEFA
PLANO DE MUESTREO GEOQUIMICO



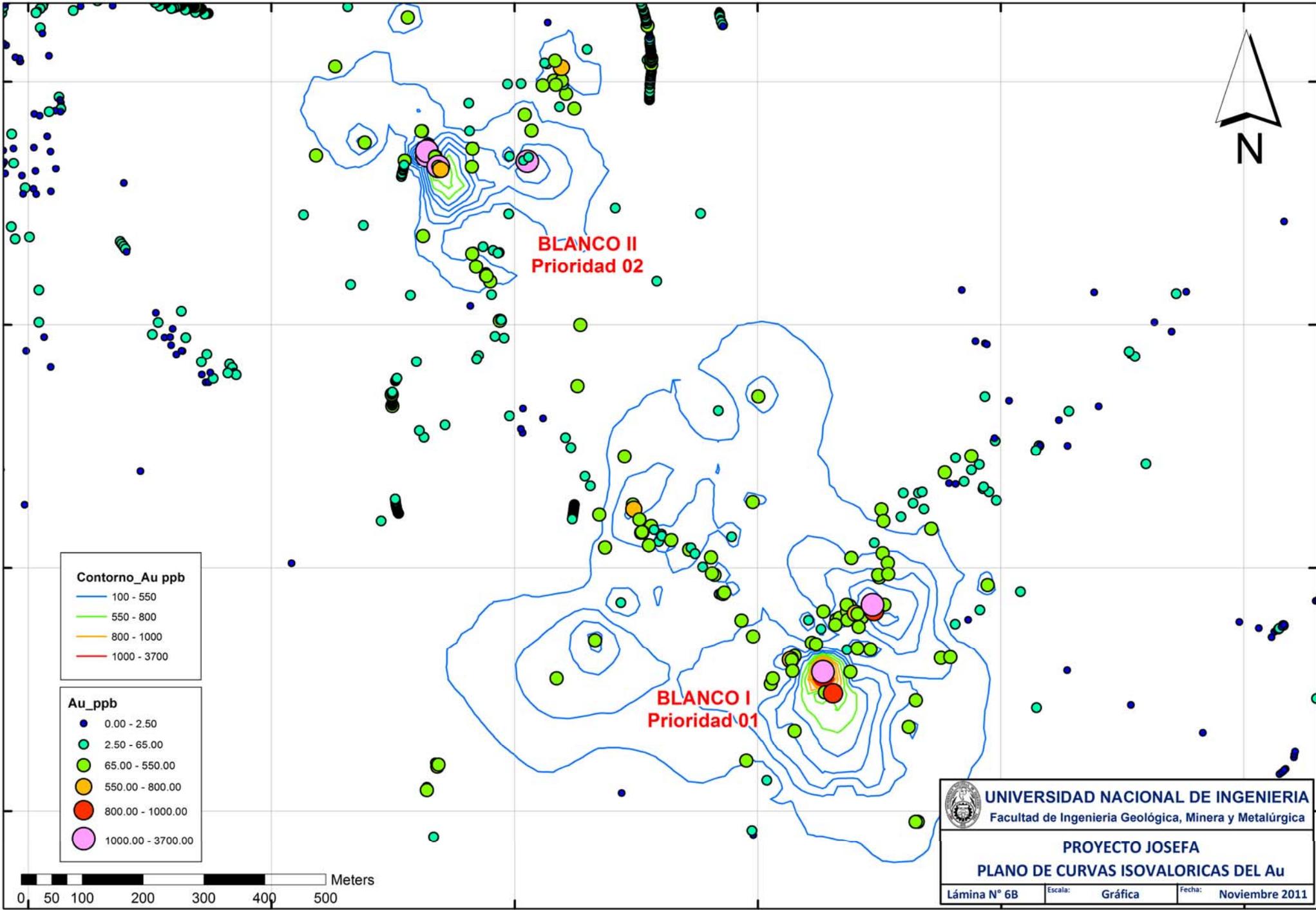
Au_ppb

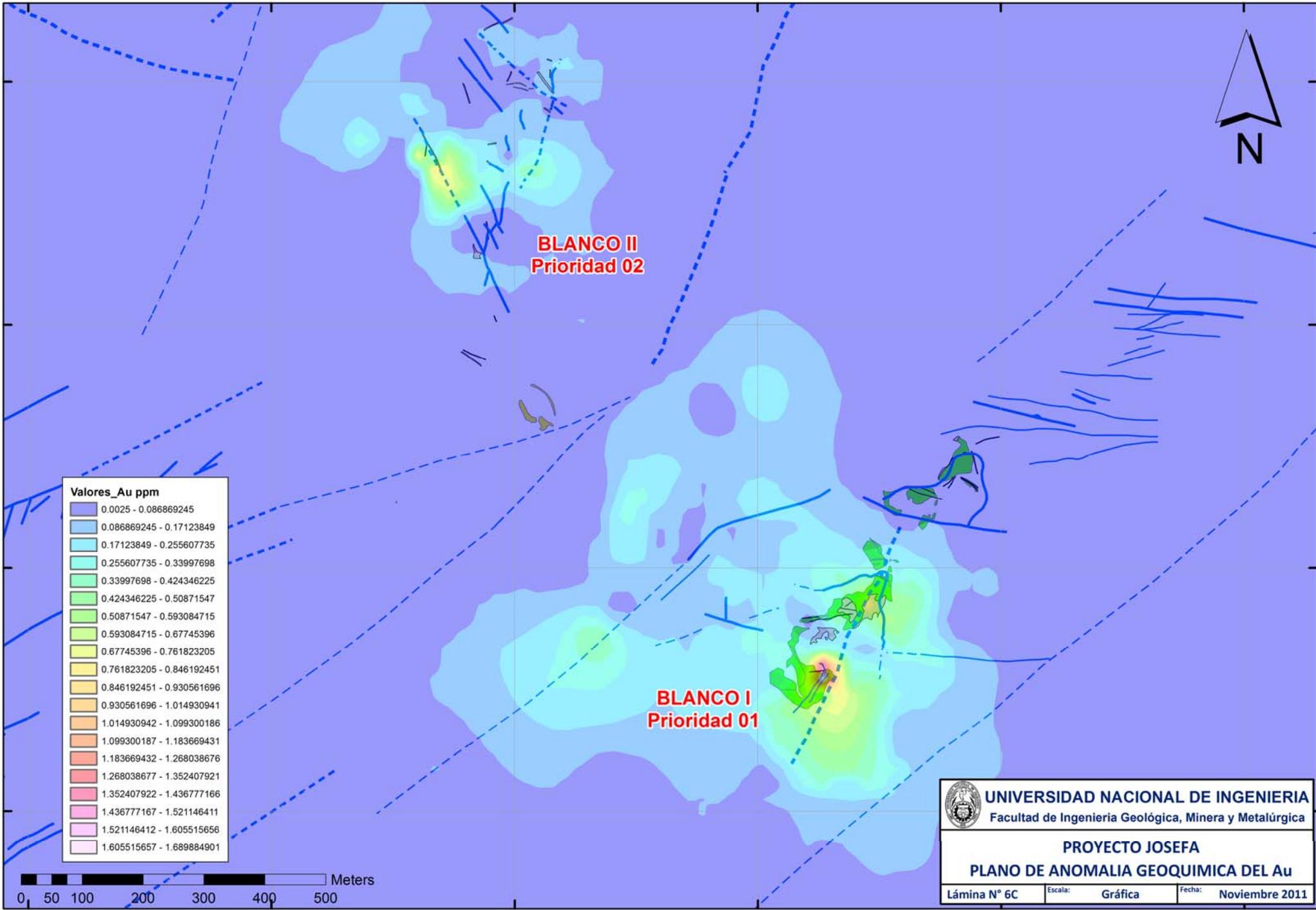
●	0.00 - 2.50
●	2.50 - 65.00
●	65.00 - 550.00
●	550.00 - 800.00
●	800.00 - 1000.00
●	1000.00 - 3700.00

BLANCO II
Prioridad 02

BLANCO I
Prioridad 01

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica		
	PROYECTO JOSEFA PLANO DE DISTRIBUCION GEOQUIMICA DEL Au		
Lámina N° 6A	Escala: Gráfica	Fecha: Noviembre 2011	

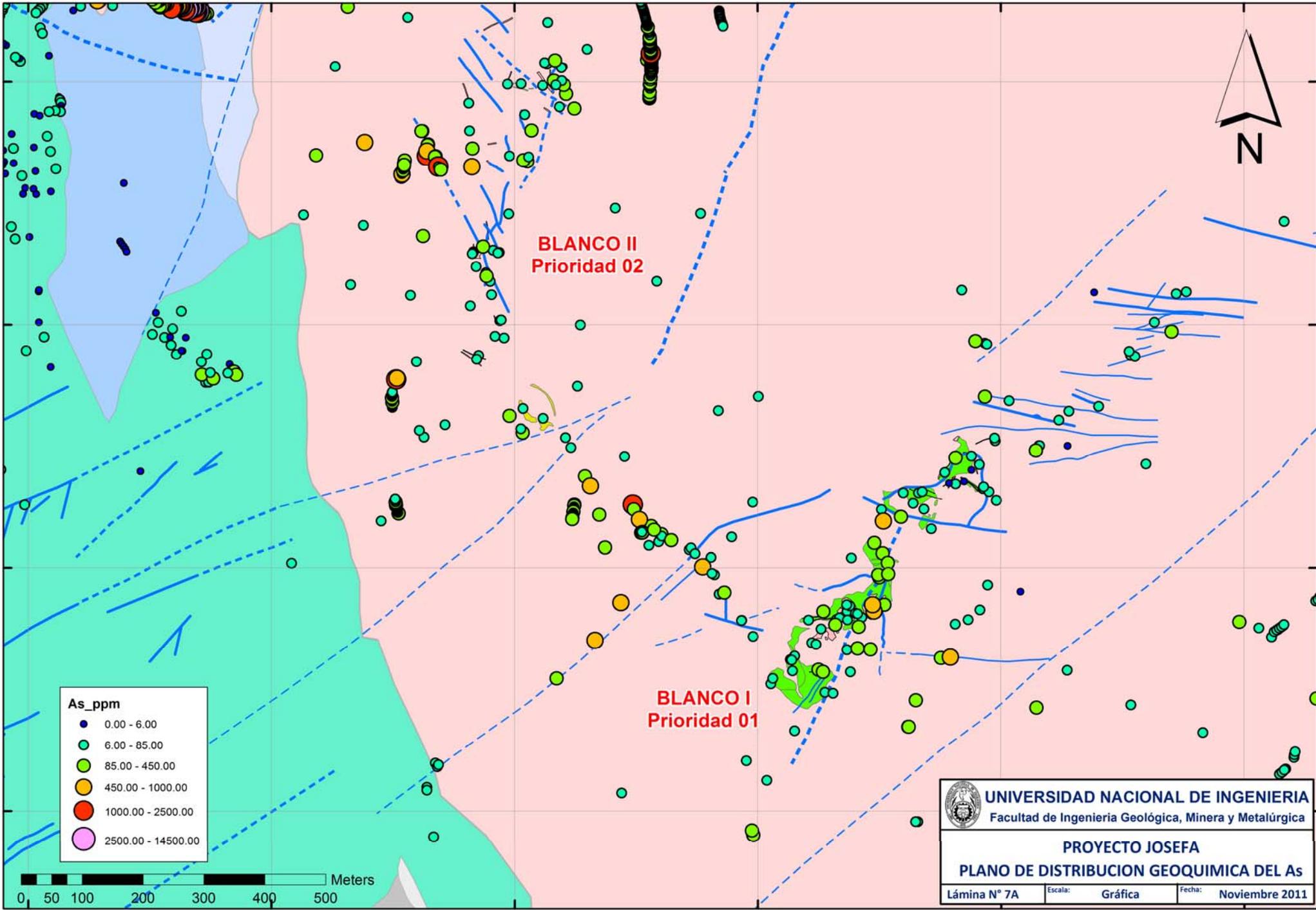


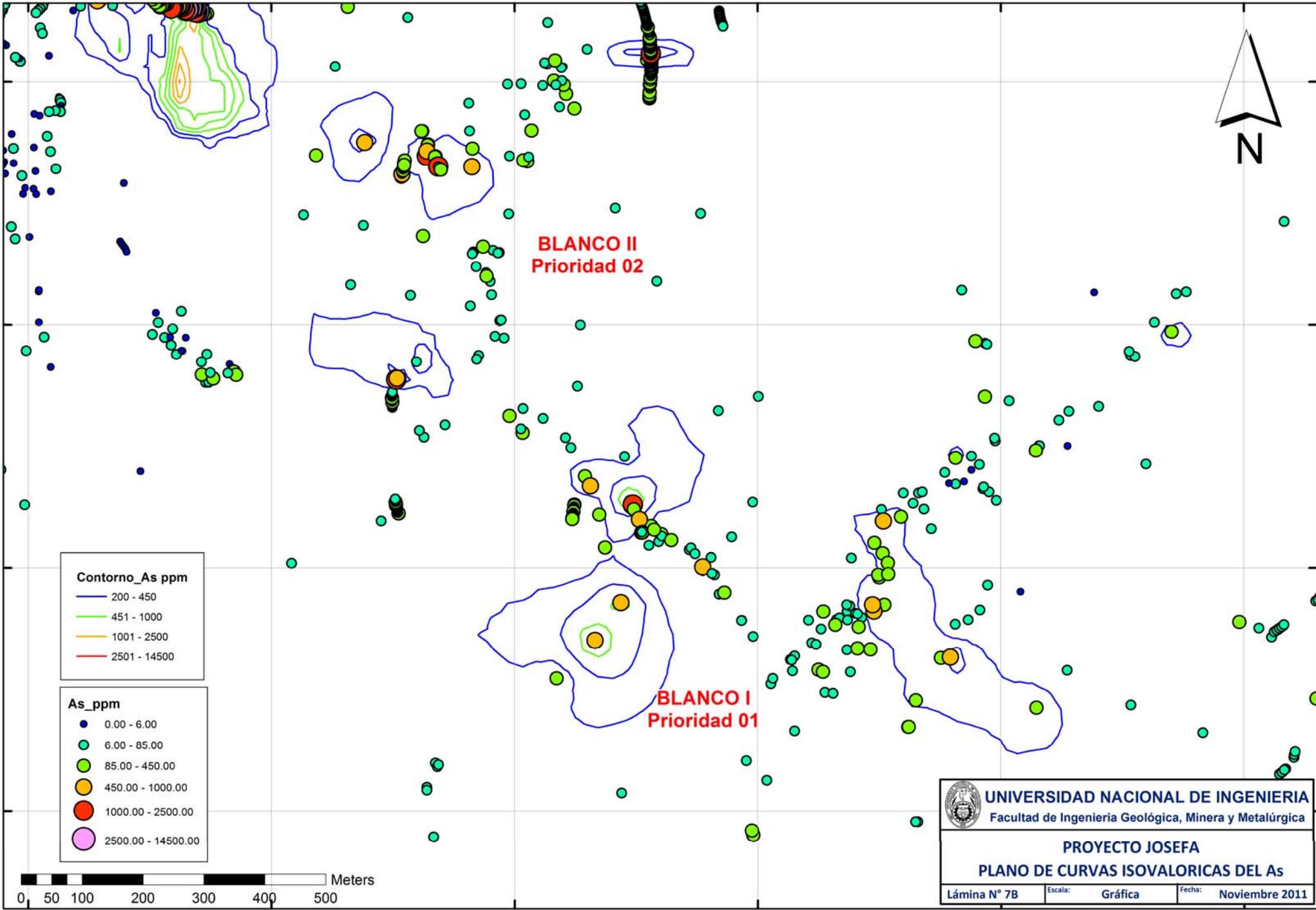


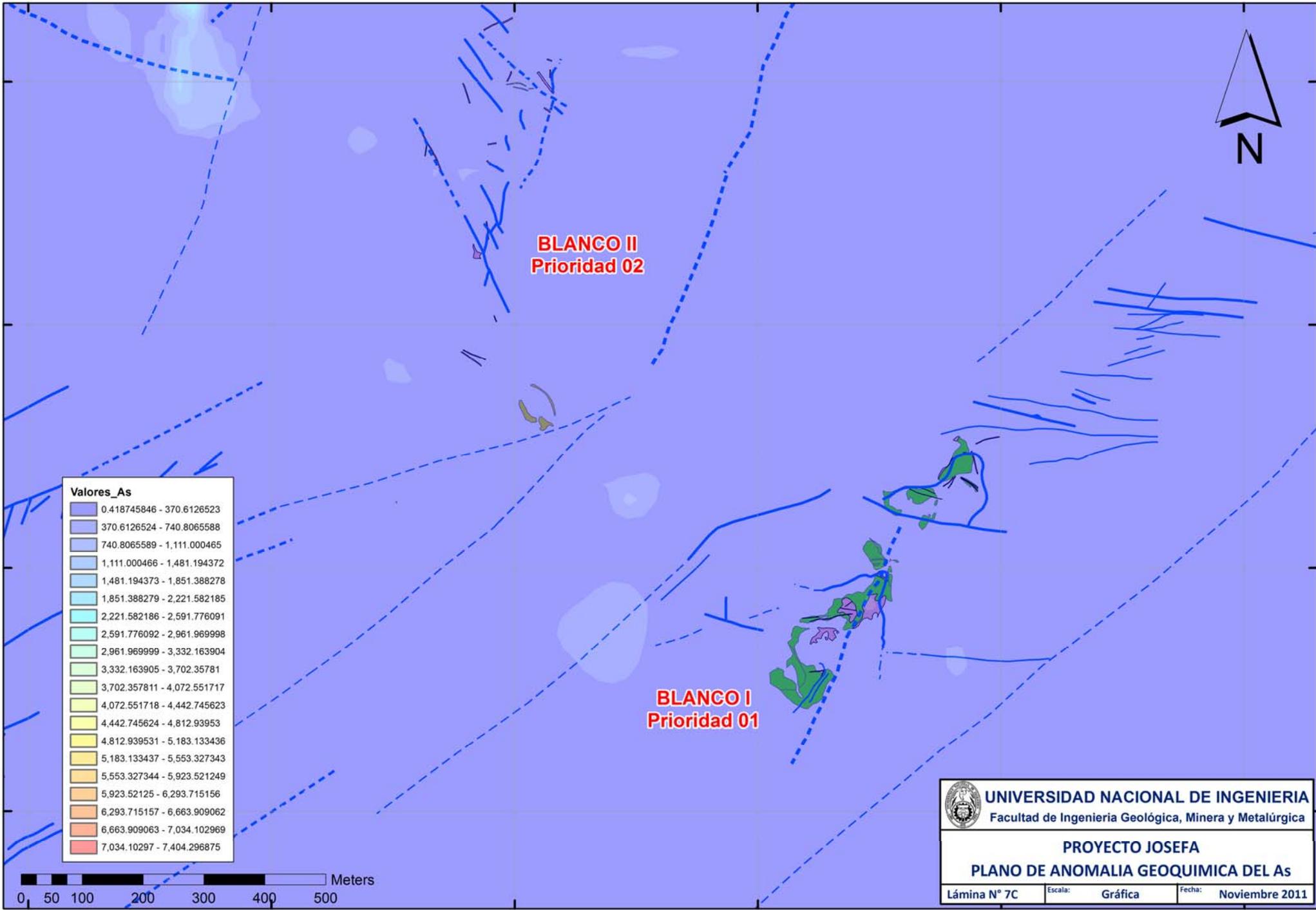
Valores_Au ppm

0.0025 - 0.086869245
0.086869245 - 0.17123849
0.17123849 - 0.255607735
0.255607735 - 0.33997698
0.33997698 - 0.424346225
0.424346225 - 0.50871547
0.50871547 - 0.593084715
0.593084715 - 0.67745396
0.67745396 - 0.761823205
0.761823205 - 0.846192451
0.846192451 - 0.930561696
0.930561696 - 1.014930941
1.014930942 - 1.099300186
1.099300187 - 1.183669431
1.183669432 - 1.268038676
1.268038677 - 1.352407921
1.352407922 - 1.436777166
1.436777167 - 1.521146411
1.521146412 - 1.605515656
1.605515657 - 1.689884901

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica		
	PROYECTO JOSEFA PLANO DE ANOMALIA GEOQUIMICA DEL Au		
Lámina N° 6C	Escala: Gráfica	Fecha: Noviembre 2011	







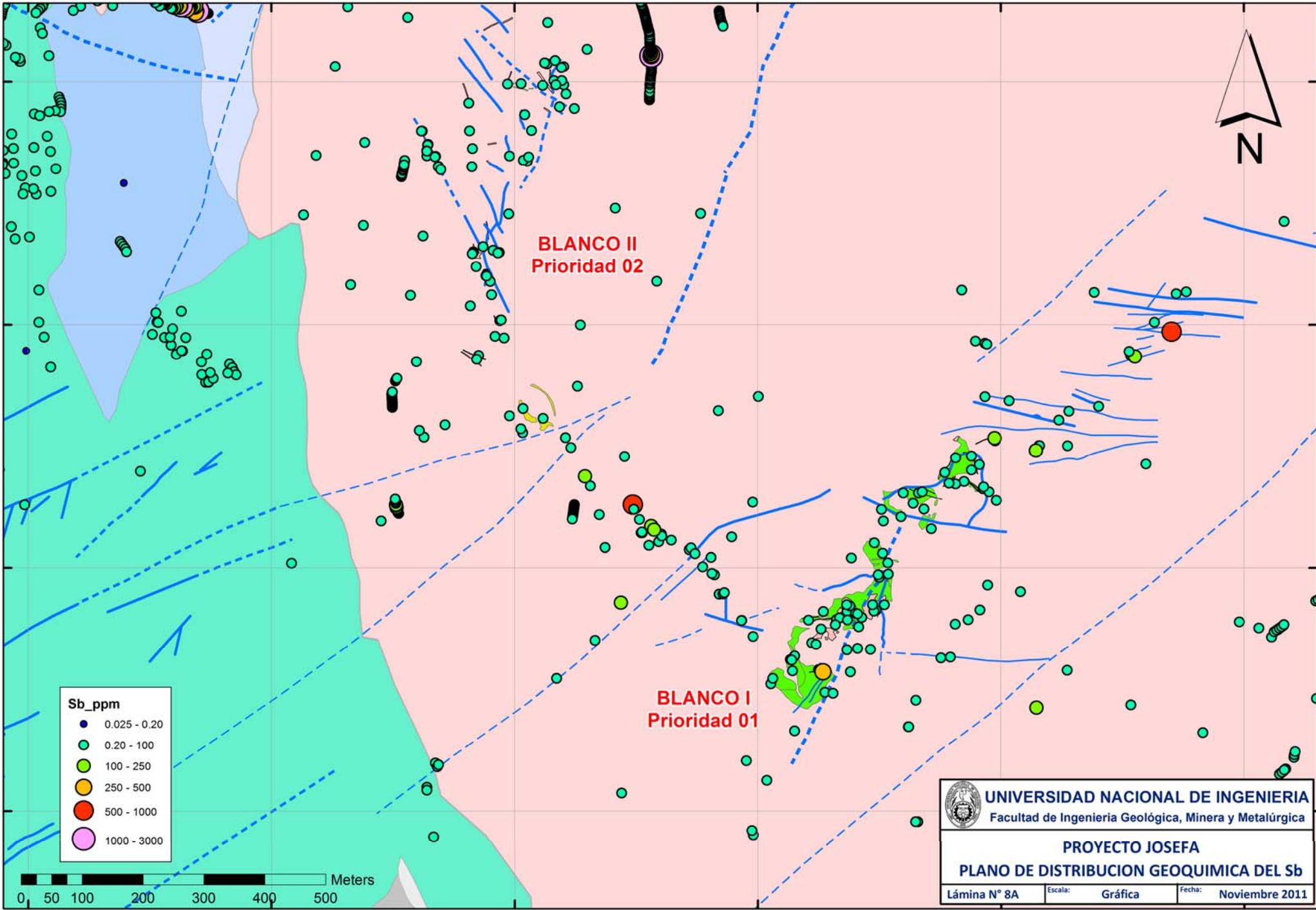
Valores_As

0.418745846 - 370.6126523
370.6126524 - 740.8065588
740.8065589 - 1,111.000465
1,111.000466 - 1,481.194372
1,481.194373 - 1,851.388278
1,851.388279 - 2,221.582185
2,221.582186 - 2,591.776091
2,591.776092 - 2,961.969998
2,961.969999 - 3,332.163904
3,332.163905 - 3,702.35781
3,702.357811 - 4,072.551717
4,072.551718 - 4,442.745623
4,442.745624 - 4,812.93953
4,812.939531 - 5,183.133436
5,183.133437 - 5,553.327343
5,553.327344 - 5,923.521249
5,923.52125 - 6,293.715156
6,293.715157 - 6,663.909062
6,663.909063 - 7,034.102969
7,034.10297 - 7,404.296875


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

PROYECTO JOSEFA
PLANO DE ANOMALIA GEOQUIMICA DEL As

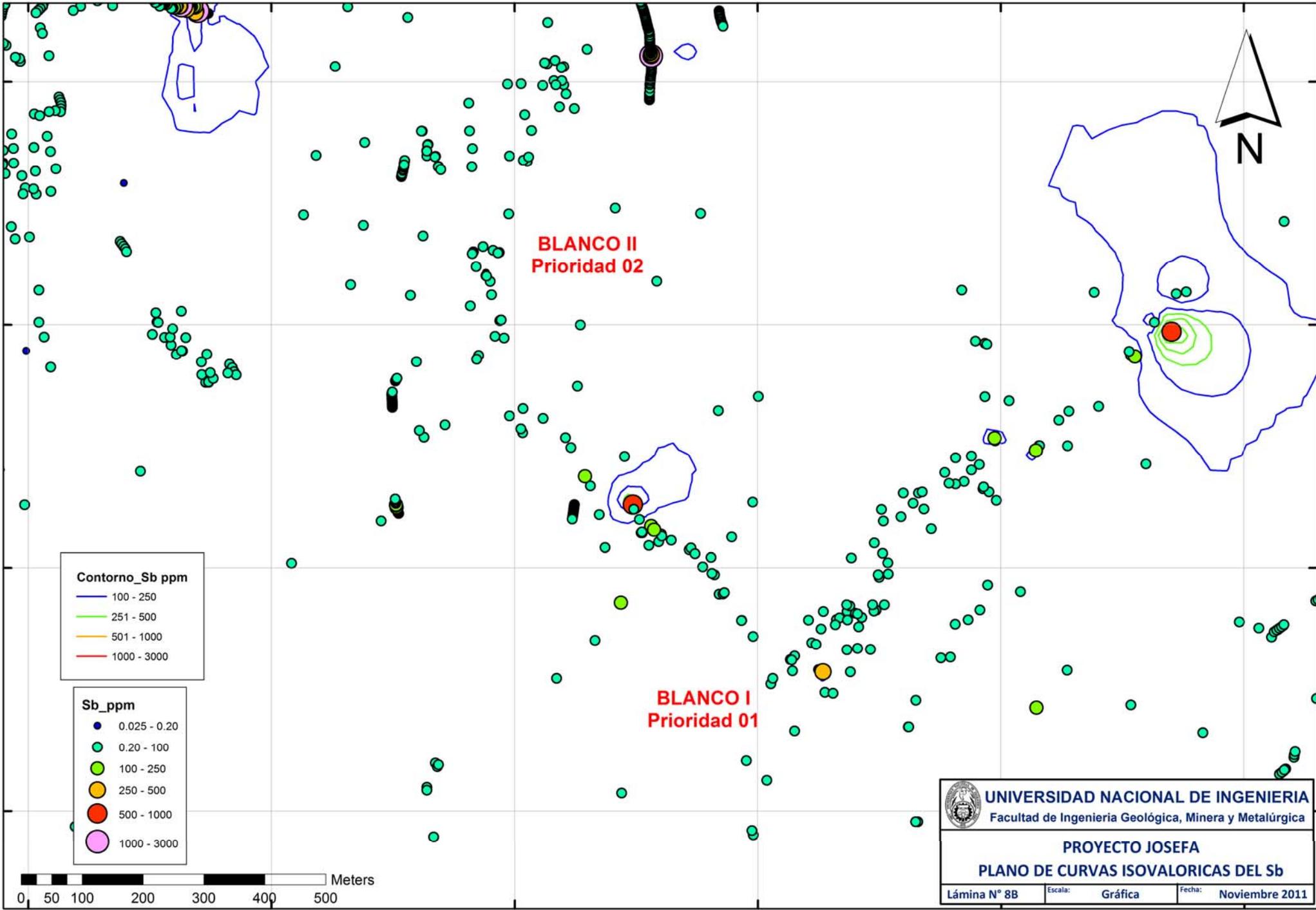
Lámina N° 7C Escala: Gráfica Fecha: Noviembre 2011

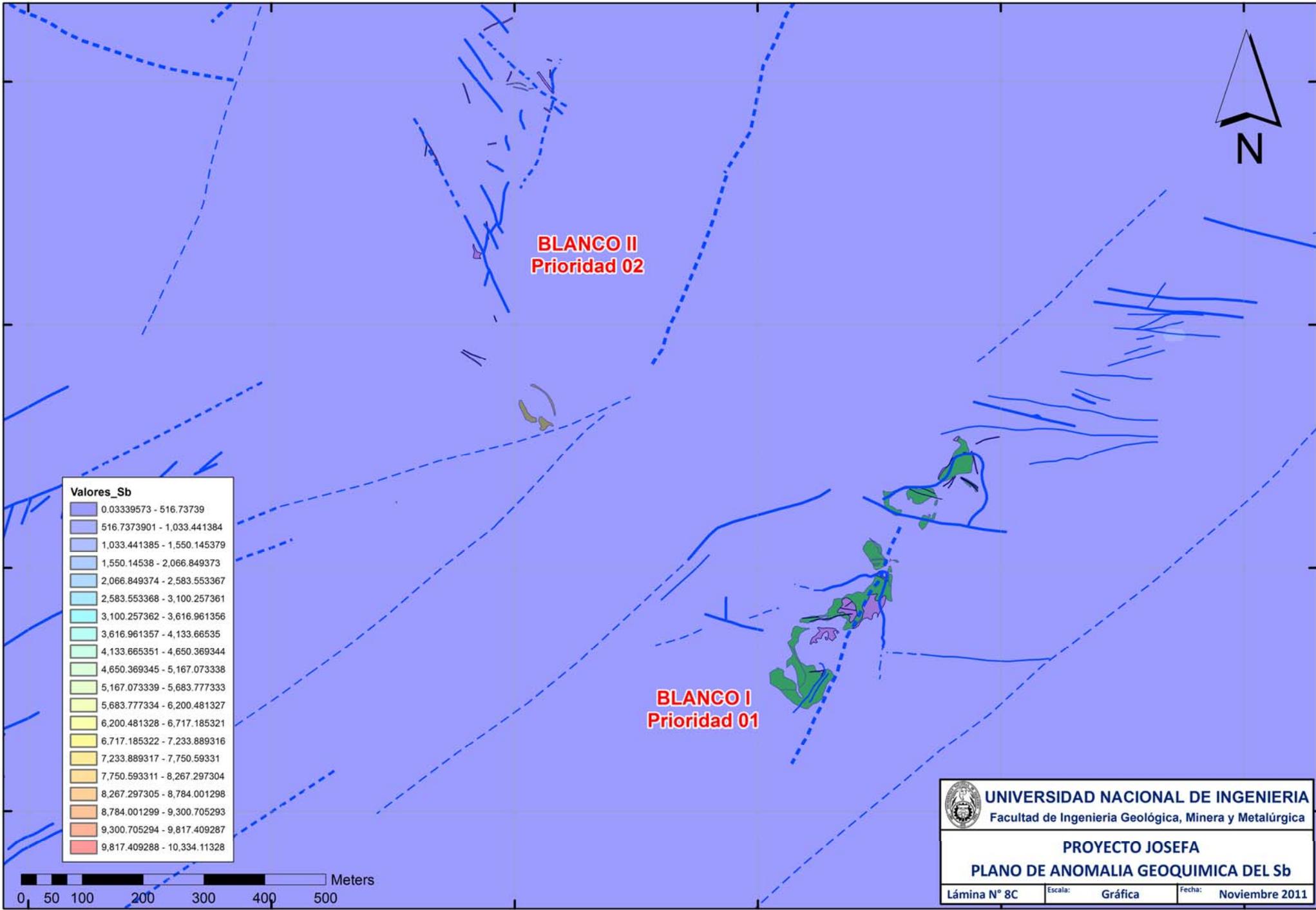


 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

PROYECTO JOSEFA
PLANO DE DISTRIBUCION GEOQUIMICA DEL Sb

Lámina N° 8A Escala: Gráfica Fecha: Noviembre 2011





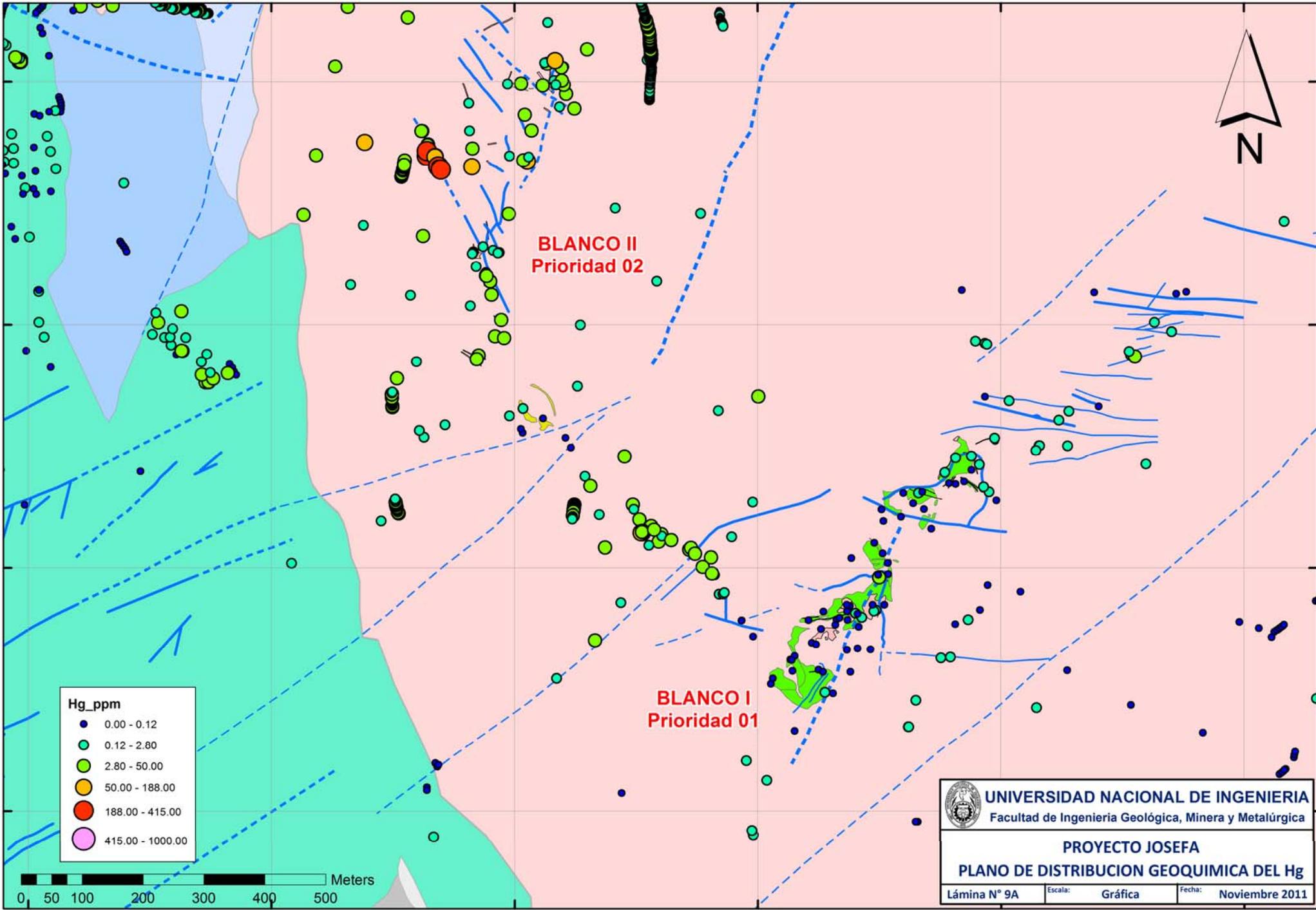
Valores_Sb

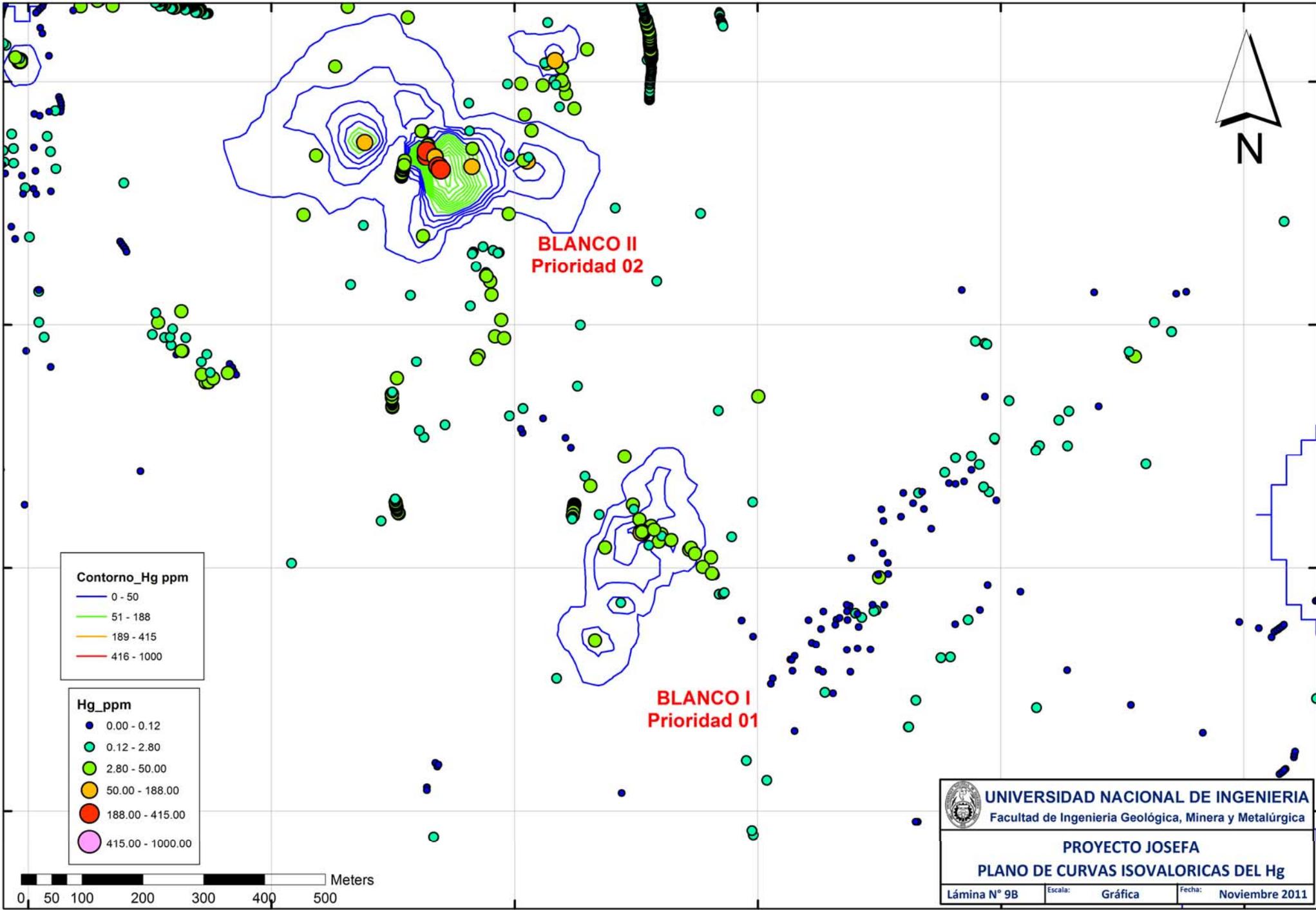
0.03339573 - 516.73739
516.7373901 - 1,033.441384
1,033.441385 - 1,550.145379
1,550.14538 - 2,066.849373
2,066.849374 - 2,583.553367
2,583.553368 - 3,100.257361
3,100.257362 - 3,616.961356
3,616.961357 - 4,133.66535
4,133.665351 - 4,650.369344
4,650.369345 - 5,167.073338
5,167.073339 - 5,683.777333
5,683.777334 - 6,200.481327
6,200.481328 - 6,717.185321
6,717.185322 - 7,233.889316
7,233.889317 - 7,750.59331
7,750.593311 - 8,267.297304
8,267.297305 - 8,784.001298
8,784.001299 - 9,300.705293
9,300.705294 - 9,817.409287
9,817.409288 - 10,334.11328


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

PROYECTO JOSEFA
PLANO DE ANOMALIA GEOQUIMICA DEL Sb

Lámina N° 8C	Escala: Gráfica	Fecha: Noviembre 2011
--------------	-----------------	-----------------------





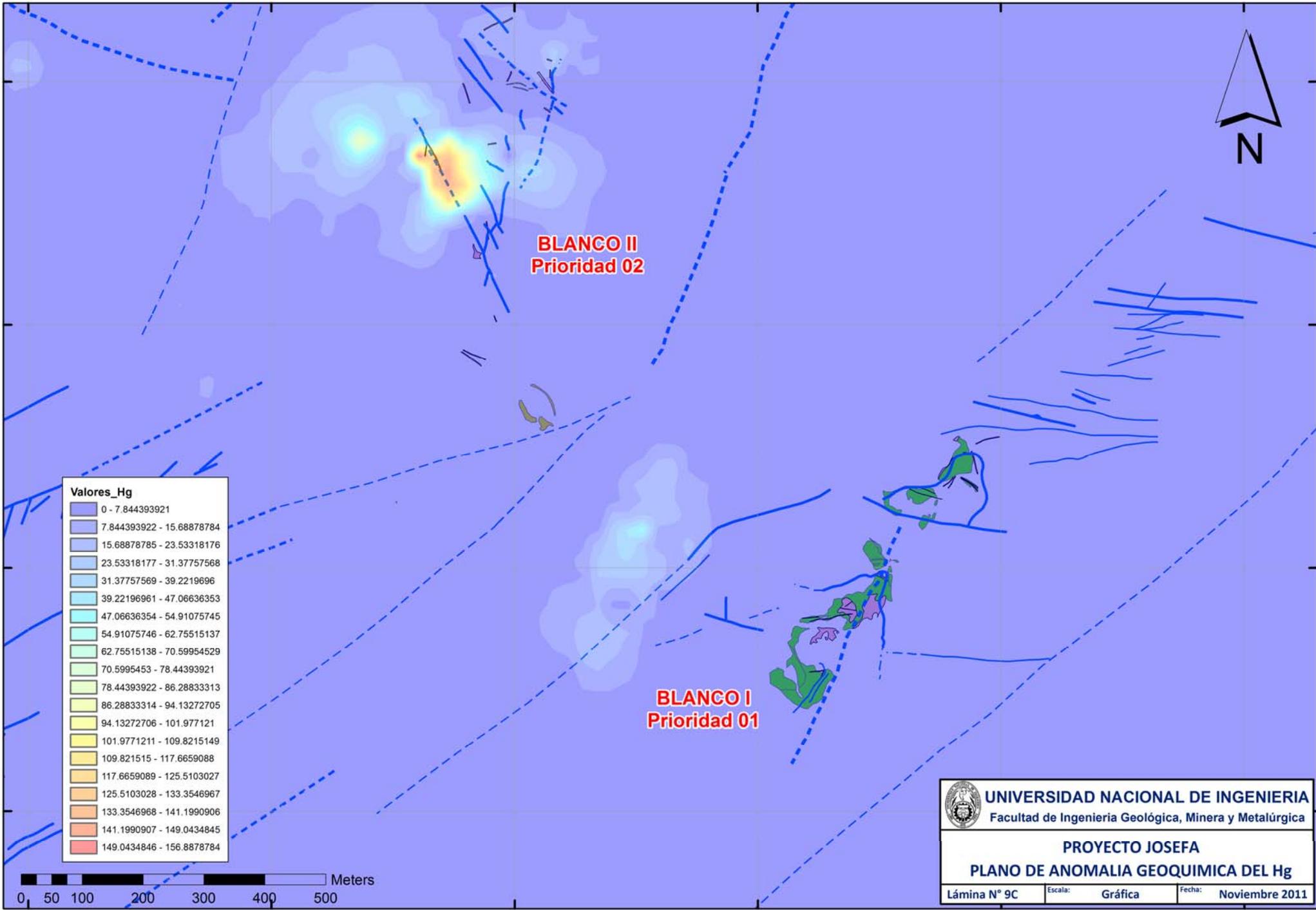
Contorno_Hg ppm

Blue line	0 - 50
Green line	51 - 188
Yellow line	189 - 415
Red line	416 - 1000

Hg_ppm

Blue dot	0.00 - 0.12
Cyan dot	0.12 - 2.80
Light green dot	2.80 - 50.00
Yellow dot	50.00 - 188.00
Red dot	188.00 - 415.00
Pink dot	415.00 - 1000.00

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica		
	PROYECTO JOSEFA PLANO DE CURVAS ISOVALORICAS DEL Hg		
Lámina N° 9B	Escala: Gráfica	Fecha: Noviembre 2011	



4.2 Tratamiento Estadístico de Datos Geoquímicos – Correlaciones.

Para el presente trabajo se realizó un tratamiento estadístico de datos geoquímicos basados en una población de 388 muestras (histórica y actual).

Se pudo definir valores anómalos en dos blancos, **BLANCO I (Prioridad 01)** y **BLANCO II (Prioridad 02)** para los cuales, para un mejor análisis, se considero por conveniente estudiar dichas anomalías geoquímicas por separado.

El método utilizado en el análisis geoquímico de las muestras de superficie fueron para 10 elementos: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Bi, Sb, As y Hg (ICP).

4.2.1 Cálculos Estadísticos

Se tiene un universo de 388 datos separado en dos poblaciones: Blanco I de 160 muestras y Blanco II de 228 muestras. Se empieza a realizar el análisis a cada una de las poblaciones por separado.

Se ordena en forma descendente y se extraen los altos y bajos erráticos de los elementos químicos a analizar. Procedemos a log-normalizar los datos, es decir, obtener valores logarítmicos de los elementos, para alcanzar un comportamiento “normal” de estos y proceder con el cálculo

de parámetros estadísticos: desviación estándar, media, mediana, valores máximos y mínimos, que nos ayudaran a obtener los valores para determinar el **Background (BG)**, que es el valor normal o de fondo, el **Threshold (Th)**, que es el umbral de los valores normales y la **Anomalía Mayor**, que son los valores por encima del threshold, que se encuentran presentes y que nos establecen las concentraciones anómalas de todos los elementos analizados.

Siendo:

$$\mathbf{BG} = x + \mathbf{desv.} \qquad \mathbf{Th} = x + 2 \mathbf{desv.}$$

Donde:

x = Promedio de valores para cada elemento

desv. = Desviación Estándar.

Según el criterio anterior, realizamos el siguiente Histograma de Frecuencia Acumulada vs Intervalos Logarítmicos para cada Target requerido:

Blanco I

Tabla de Frecuencias para Au		
Clase	Frecuencia	% Acumulado
-2.60	18	11.25%
-2.34	0	11.25%
-2.07	10	17.50%
-1.81	14	26.25%
-1.55	17	36.88%
-1.28	16	46.88%
-1.02	18	58.13%
-0.75	21	71.25%
-0.49	25	86.88%
-0.22	14	95.63%
0.04	6	99.38%
0.30	0	99.38%
More	1	100.00%
Total	160	

Cuadro N° 6. Tabla de Frecuencias para el Au. Blanco I

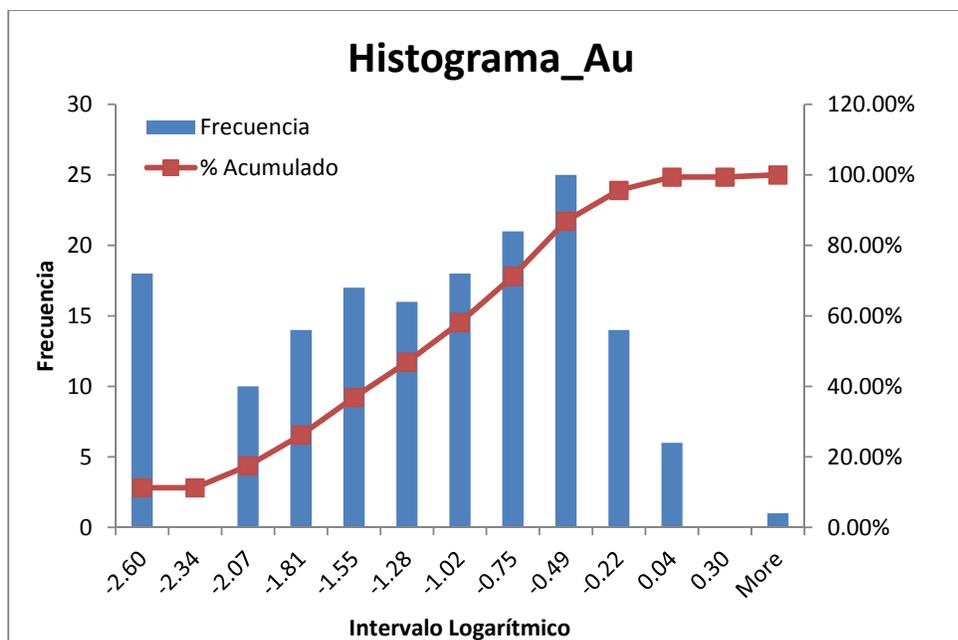


Gráfico N°5. Histograma del Au. Blanco I

Según la gráfica podemos señalar los valores del *Threshold* y *Background*:

- El *Threshold* corresponde al cambio en la pendiente de la curva en este caso 535 ppb y también al 95 percentil.
- El *Background* corresponde al 50 percentil que es igual a la mediana en este caso 64 ppb.

Realizamos así mismo otras formas de identificar el *Threshold* y *Background*.

Tenemos así la distribución de Probabilidad Logarítmica.

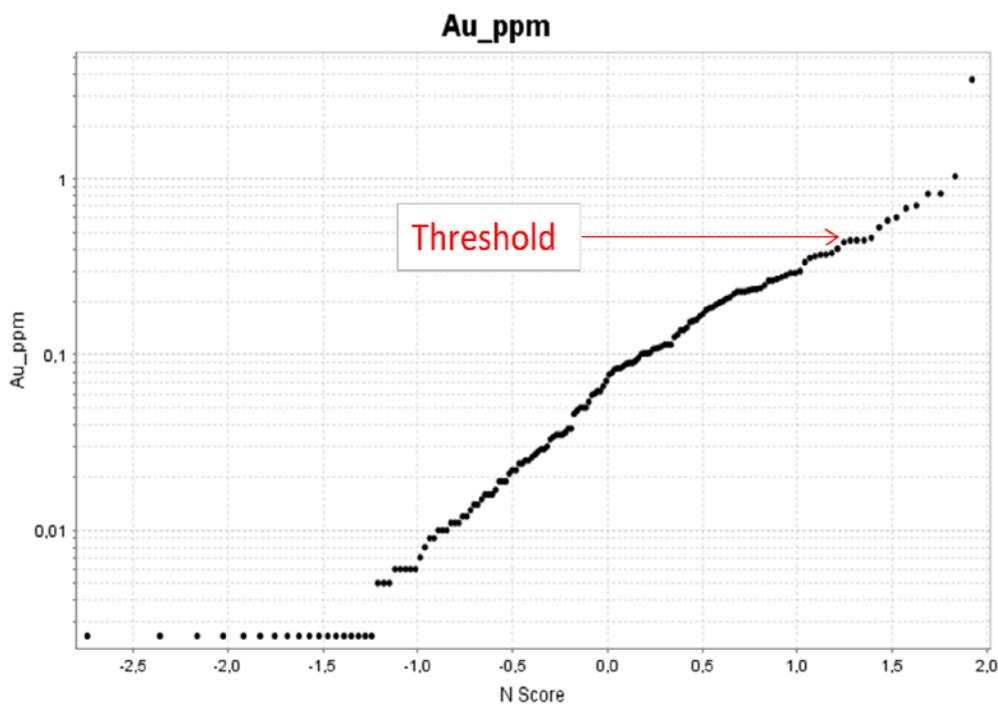


Gráfico N°6. Probabilidad de Distribución Logarítmica para el Au. Blanco I

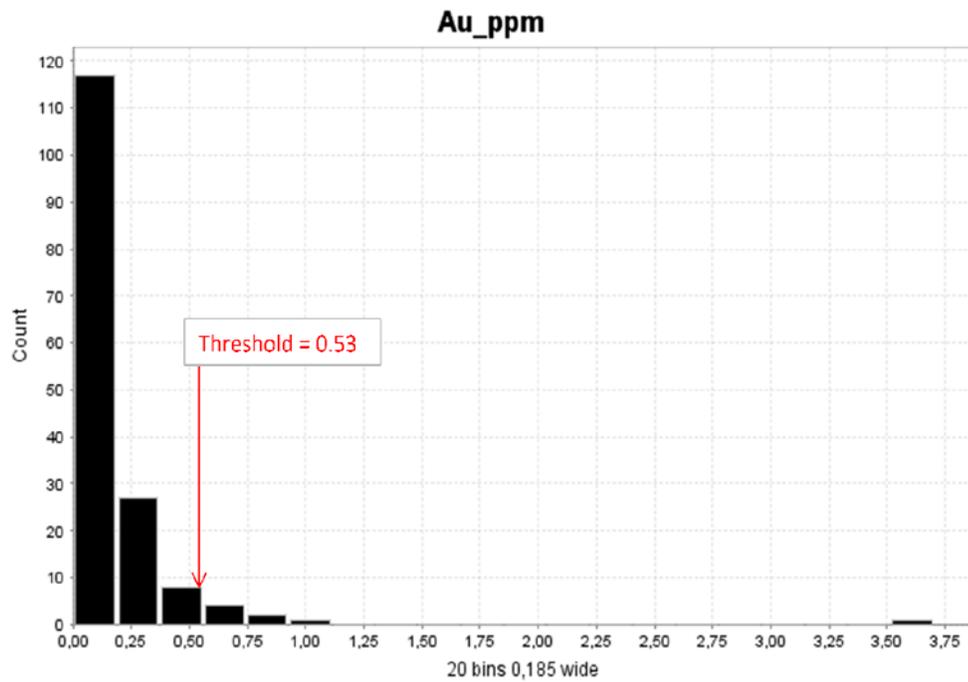


Gráfico N°7. Histograma Lineal para el Au. Blanco I

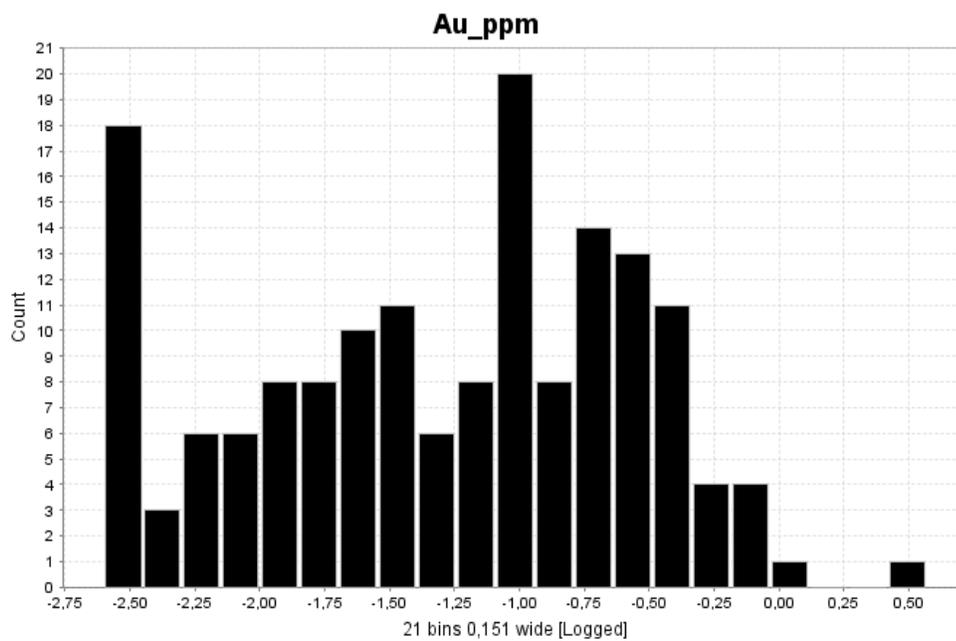


Gráfico N°8. Histograma de Distribución Log-normal para el Au. Blanco I

Los rangos los hemos realizado en base a:

1. El Background lo hemos tomado como la mediana.

En una distribución donde hay valores extremos la mediana es más robusta como estimación del Background o donde la población (porque es menos influenciada por los valores altos o bajos que el promedio)

2. El Threshold lo hemos tomado desde el grafico de histogramas y la frecuencia acumulada logarítmica donde la pendiente de la curva cambia su pendiente, este valor es aproximado. (Cambio de la gradiente de la curva significa otra población que en este caso es la anomalía)

Resultando la siguiente tabla:

Au ppb		
	Desde	Hasta
Background	0.0	64
Threshold	64	535
Anomalía	535	805
Anomalía Mayor	805	3700

Cuadro N° 7. Resultados para el Au. Blanco I

Para los elementos As nos da el siguiente histograma:

Tabla de Frecuencias para el As		
Clase	Frecuencia	% Acumulado
0.46	1	0.63%
0.69	1	1.25%
0.91	17	11.88%
1.14	13	20.00%
1.37	18	31.25%
1.59	21	44.38%
1.82	17	55.00%
2.05	23	69.38%
2.27	20	81.88%
2.50	15	91.25%
2.72	7	95.63%
2.95	6	99.38%
More	1	100.00%
	160	

Cuadro N°8. Tabla de Frecuencias para el As. Blanco I

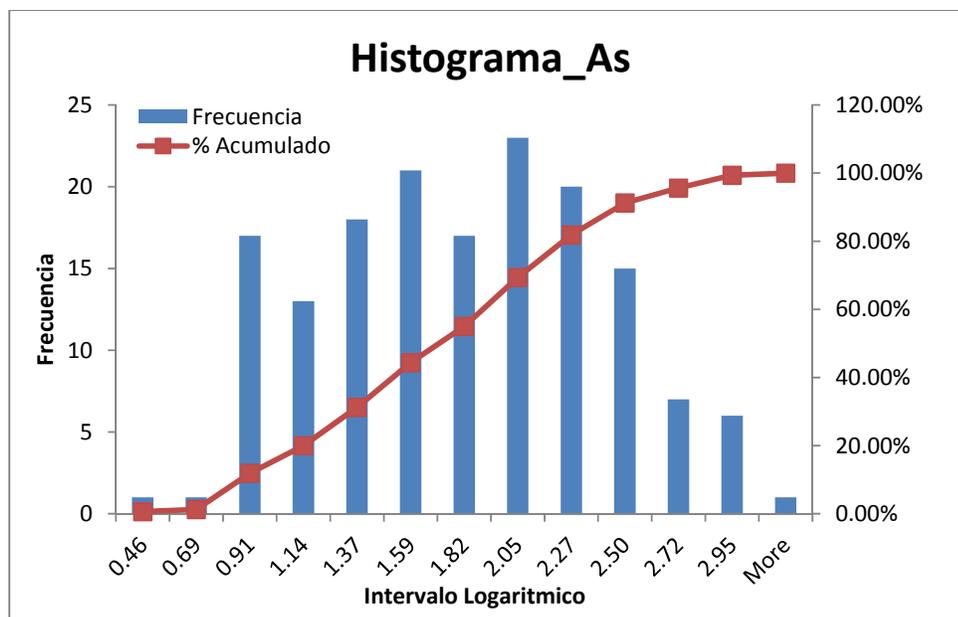


Gráfico N°9. Histograma del As Blanco I

Para los elementos Hg nos da el siguiente histograma:

Tabla de Frecuencias para el Hg		
Clase	Frecuencia	% Acumulado
-2.30	1	0.63%
-1.95	9	6.25%
-1.59	9	11.88%
-1.24	22	25.63%
-0.88	34	46.88%
-0.53	15	56.25%
-0.17	16	66.25%
0.18	8	71.25%
0.53	16	81.25%
0.89	14	90.00%
1.24	6	93.75%
1.60	6	97.50%
More	4	100.00%
	160	

Cuadro N°9 Tabla de Frecuencias para el Hg. Blanco I

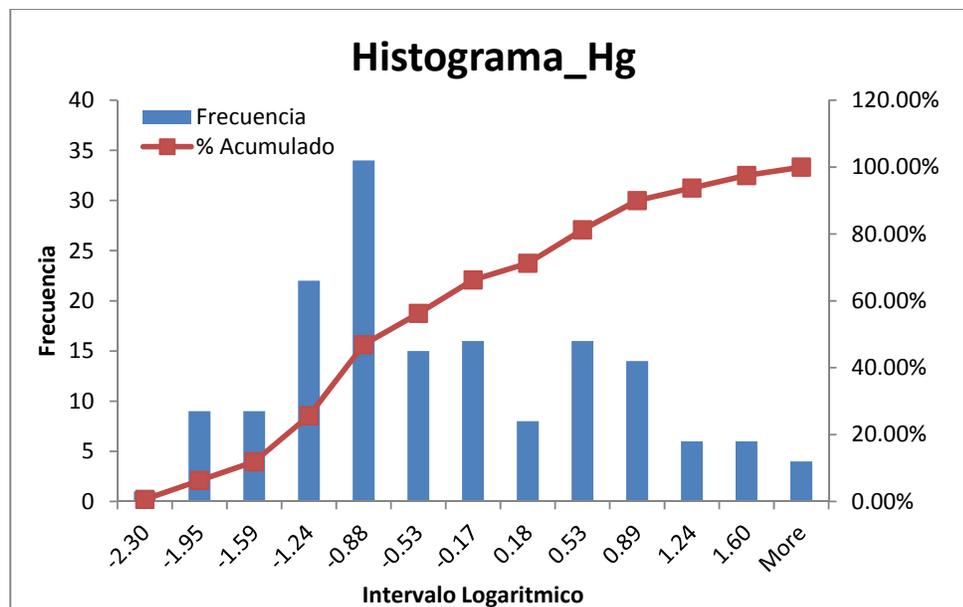


Gráfico N°10. Histograma del Hg. Blanco II

Blanco II

Tenemos los siguientes datos procesados:

<i>Tabla de Frecuencia para Au</i>		
<i>Clase</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>% Acumulado</i>
-2.60	37	16.23%
-2.41	0	16.23%
-2.21	17	23.68%
-2.02	21	32.89%
-1.82	21	42.11%
-1.62	28	54.39%
-1.43	28	66.67%
-1.23	22	76.32%
-1.04	19	84.65%
-0.84	15	91.23%
-0.65	10	95.61%
-0.45	1	96.05%
-0.26	3	97.37%
-0.06	2	98.25%
0.13	1	98.68%
More	3	100.00%
Total	228	

Cuadro N° 10. Tabla de Frecuencias para el Au. Blanco II

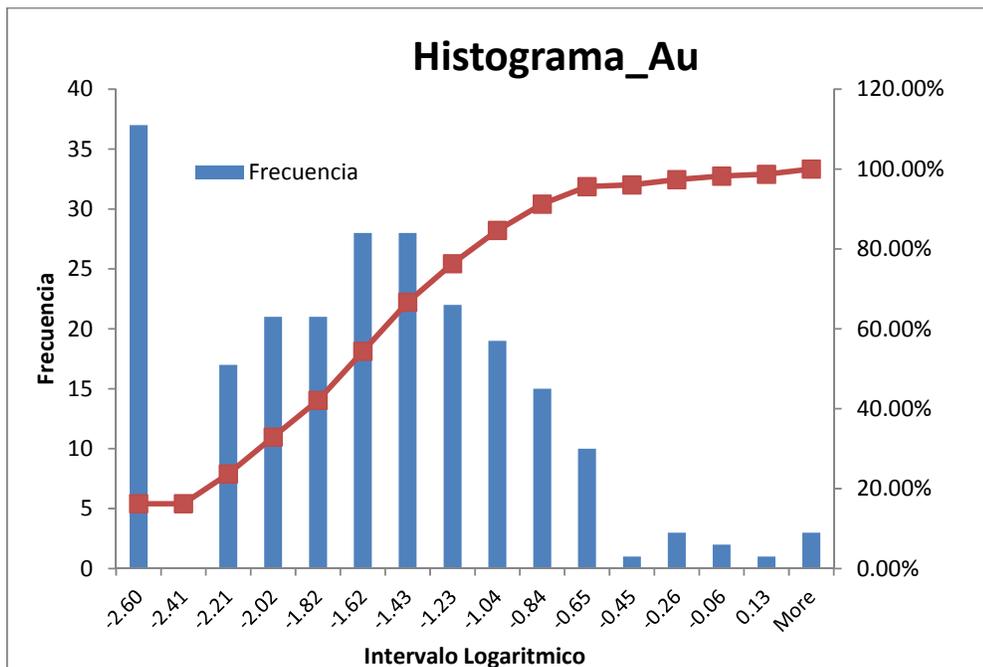


Gráfico N°11. Histograma del Au. Blanco II

Según la gráfica podemos indicar los valores del *Threshold* y *Background*:

- El *Threshold* corresponde al cambio en la pendiente de la curva en este caso 185 ppb y también al 95 percentil.
- El *Background* corresponde al 50 percentil que es igual a la mediana en este caso 20 ppb.

Realizamos así mismo otras formas de identificar el *Threshold* y *Background*: Tenemos así la distribución de Probabilidad Logarítmica, la Distribución de los Elementos y la Distribución de los Elementos en Base Logarítmica (comportamiento Log-normal), para el Au.

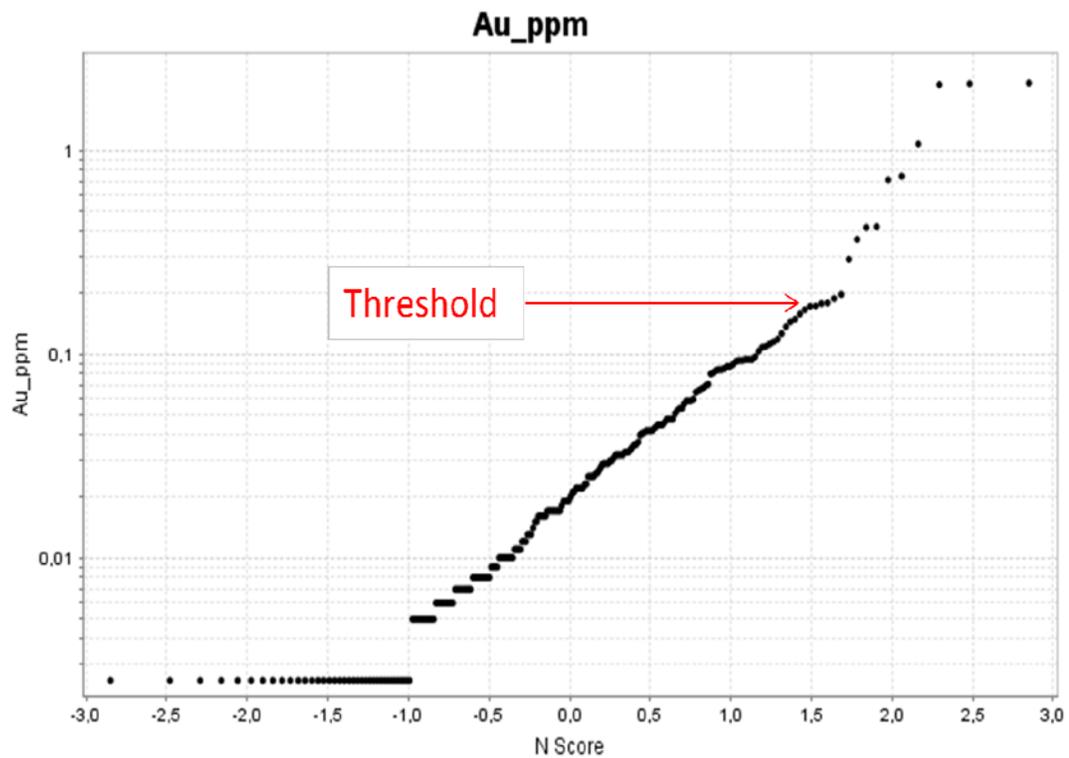


Gráfico N°12. Probabilidad de Distribución Logarítmica para el Au. Blanco II

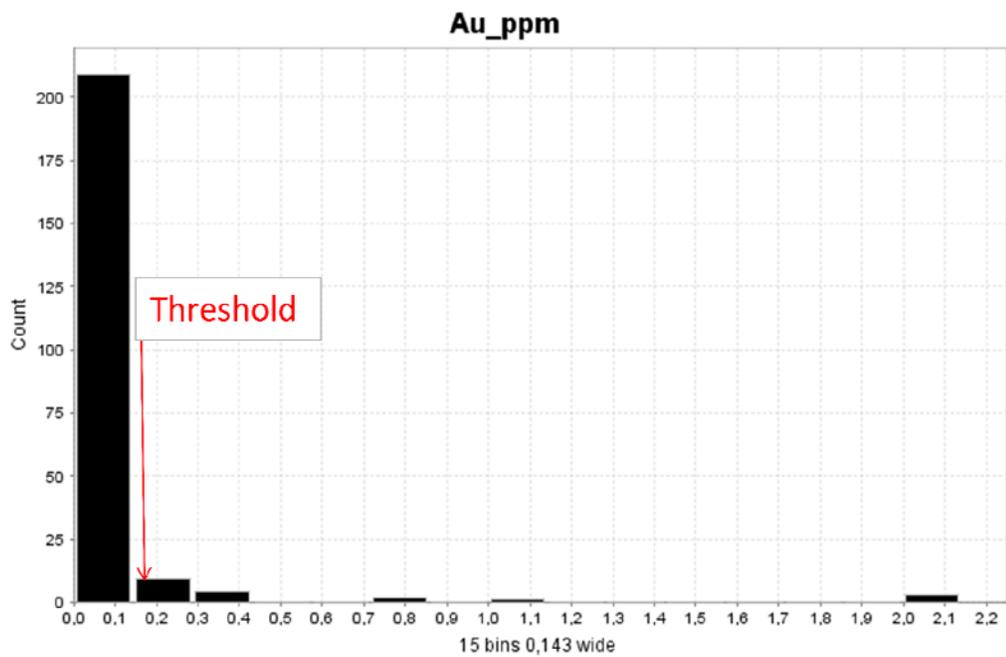


Gráfico N°13. Histograma Lineal para el Au. Blanco II

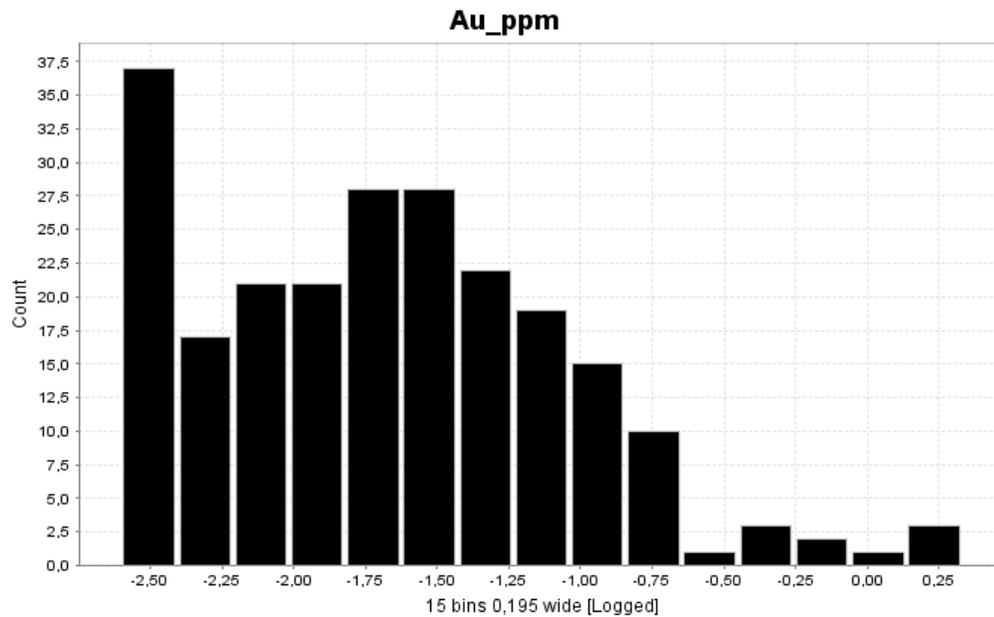


Gráfico N°14. Histograma de Distribución Log-normal para el Au. Blanco II

Según la gráfica podemos indicar los valores del *Threshold* y *Background*:

- El *Threshold* corresponde al cambio en la pendiente de la curva en este caso 185 ppb que también sería 95 percentil.
- El *Background* corresponde al 50 percentil que es igual a la mediana para cada elemento, en este caso sería 20 ppb.

	Au ppb	
	Desde	Hasta
Background	0.00	20.00
Threshold	20.00	185.00
Anomalía	185.00	730.00
Anomalía Mayor	730.00	2140.00

Cuadro N° 11. Valores Anómalos en Au. Blanco II

Para el elemento As nos da el siguiente histograma:

Tabla de Frecuencias para el As		
Clase	Frecuencia	% Acumulado
0.74	1	0.44%
0.91	7	3.51%
1.09	11	8.33%
1.26	14	14.47%
1.43	16	21.49%
1.61	22	31.14%
1.78	35	46.49%
1.95	26	57.89%
2.12	31	71.49%
2.30	25	82.46%
2.47	24	92.98%
2.64	5	95.18%
2.82	3	96.49%
2.99	1	96.93%
3.16	4	98.68%
More	3	100.00%
	228	

Cuadro N°12. Tabla de Frecuencias para el As. Blanco II

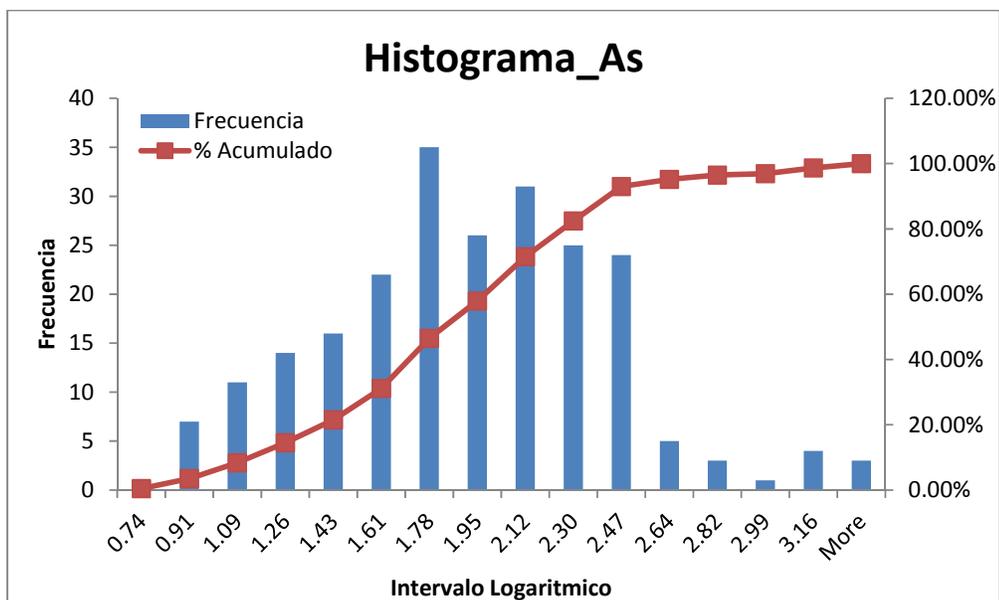


Gráfico N°15. Histograma del As. Blanco II

Para el Hg nos da el siguiente histograma:

Tabla de Frecuencias para el Hg		
Clase	Frecuencia	% Acumulado
-1.62	1	0.44%
-1.34	1	0.88%
-1.06	3	2.19%
-0.78	6	4.82%
-0.49	10	9.21%
-0.21	24	19.74%
0.07	36	35.53%
0.36	36	51.32%
0.64	33	65.79%
0.92	35	81.14%
1.20	16	88.16%
1.49	12	93.42%
1.77	6	96.05%
2.05	3	97.37%
2.34	3	98.68%
More	3	100.00%
	228	

Cuadro N°13. Tabla de Frecuencias para el Hg. Blanco II

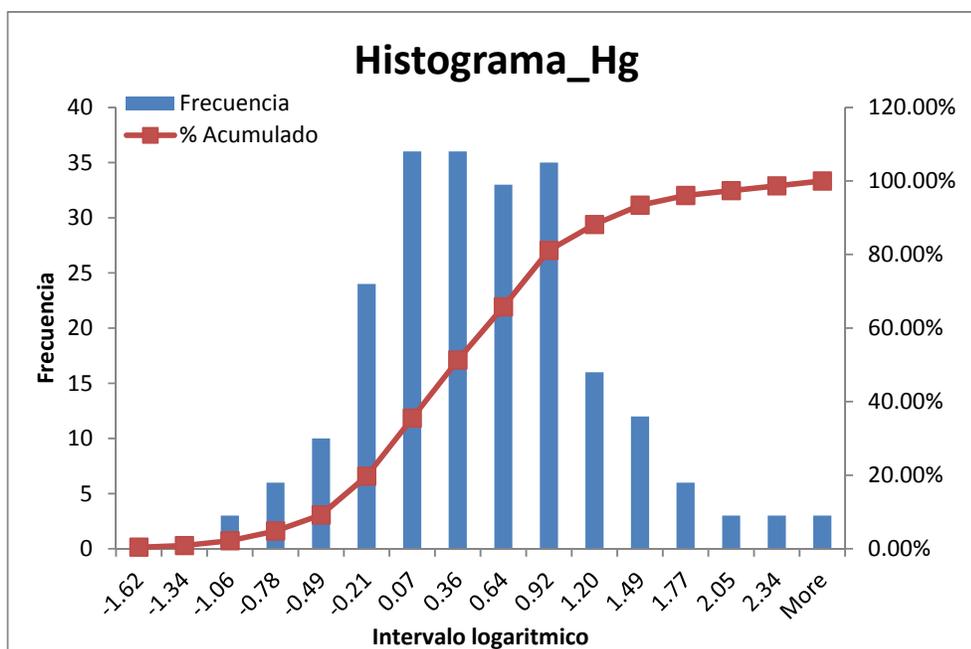


Gráfico N°15. Histograma del Hg. Blanco II

Analizando ambos blancos, se puede apreciar mediante los histogramas que presentan una grafica bi-modal en ambas poblaciones, donde nos da una idea del volcánico argilizado (roca caja) y la otra perteneciente a la zona de brechas (freáticas e intrusivas) correspondiente al Blanco I y asociadas a las zonas de distensión como fallas y vetillas en el Blanco II.

4.2.2 Correlación Geoquímica

La correlación geoquímica es descrita mejor como una relación entre dos tipos de variables o, en nuestro caso, elementos de mineralización (solamente cualitativa y aproximada) puede ser sustituido por un factor preciso, denominado índice de correlación **I.C.**, el cual da una medida rigurosa de su grado de dependencia.

En el caso de una prospección geoquímica el índice de correlación, **I.C.**, mide el grado de dependencia de dos variables log-normal.

El coeficiente **IC** fluctúa entre -1 y +1, teniendo en cuenta que:

Si el **I.C.** = 0 significa una completa independencia entre dos elementos,

Si el **I.C.** = +1 indica una correlación directa perfecta entre ellos

Si el **I.C.** = -1 Indica una correlación inversa perfecta.

Cabe señalar que si hubiese valores repetitivos en la sub-población (conjunto de datos en cada elemento) la correlación no existirá, así mismo si existiesen en la mayoría de la sub-población números iguales a cero, no habrá valor existente para la correlación.

Entonces tenemos los resultados de la correlación, de los cuales se descartan los que no tienen valores de correlación, por las causas antes mencionadas. Tenemos en cuenta que las correlaciones no son absolutas, es por eso que además de obtener correlaciones numéricas por el método de Pearson se ha realizado correlaciones gráficas para los elementos.

En la correlación log-normal obtenida de Pearson para el presente trabajo, se obtiene la siguiente sub-división:

<i>Muy Buena</i>	-	<i>0.75 – 1.00</i>
<i>Buena</i>	-	<i>0.50 – 0.75</i>
<i>Baja</i>	-	<i>0.25 – 0.50</i>
<i>Muy Baja</i>	-	<i>0.10 – 0.25</i>

Correlación Log-Normal para el Blanco I

Au (ppb)

Se puede observar que geoquímicamente el Au tiene un máximo de 3700 ppb, un Background de 64 ppb, un Threshold de 535 ppb y una Anomalía Mayor de 805 ppb. Presenta baja correlación con ciertos elementos como el As (I.C. = 0.365), el Cu (I.C. = 0.280), el Mo (I.C. = 0.267) y el Sb (I.C. = 0.265).

As (ppm)

El As presenta un valor máximo de 1500 ppm, un Background de 51 ppm, un Threshold de 513 ppm y una Anomalía Mayor de 710 ppm. Presenta una buena correlación con el Cu (I.C. = 0.634), el Sb (I.C. = 0.621) y el Mo (I.C. = 0.537) y una baja correlación con el Hg (I.C. = 0.468).

Sb (ppm)

Para el Sb se tiene un valor máximo de 608 ppm, un Background de 7 ppm, un Threshold de 103 ppm y una Anomalía Mayor de 180 ppm. Presenta una buena correlación con el As (I.C. = 0.621) y con el Mo (I.C. = 0.524).

Hg (ppm)

Del análisis estadístico podemos diferenciar para el Hg un máximo de 89.7 ppm, un Background de 0.185 ppm, un Threshold de 22 ppm y una Anomalía Mayor de 46 ppm. El Hg refleja una buena correlación con el Cu (I.C. = 0.641) y baja correlación con la Ag (I.C. = 0.491).

Correlación Log-Normal para el Blanco II**Au ppm**

El Au presenta un valor máximo de 2140 ppb, un Background de 20 ppb, un Threshold de 185 ppb y una anomalía Mayor de 730 ppb. Presenta una buena correlación con el Hg (I.C. = 0.569) y una correlación baja con el Mo (I.C. = 0.401) y el Cu (I.C. = 0.366), así como también presenta una correlación inversa con la Ag (I.C. = -0.205).

As (ppm)

El As presenta un valor mayor de 2170 ppm con un Background de 68 ppm, un Threshold de 425 ppm y una Anomalía Mayor de 1034 ppm. Se tiene una buena correlación directa con el Pb (I.C. = 0.556) y con el Sb (I.C. = 0.599), así como una baja correlación con la Ag (I.C. = 0.481).

Sb (ppm)

Geoquímicamente el Sb presenta un valor máximo de 1350 ppm, un Background de 7 ppm, un Threshold de 75 ppm y una Anomalía Mayor

de 147 ppm. Presenta geoquímicamente una buena correlación con el As (I.C. = 0.599), el Pb (I.C. = 0.671) y el Zn (I.C. = 0.627) y baja correlación con la Ag (I.C. = 0.480).

Hg (ppm)

Para el Hg se tiene un valor máximo de 415 ppm, un Background de 2.175 ppm, un Threshold de 47 ppm y una Anomalía Mayor de 143 ppm. Presenta una buena correlación con el Cu (I.C. = 0.560) y baja correlación con el Mo (I.C. = 0.469).

A continuación se presenta los cuadros de correlación de acuerdo a la ubicación de las muestras.

Correlación Log-Normal Blanco I										
	Au_ppm	Ag_ppm	As_ppm	Bi_ppm	Cu_ppm	Hg_ppm	Mo_ppm	Pb_ppm	Sb_ppm	Zn_ppm
Au_ppm	1	0.055	0.365	-0.006	0.280	0.071	0.267	-0.027	0.265	0.127
Ag_ppm		1	0.174	0.432	0.480	0.491	0.349	0.137	0.257	0.363
As_ppm			1	0.093	0.634	0.468	0.537	0.189	0.621	0.066
Bi_ppm				1	0.179	0.117	0.164	0.306	0.260	0.350
Cu_ppm					1	0.641	0.435	0.024	0.342	0.307
Hg_ppm						1	0.196	-0.064	0.192	-0.055
Mo_ppm							1	0.050	0.524	0.283
Pb_ppm								1	0.223	0.187
Sb_ppm									1	0.269
Zn_ppm										1

Cuadro N° 14. Correlación entre los elementos pertenecientes al Blanco I

Correlación Log-Normal Blanco II

	Au_ppm	Ag_ppm	As_ppm	Bi_ppm	Cu_ppm	Hg_ppm	Mo_ppm	Pb_ppm	Sb_ppm	Zn_ppm
Au_ppm	1	-0.205	0.079	0.088	0.366	0.569	0.401	-0.413	0.054	-0.257
Ag_ppm		1	0.481	0.318	-0.074	-0.006	-0.285	0.609	0.480	0.490
As_ppm			1	0.166	0.387	0.386	0.172	0.556	0.599	0.361
Bi_ppm				1	-0.173	-0.025	-0.433	0.044	-0.088	-0.323
Cu_ppm					1	0.560	0.595	-0.044	0.324	0.139
Hg_ppm						1	0.469	0.015	0.367	0.054
Mo_ppm							1	-0.262	0.166	0.026
Pb_ppm								1	0.576	0.671
Sb_ppm									1	0.627
Zn_ppm										1

Cuadro N°15. Correlación entre los elementos pertenecientes al Blanco II

4.3 Anomalías Geoquímicas, Niveles de prioridad e Interpretaciones

El Cerro Josefa presenta dos zonas principales anómalas:

Blanco I (Prioridad 01)

Es una zona principal al SE del complejo dómico, anómalo en Au, las cuales se encuentran asociadas a brechas polimícticas con clastos de riolita, areniscas cuarzosas, lutitas carbonosas y areniscas en matriz riolítica.

Los clastos riolíticos presentan alteración *vuggy* sílica de moderada a fuerte, esta brecha es cortada y/o asociada a brechas freáticas (tufisitas auríferas) asociadas a un alineamiento NO-SE cortado por el alineamiento de fallas NE-SO principales de la zona. Estas brechas presentan clastos de riolita con fuerte alteración *vuggy* sílica. Los *vuggy* están rellenos con alunita, por ello se concluye también que presentan alteración argílica avanzada.

Estas estructuras se encuentran principalmente en la cumbre del Cerro Josefa y en el cuello del domo.

El Complejo Volcánico Josefa presenta una correlación entre las alteraciones hidrotermales con la geoquímica de elementos. El oro se encuentra asociado a las brechas freáticas y tufisitas cortantes a estas.

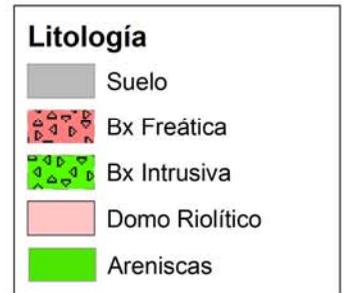
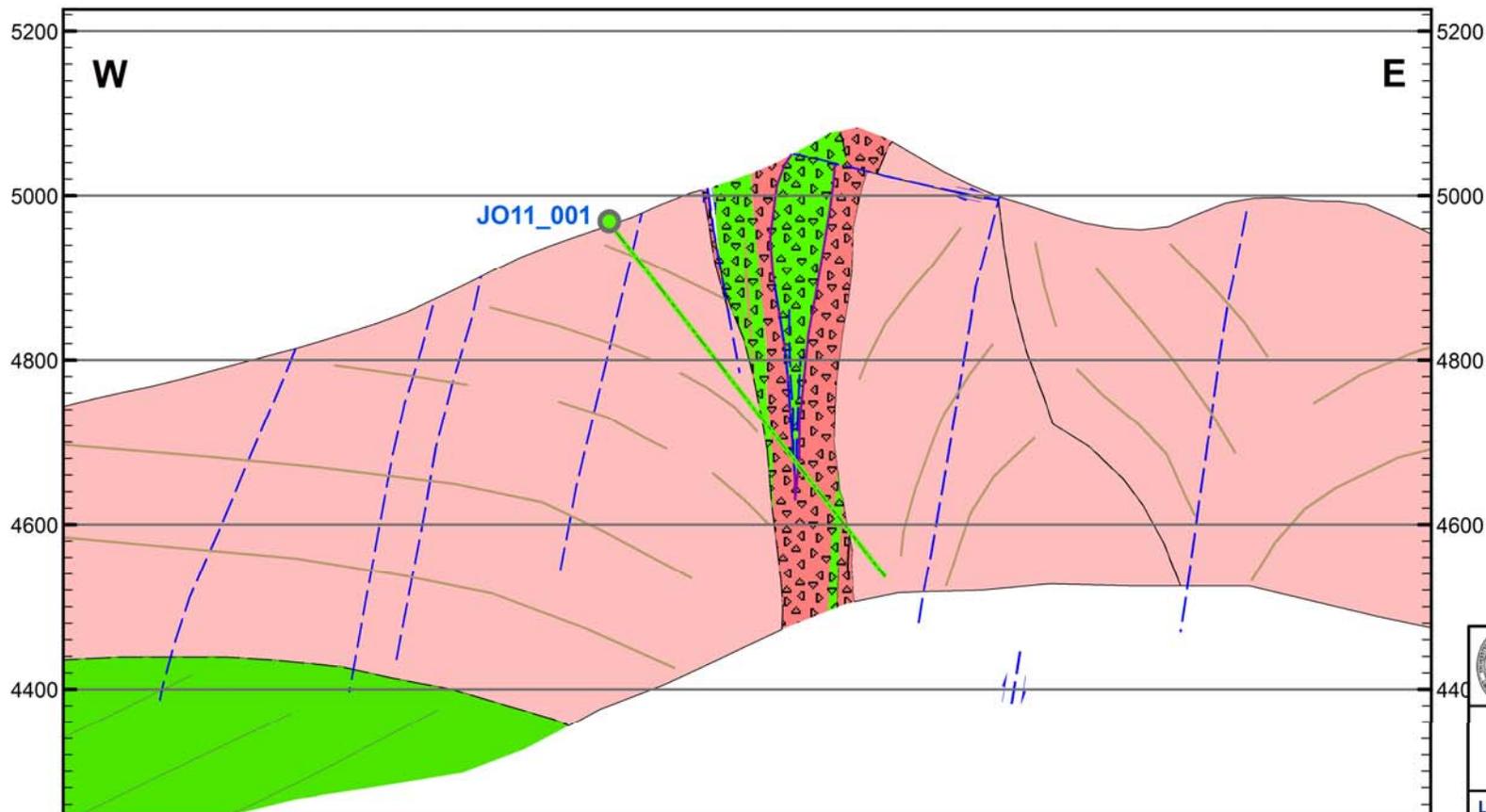
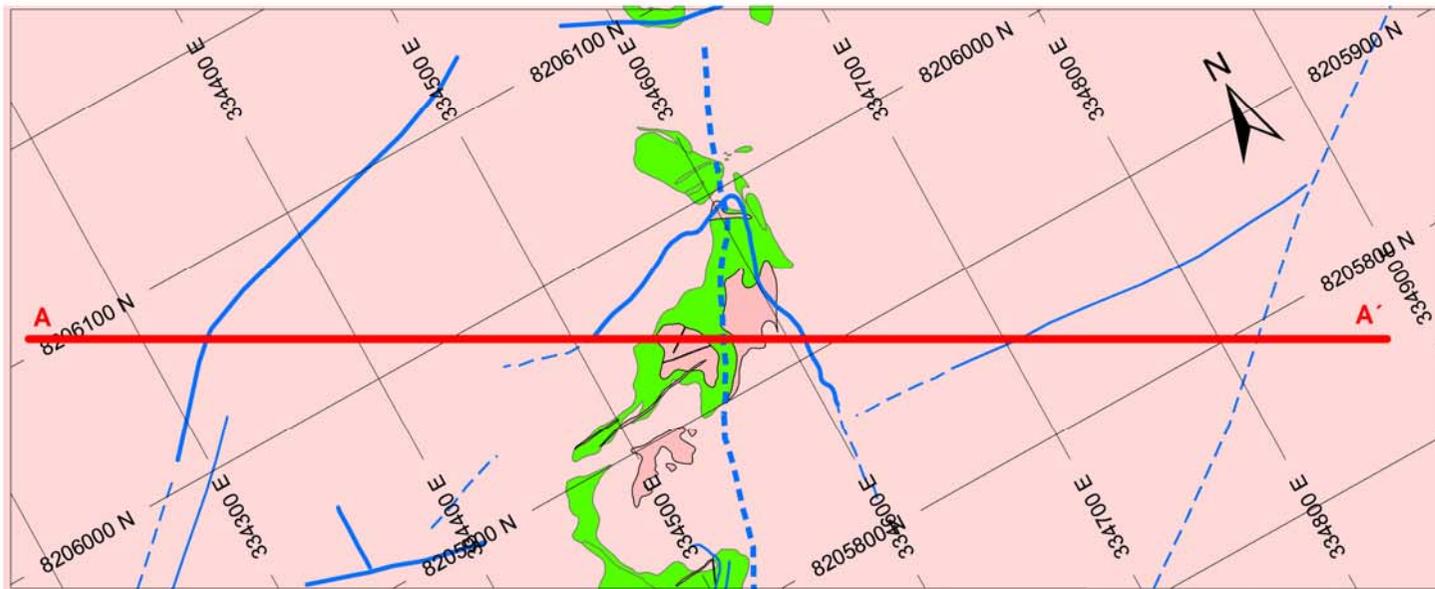
Ambas cortan a la brecha de matriz riolítica, en la cima del Cerro Josefa; la roca caja, domo riolítico, se encuentra alterada por *vuggy* sílica y presenta, también, alteración argílica avanzada. Las estructuras presentan el valor más alto $>1\text{g/t Au}$ en estructuras de orientación $\text{N}25^\circ\text{E}$.

Blanco II (Prioridad 02)

La segunda es una zona anómala en Au, se expresa en el borde NO del Complejo Dómico, en esta zona afloran estructuras de 0.1 a 0.3 m de ancho, emplazadas en domos riolíticos con alteración argílica avanzada.

Esta segunda anomalía presenta un control típicamente estructural, debido a que las brechas auríferas se encuentran emplazadas en zonas de distensión como fallas y fracturas de orientación NO-SE con fallas distensivas NE-SO. Es así que estas estructuras auríferas aprovecharon estas fallas para emplazarse.

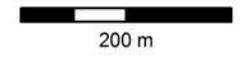
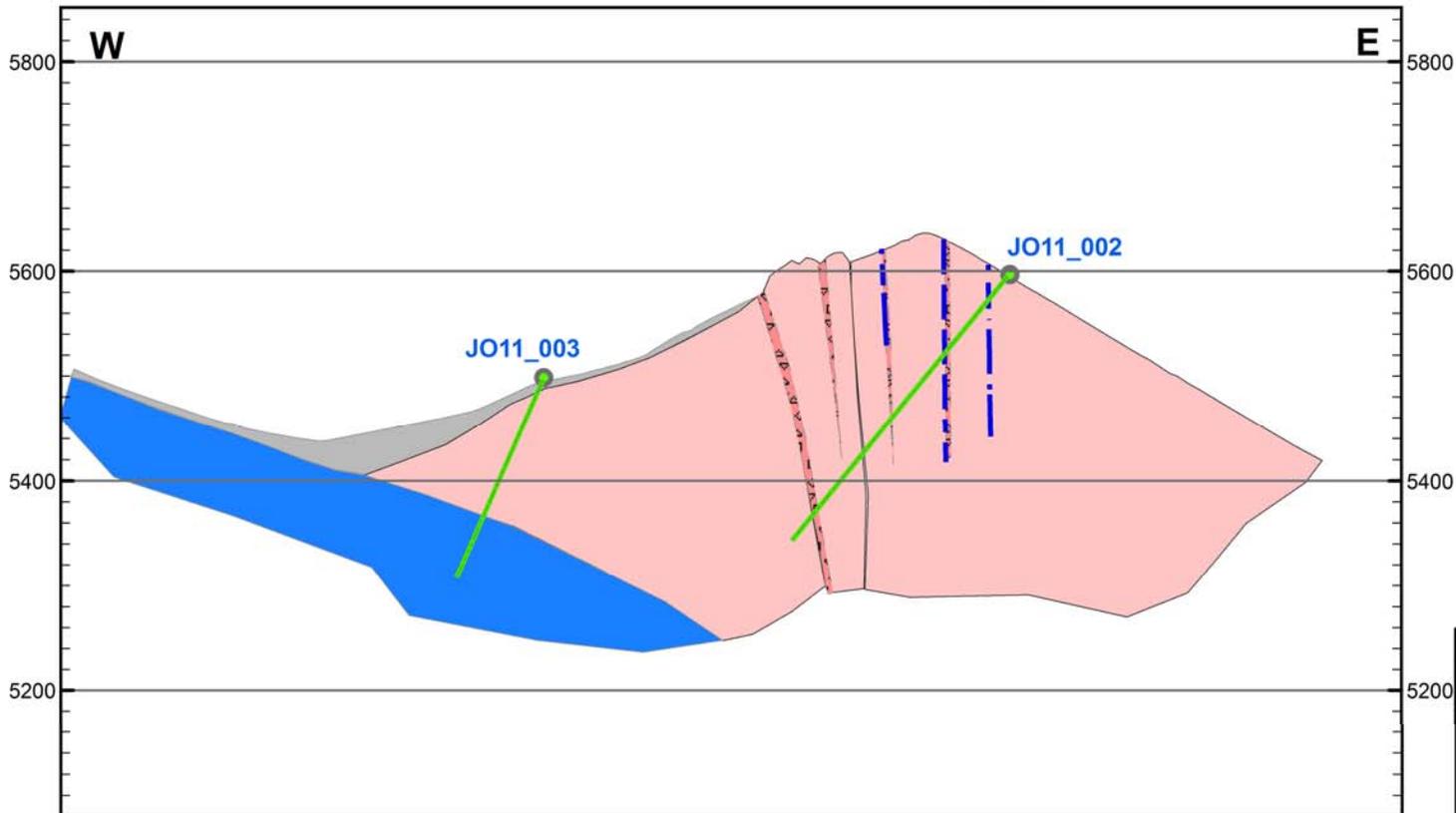
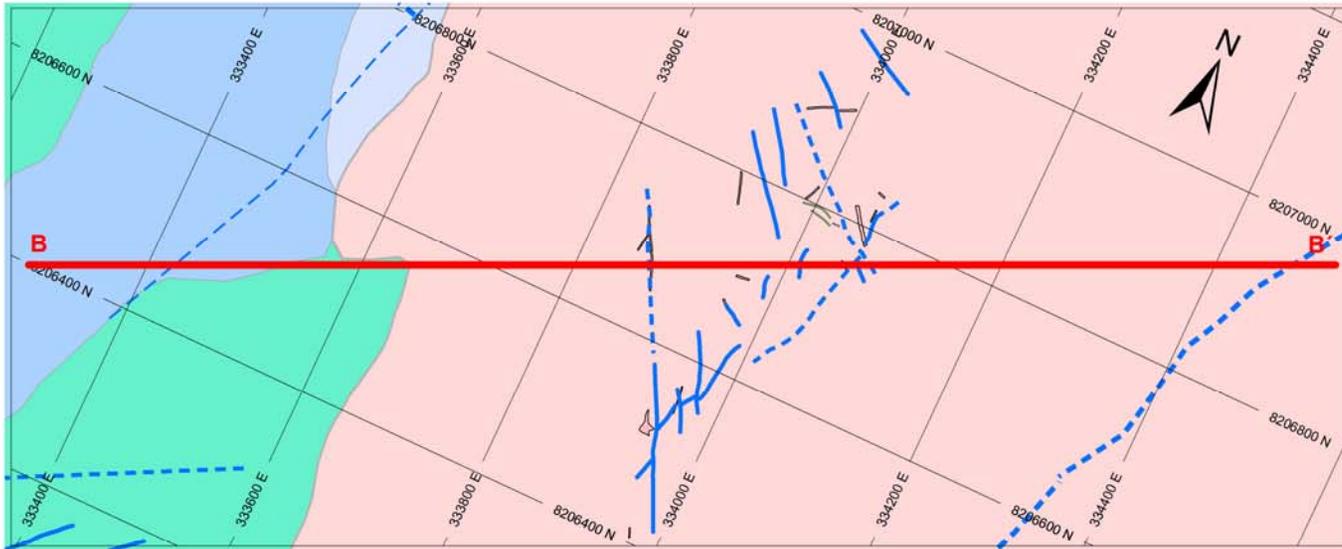
La asociación Au-Hg se encuentra relacionada a estructuras emplazadas en estas fallas tensionales, con moderada a fuerte intensidad de alteración argílica avanzada. Estas estructuras cortan al cuello del domo (Norte del Cerro Josefa) con dirección NO.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

PROYECTO JOSEFA
SECCION GEOLOGICA A - A'

Lámina N° 10	Escala: Gráfica	Fecha: Noviembre 2011
--------------	-----------------	-----------------------



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica	
PROYECTO JOSEFA SECCION GEOLOGICA B - B'		
Lámina N° 11	Escala: Gráfica	Fecha: Noviembre 2011

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. El Cerro Josefa presenta un alto potencial de mineralización en Au propio de un sistema epitermal de alta sulfuración, entrampado en brechas hidrotermales de composición polimíctica, clastos riolíticos, lutitas carbonosas, areniscas cuarzosas y areniscas granulares de matriz riolítica.
2. Las dos anomalías presentan un alineamiento NO – SE, correspondiente a la Fase Peruana-Inca, característico de un control estructural, asociado a fallas tensionales.
3. Los clastos riolíticos presentan alteración *vuggy* sílica de moderada a fuerte, esta brecha es cortada y/o asociada a brechas freáticas (tufisitas auríferas) controladas por el alineamiento NO – SE cortado por el alineamiento de fallas NE–SO principales de la zona.

4. La brecha polimíctica de matriz riolítica indica una reactivación de la cámara magmática, la cual posteriormente generó la inyección de tufisitas auríferas, las cuales cortan a las demás brechas presentes en el complejo dómico.

5. Las tufisitas auríferas se encuentran en estas brechas polimícticas de matriz riolítica y en el medio del cuello del domo cortante a las estructuras principales, indicando una fase post-domo.

6. En la zona Norte del complejo Dómico Josefa, aflora diques piroclásticos en una matriz carbonácea. Estas estructuras han aprovechado las fallas principales, de tensión y principalmente el contacto entre el domo riolítico y las rocas pelíticas del Yura para su ingreso. No presentan valores altos en Au de interés, sin embargo, señala un control de borde del complejo Dómico.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Realizar secciones para perforar las brechas freáticas aflorantes en las dos zonas anómalas, con dirección NW-SE para el Blanco I y NE-SW para el Blanco II, perpendiculares al afloramiento, con la posibilidad de encontrar en profundidad una anomalía mayor y constante ligado a dichas brechas.
2. Se recomienda realizar una campaña de muestreo de suelos, debido a que la mayor parte del domo se encuentra cubierta por material coluvial. El trabajo tiene como objetivo realizar calicatas cerca a las anomalías de Au en afloramientos, para conocer si la muestra analizada tiene poco o mucho transporte, y buscar la roca para observar si la anomalía proviene de alguna estructura.
3. Se sugiere realizar un cartografiado a detalle de las estructuras 1/500 asociadas o no a la mineralización, así como una interpretación estructural de las mismas.
4. Realizar trincheras transversales a las estructuras con un mapeo al detalle de las mismas.
5. Examinar el contacto entre secuencia sedimentaria y el domo riolítico por constituir un posible potencial de mineralización debido a un

reemplazamiento que se pueda dar en esta zona, similar a lo que se tiene en el cerro contiguo con mineralización.

6. Plasmar, si fuese posible, una prospección geofísica de la zona con IP-Resistividad y Cargabilidad.

BIBLIOGRAFIA

1. **Atkinson W., Skewes M., Stern Ch.** (2007) Seminario: Brechas Hidrotermales. Colegio de Ingenieros del Perú (CIP), Capitulo de Ingeniería Geológica - Lima.
2. **Colombo F., Martí J.** (1992) Depósitos Volcano-sedimentarios. Nuevas Tendencias: Sedimentología, Consejo Superior de Investigaciones Científicas-Madrid, v1: 273-350.
3. **Corbett J., Leach T.** (1995) Southwest Pacific Rim Gold-Copper Systems: Structure, alteration and mineralization. Inmet Mining and Cyprus Exploration at Panama City.
4. **Dietrich A.** (2002) Prospecto Condorasi Chico, Departamento de Moquegua. Informe Interno del Proyecto Puno, Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.
5. **INGEMMET** (1995). Carta Geológica Nacional. Serie A, Boletín N° 55.
6. **INGEMMET** (1995). Carta Geológica Nacional. Boletín N° 14 y Boletín N° 42.
7. **Jefry D., Polan G.** (2005) Potosí Property – Poly-metallic Ironstone. Informe Interno de Minera Sillustani.
8. **León I.** (199X) Antecedentes sedimentológicos del Jurásico-Cretácico inferior en la zona de Yura. Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Geología y Geofísica.
9. **Marocco R., Del Pino M.** (1966) Geología del Cuadrángulo de Ichuña. Hojas: 33-u. INGEMMET Boletín 14:1–57.
10. **McPhie J., Doyle M., Allen R.** (1993) Volcanic Textures, A guide to the interpretation of textures in volcanics rocks. Centre for Ore Deposit and Exploration Studies University of Tasmania.
11. **Palacios O., De la Cruz J., De la Cruz N., Klinck B.** (1993) Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al oeste del lago Titicaca-Sur del Perú. INGEMMET Boletín 42:1–257.
12. **Rivera J.** (2007) Introducción a la Geoquímica General y Aplicada. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica y Geográfica