

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA**



**METODOLOGÍA DE ANÁLISIS A ESCALA BANCO  
BERMA PARA LA DETERMINACIÓN DE  
PARÁMETROS DE DISEÑO APLICADO A MINA LA  
ALUMBERA PROVINCIA DE CATAMARCA,  
ARGENTINA**

**Memoria para optar al Título de Geólogo**

**MARCO ANTONIO SANHUEZA OJEDA**

**CONCEPCIÓN, 2017**



**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA**



**METODOLOGÍA DE ANÁLISIS A ESCALA BANCO  
BERMA PARA LA DETERMINACIÓN DE  
PARÁMETROS DE DISEÑO APLICADO A MINA LA  
ALUMBERA PROVINCIA DE CATAMARCA,  
ARGENTINA**

**Memoria para optar al Título de Geólogo**

**MARCO ANTONIO SANHUEZA OJEDA**

**Profesor Patrocinante: Sr. Ramiro Ulises Bonilla Parra**

**Profesores Comisión: Dr. Luis Arturo Quinzio Sinn**

**Msc. Abraham Elías González Martínez**

**Concepción, 2017**

“Todos los esfuerzos que se hagan en la búsqueda de la verdad, tarde o temprano conducirán al camino correcto”



Ramana Maharshi

*A MIS PADRES*

# ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>RESUMEN</b> .....	
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. OBJETIVOS Y ALCANCES .....	1
1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	2
1.3. CLIMA DEL SECTOR .....	2
1.4. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E HIDROLOGÍA .....	3
1.5. METEOROLOGÍA DE TRABAJO .....	3
1.6. AGRADECIMIENTOS .....	5
<b>2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL</b> .....	6
2.1. GEOLOGÍA REGIONAL .....	9
2.1.1. Litología .....	9
2.1.1.1. Rocas Volcánicas .....	9
2.1.1.2. Rocas Metamórficas .....	10
2.1.1.3. Rocas Estratificadas .....	10
2.1.1.4. Rocas Intrusivas .....	12
2.1.2. Estructuras .....	12
<b>3. GEOLOGÍA LOCAL</b> .....	15
3.1. GENERALIDADES .....	15
3.2. LITOLOGÍA .....	15
3.3. ESTRUCTURAS .....	19
3.4. ALTERACIÓN HIDROTÉRMICA .....	20
3.5. MINERALIZACIÓN .....	23
<b>4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	25
4.1. MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO .....	25
4.1.1. Método RQD .....	25
4.1.2. Sistema Clasificación GSI .....	26
4.1.3. Sistema Clasificación Bieniawski .....	27
4.1.4. Sistema Clasificación de Barton .....	30
4.1.5. Sistema Clasificación de Laubscher .....	31
4.2. MODELOS DE FALLA .....	32
4.2.1. Fallas con Control Estructural .....	33
4.2.2. Fallas sin Control Estructural .....	35
4.3. CÁLCULO DE ESTABILIDAD EN TALUDES .....	35
4.3.1. Métodos de Cálculo de Estabilidad en Taludes .....	36
4.4. INCERTIDUMBRE Y CONFIABILIDAD .....	40
4.4.1. Incertidumbre en Geotecnia .....	41
4.4.2. Confiabilidad .....	41



<b>5. ANTECEDENTES MODELO GEOTÉCNICO .....</b>	<b>43</b>
5.1. MODELO GEOLÓGICO .....	43
5.1.1. Alteraciones .....	45
5.2. MODELO HIDROGEOLÓGICO .....	45
5.2.1. Pozos de Bombeo y Pozos de Observación .....	47
5.2.2. Dominios Hidrogeológicos .....	47
5.3. CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO .....	49
5.4. REVISIÓN DE LAS UNIDADES GEOTÉCNICAS .....	50
5.4.1. Unidad Geotécnica Alteración Potásica .....	50
5.4.2. Unidad Geotécnica Alteración Cuarzo-Magnetita .....	51
5.4.3. Unidad Geotécnica Andesita Alteración Clorita – Epidota .....	51
5.4.4. Unidad Geotécnica Andesita Alteración Fílico-Argílica (FDA) SW .....	51
5.4.5. Unidad Geotécnica Andesita Alteración Fílico-Argílica (FDA) NE .....	51
5.4.6. Unidad Geotécnica Rubble .....	52
<b>6. REVISIÓN MODELO ESTRUCTURAL .....</b>	<b>54</b>
6.1. ANTECEDENTES ESTRUCTURALES GENERALES .....	54
6.1.1. Estructuras Mayores .....	54
6.1.2. Estructuras Menores .....	55
6.2. REVISIÓN DE DOMINIOS ESTRUCTURALES .....	57
6.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	57
<b>7. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD .....</b>	<b>60</b>
7.1. INTRODUCCION Y MECANISMOS DE INESTABILIDAD .....	60
7.2. PARÁMETROS DE DISEÑO DE RAJO Y CONCEPTO BANCO BERMA ..	63
7.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	67
7.4. CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD .....	68
7.4.1. Escala de Banco .....	68
7.5. ANÁLISIS A ESCALA DE BANCO .....	68
7.5.1. Análisis Estadístico de Sistemas de Discontinuidades Menores .....	69
7.5.2. Zonificación del Rajo por Orientación de Taludes .....	69
7.5.3. Identificación de Potenciales Mecanismo de Inestabilidad .....	70
7.5.4. Confiabilidad del Ángulo Cara de Banco .....	81
7.5.5. Ancho de Berma y Ángulo Interrampa por Seguridad .....	87
7.6. RECOMENDACIONES DE ZONAS DE DISEÑO .....	105
<b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>109</b>
<b>9. REFERENCIAS .....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXOS .....</b>	

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. 1. Ubicación y accesos Mina La Alumbraera .....	2
1. 2. Proceso Geotécnico .....	4
2. 1. Mapa Geológico Regional del área de estudio .....	6
2. 2. Mapa Geológico del Complejo Volcánico Farellón Negro .....	8
2. 3. Posible borde de caldera del Complejo Volcánico Farallón Negro .....	10
2. 4. Fracturamiento del Complejo Volcánico Farallón Negro .....	13
3. 1. Alteración hidrotermal de Mina La Alumbraera .....	21
4. 1. Carta para evaluar el índice de resistencia geológica .....	27
4. 2. Condiciones para la rotura plana .....	33
4. 3. Condiciones para la rotura en cuña .....	34
4. 4. Proyección estereográfica de falla por volcamiento .....	35
4. 5. Proyección estereográfica de rotura rotacional .....	36
4. 6. Métodos de cálculo para análisis de estabilidad en taludes .....	37
5. 1. Mapa Geológico del yacimiento Bajo de la Alumbraera .....	44
5. 2. Perfil de alteración yacimiento Bajo de la Alumbraera.....	46
5. 3. Ubicación pozos de bombeo y de observación .....	47
5. 4. Dominios Hidrogeológicos con sus pozos de bombeo asociados .....	48
5. 5. Unidades Geotécnicas en topografía del rajo .....	53
6. 1. Fallas mayores proyectadas a topografía actual .....	55
6. 2. Estereogramas de discontinuidades menores por dominio .....	58
6. 3. Cuadro de comparación sistemas estructurales .....	59
7. 1. Mecanismos de inestabilidad en taludes .....	60
7. 2. Potenciales inestabilidades para distintas escalas de un rajo .....	63
7. 3. Parámetros que definen la geometría de un talud minero .....	66
7. 4. Estereograma de discontinuidades menores de dominios 1 y 2B .....	70
7. 5. Zonificación de diseño por taludes .....	71
7. 6. Identificación de potenciales mecanismos de inestabilidad .....	72
7. 7. Identificación de mecanismos de inestabilidad en talud 8 del rajo .....	73
7. 8. Confiabilidad del ángulo cara de banco .....	81
7. 9. Distribución normal de la probabilidad de condición del dipdir .....	82
7.10. Distribución exponencial negativa de la longitud de un sistema .....	84
7.11. Longitud crítica para falla plana y cuña .....	85
7.12. Análisis Rock Plane para inestabilidad del tipo falla plana .....	87
7.13. Análisis en Swedge para inestabilidad de tipo cuña .....	88
7.14. Esquema de descreste y ancho de berma .....	91
7.15. Cálculo del ancho mínimo de berma .....	93
7.16. Confiabilidad del descreste .....	94
7.17. Parámetros de diseño banco berma y determinación del descreste .....	95
7.18. Zonificación de sectores de diseño para el rajo final .....	105
7.19. Zonas de diseño recomendadas para el rajo final .....	108

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
4. 1. Sistema de clasificación RMR (Beniawski, 1989) .....	28
5. 1. Alteraciones del yacimiento Bajo de la Alumbreira .....	45
5. 2. Descripción de macizos rocosos reconocidos .....	49
5. 3. Determinación de RMR89 en los macizos rocosos reconocidos .....	50
6. 1. Modelo Estructural de fallas mayores .....	51
6. 2. Dominios estructurales y familias descritas en el año 2014 .....	56
7. 1. Criterios de aceptabilidad a escala de banco .....	68
7. 2. Zonificación de taludes y dominios estructurales .....	70
7. 3. Potenciales mecanismos de inestabilidad a escala de banco .....	74
7. 4. Resumen confiabilidad ángulo cara de banco 75° y 80°, banco simple .....	89
7. 5. Resumen confiabilidad ángulo cara de banco 75° y 80°, banco doble .....	90
7. 6. Ancho de berma mínimo (ODOT, 2002), banco simple .....	93
7. 7. Ancho de berma mínimo (ODOT, 2002), banco doble .....	93
7. 8. Cálculo ancho berma y ángulo interrampa geométrico, banco simple .....	98
7. 9. Cálculo ancho berma y ángulo interrampa geométrico, banco doble .....	99
7.10. Análisis banco berma $\beta$ 80°, Ret. 80%, banco simple .....	100
7.11. Análisis banco berma $\beta$ 80°, Ret. 80%, banco doble .....	101
7.12. Análisis banco berma $\beta$ 80°, Ret. 75%, banco simple .....	101
7.13. Análisis banco berma $\beta$ 80°, Ret. 75%, banco doble .....	102
7.14. Análisis banco berma $\beta$ 75°, Ret. 80%, banco simple .....	102
7.15. Análisis banco berma $\beta$ 75°, Ret. 80%, banco doble .....	103
7.16. Análisis banco berma $\beta$ 75°, Ret. 75%, banco simple .....	103
7.17. Análisis banco berma $\beta$ 75°, Ret. 75%, banco doble .....	104
7.18. Tabla resumen análisis banco berma, banco simple .....	106
7.19. Tabla resumen análisis banco berma, banco doble .....	106
7.20. Recomendación de parámetros de diseño por zonas .....	107

## RESUMEN

El Yacimiento Bajo de La Alumbra se encuentra en la República de la Argentina, al noroeste de la provincia de Catamarca, en la Cordillera de los Andes y a una altura promedio de 2.600 metros sobre el nivel del mar. Corresponde a un depósito mineral del tipo Pórfido Cuprífero, con explotación a cielo abierto de gran minería, emplazado en el Complejo Volcánico Farallón Negro, dominado por rocas de composición andesítica. La erosión diferencial de los distintos halos de alteración expone la parte superior del sistema.

El presente estudio tiene por objetivo general realizar un análisis banco berma con el fin de determinar las bases geotécnicas para el diseño del Pit final del rajo. Estas bases geotécnicas comprenden los parámetros de diseño y recomendaciones al diseño. Para ello fue necesario una recopilación y revisión de la información tanto geológica como geotécnica entregada por Minera La Alumbra.

En la Revisión del Modelo Geotécnico se identificaron 6 unidades geotécnicas principales para el 2014 y se verificó que no se presentan unidades distintas a las descritas en el 2007, así como en los dominios estructurales no se reconocen cambios lo suficientemente severos, que determinen un nuevo dominio estructural, sino que se ha generado una redefinición de la importancia de algunos sistemas. La excepción a lo anterior lo constituye el Dominio 2B, en el cual se han definido de nuevo sus familias y se han actualizado los estudios geotécnicos en los cuales están proyectados.

En Mina La Alumbra así como en minas a rajo abierto que se encuentran dentro de un macizo rocoso de buena a regular calidad geotécnica, la estabilidad y seguridad de los bancos está gobernada por el comportamiento de las discontinuidades menores o joint sets. Para determinar los parámetros de diseño a escala de banco se debe realizar un análisis basado en el tratamiento de sistemas de discontinuidades menores.

La altura del banco ( $H_b$ ) generalmente será determinado por parámetros operacionales y para definir el ángulo del banco ( $\beta$ ), se realiza un análisis de sensibilidad, para distintos valores de ( $\beta$ ), este análisis consiste en determinar la confiabilidad de cada uno, donde la confiabilidad es el producto de la probabilidad que poseen los potenciales tipos de fallamiento de aflorar en la pared del banco y de comprometer un volumen importante. Además como criterio de aceptabilidad se ha considerado conservar más de 2/3 de la altura del banco, o que los sistemas de discontinuidades menores afecte menos de 1/3 de la altura del banco.

El ancho de berma es determinado a partir del criterio de retención de caída de rocas de ODOT; este criterio define el ancho de berma requerido para retener un determinado porcentaje de rocas, considerando la altura del banco y el ángulo del banco.

De acuerdo a los de este análisis la confiabilidad de los ángulos cara de banco, cumple, en general con los criterios de aceptabilidad adoptados, que corresponden a 65% en banco simple y 70% en banco doble. De acuerdo al análisis de confiabilidad banco berma, se recomienda la implementación de parámetros de diseño esencialmente con cara de banco de 75°, con sectores en particular con diseños de 65° y 70°. No obstante lo anterior, otras alternativas de diseño pueden ser evaluadas.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 OBJETIVOS Y ALCANCES

El objetivo de este estudio es realizar un análisis a escala banco berma definiendo parámetros de diseño para el rajo final que cumplan con la seguridad y estabilidad requeridos por Mina La Alumbraera. Para este análisis fue necesario aplicar la metodología de diseño banco berma que se basa en la estimación de la confiabilidad (probabilidad) de lograr un ángulo cara de banco dado y la determinación de un ancho de berma en función de los criterios de aceptabilidad establecidos para este trabajo.

Para la elaboración del este trabajo se ha considerado la recopilación de antecedentes del Modelo Geotécnico y desarrollos mineros actuales y futuros proporcionados por Mina La Alumbraera a E-Mining Technology (EMT), lo cual permitió contar con la información suficiente para el desarrollo de este análisis.

Los objetivos específicos a alcanzar son:

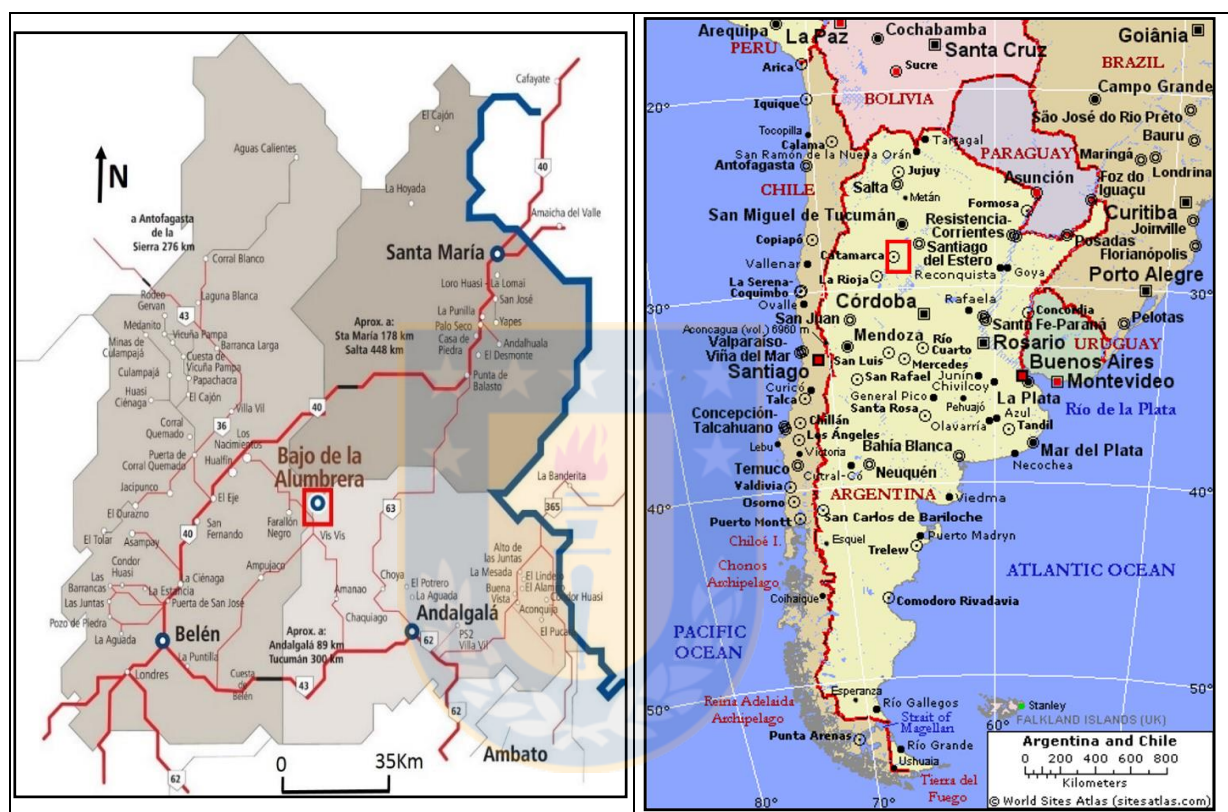
- Revisión del Modelo Geotécnico.
- Revisión del Modelo Estructural.
- Realizar un análisis a escala banco berma para la determinación de parámetro de diseño
- Realizar recomendaciones operacionales para la materialización del diseño propuesto con mínimas desviaciones.

Este trabajo no considera análisis de estabilidad a escala Interrampa y Global, los cuales se recomienda sean abordados en una próxima etapa de estudio.

## 1.2 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Yacimiento Bajo La Alumbraera está ubicado en la Republica de la Argentina, al NW de la

provincia de Catamarca, en la Cordillera de los Andes y a una altura promedio de 2.600 m s.n. m. El yacimiento se encuentra a una distancia de 400 km al NW de San Fernando del Valle de Catamarca a 320 km al SW de la ciudad de San Miguel de Tucumán y a 1350 km al N de Buenos Aires. El acceso a la mina es posible a través la Ruta Nacional N° 40, que une las localidades de Belén, Los Nacimientos y Santa María (Figura 1.1).



**Figura 1.1:** Ubicación y accesos Mina La Alumbra.

### 1.3 CLIMA DEL SECTOR

En el sector de estudio, prevalecen condiciones de un tipo de clima desértico, con alta variabilidad de temperatura entre el día y la noche, con un régimen pluviométrico estacional que corresponde a una mayor cantidad de precipitaciones en una época determinada del año que generalmente corresponde a enero - febrero, siendo el resto del año, de menor lluviosidad y hasta de sequía.



## 1.4 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS E HIDROLOGÍA

De acuerdo a los antecedentes recopilados, el Yacimiento La Alumbraera se emplaza en la Cordillera de los Andes justo al Este del extremo sur de la Puna Argentina, en el ambiente estructural de las Sierras Pampeanas. Este ambiente se caracteriza por la presencia de cordones montañosos y cuencas. El nombre de "Bajo de la Alumbraera" deriva de su ubicación en una depresión topográfica, a las que localmente se las denomina "bajo". El "bajo" mide 1.800 de largo por 1.400 m de ancho, el fondo del mismo se sitúa a 2.620 m s.n.m. y las cumbres que lo rodean alcanzan 2.750 m s.n.m.

Su ambiente morfológico señala la presencia de cauces de los ríos y patrón de drenajes que indica gradiente en dirección sureste. A nivel regional, la zona se encuentra en la cuenca hidrográfica que muestra fuerte tendencia de drenaje hacia el SE.

La condición hidrológica distrital del Yacimiento Bajo de la Alumbraera se reconoce a partir del seguimiento de precipitaciones que se lleva a cabo en Mina La Alumbraera.

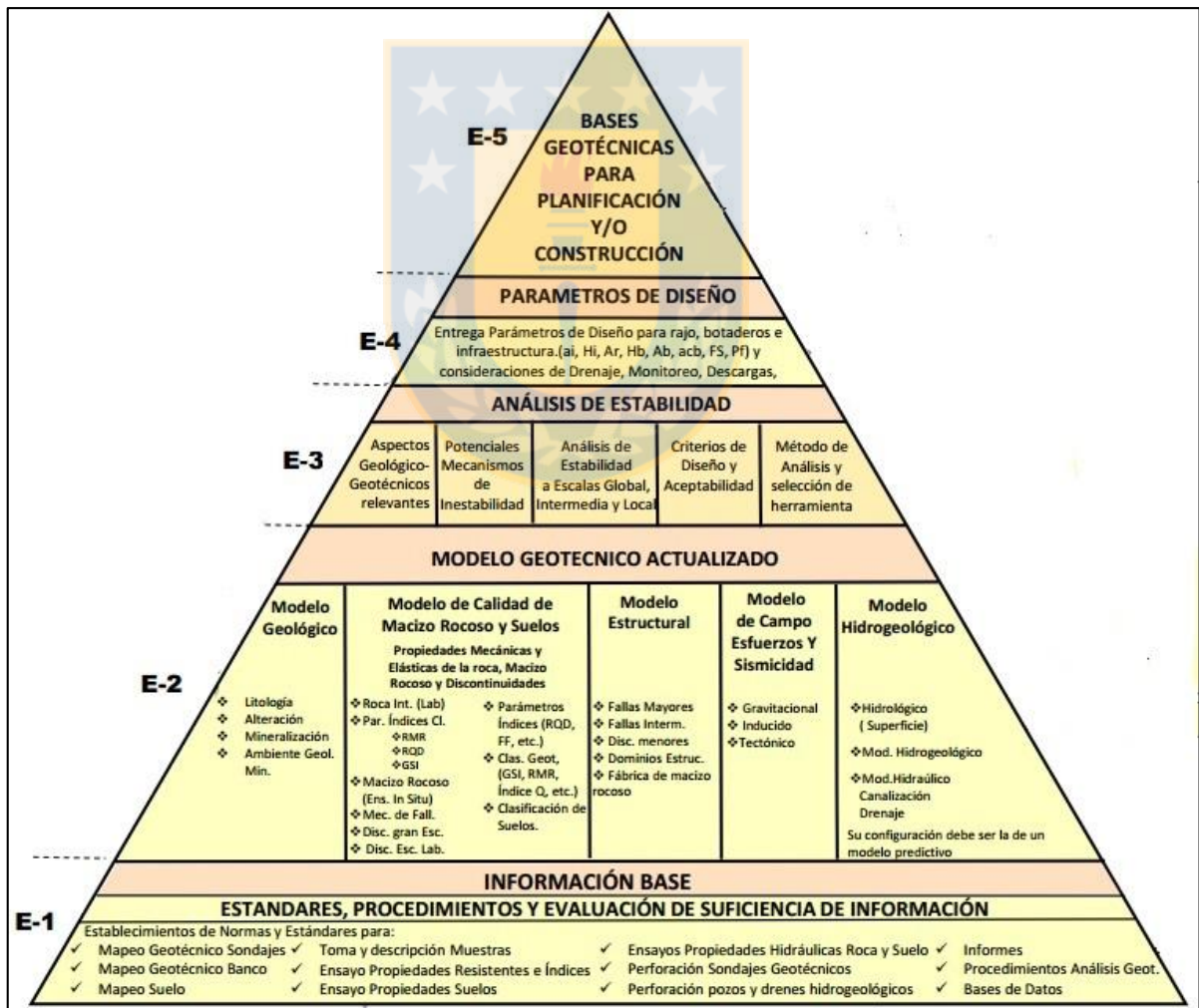
## 1.5 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para cumplir con los objetivos planteados, la metodología trabajo consideró una recopilación de información tanto geológica como geotécnica entregada por Mina La Alumbraera a EMT, la cual se divide en las siguientes etapas de trabajo:

- Recopilación y análisis de antecedentes geológicos, estructurales, y topográficos del proyecto
- Revisión del Modelo Estructural de fallas mayores. Se revisó el modelo estructural 3D de fallas mayores.
- Actualización de Dominio Estructurales por la incorporación de nueva información estructural, se realizó una actualización de Dominios Estructurales.
- Definición de taludes. A partir del análisis de la geometría de Pit final, se determina una zonificación de taludes, con el propósito de realizar el análisis banco berma.

- Análisis Banco-Berma. Donde fue necesario una zonificación de los taludes con la identificación de mecanismos de inestabilidad y se efectúa el proceso de análisis cinemático a escala de banco e interrampa.
- Determinación de parámetros geotécnicos por zona de diseño. Se determinan los parámetros de diseño de zona de taludes y de definen zonas de diseño.

Para cumplir los objetivos planteados para el desarrollo de este estudio, se consideró la metodología de trabajo basada en el proceso geotécnico que se puede resumir en un triángulo que muestra las diferentes etapas que se deben llevar a cabo para la determinación de parámetros de diseño de un rajo (Figura 1.2).



**Figura 1.2:** En esta figura se resume el Proceso Geotécnico que detalla la metodología de trabajo desarrollada en este trabajo para la elaboración de un análisis banco berma.



## 1.6 AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a la empresa EMT por darme la oportunidad de trabajar en su empresa pudiendo ganar experiencia estos años como Geólogo y gracias a ello permitir el desarrollo de esta memoria.

Agradecer a la Universidad de Concepción por lo años de formación y por los buenos momentos pasados en esta casa de estudio todos estos años.

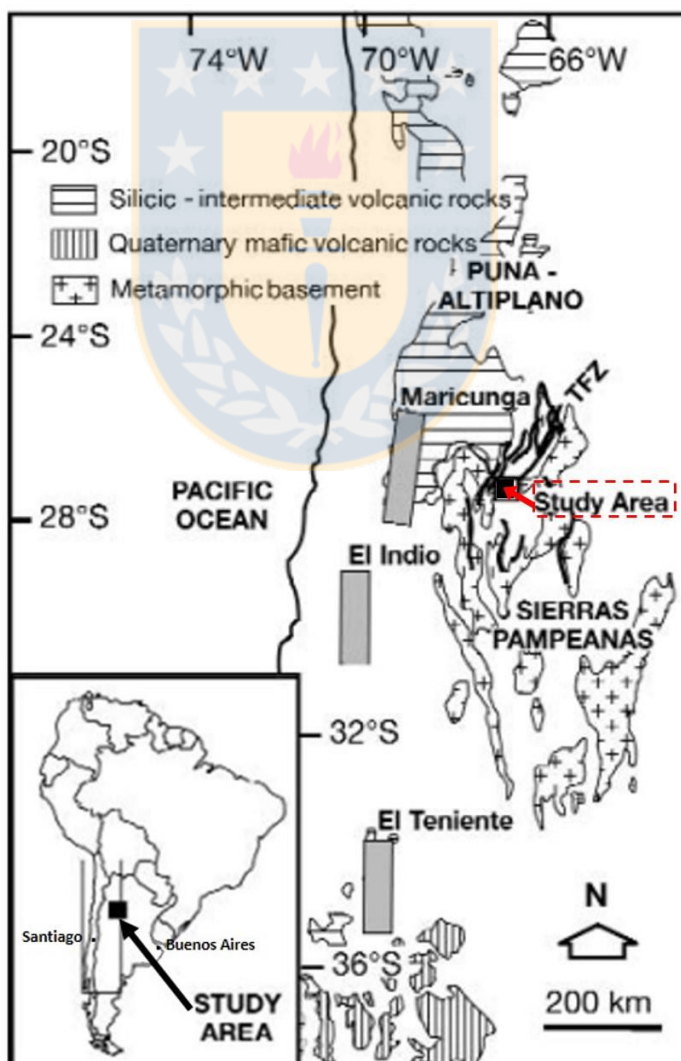
Al Geólogo Geotécnico Ignacio Monforte, colega y amigo por su ayuda y aclaraciones constantes que se fueron dando en el desarrollo de este trabajo

A mi profesor patrocinante Ramiro Bonilla por darse el tiempo para corregir este trabajo y poder finalmente presentar esta Memoria de Título.

Finalmente agradecer en forma muy especial a mi padre Gastón que en paz descansa en los cielos, y a mi madre Bernardita por todo su apoyo, esfuerzo, dedicación y paciencia que han puesto todos estos años para mi formación como persona y profesional. También a mis hermanos por su compañía y apoyo a lo largo de este tiempo, al igual que mis abuelos, tíos, primos y amigos que son también, parte de mi vida.

## 2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El área de estudio se encuentra dentro de las Sierras Pampeanas Occidentales (Ramos 1999) (Figura 2.1). Las rocas más antiguas de la región afloran en la Sierra de la Ovejería y constituyen el basamento cristalino. Corresponden a las metamorfitas de bajo grado de la Formación Suncho de edad Cámbrico (Mirré y Aceñolaza, 1972). Están intruidas por cuerpos ígneos de gran extensión de composición granítico–granodiorítica correspondiente al Granito Capillitas del Ordovícico Inferior (Pankhurst y otros, 2000). Sobre este basamento se depositaron sedimentos clásticos continentales de la Formación El Morterito (Turner, 1962) de edad Mioceno Superior (Anzótegui y otros, 2007).



**Figura 2.1:** Mapa Geológico Regional del área de estudio.

El Complejo Volcánico Farallón Negro se desarrolló en un ambiente tectónico de torsión transpresivo en la cuenca de retroarco del margen continental (Gutiérrez y otros, 2002; Gutiérrez 2000). Intruye a las rocas de la Formación El Morterito y su edad es atribuida al Mioceno Superior (Sasso 1997, Sasso y Clark 1998 y Halter y otros. 2004). Proffett (2003) describió la geología del Complejo Volcánico como una secuencia de rocas volcánicas de composición predominantemente andesítica con volúmenes menores de rocas dacíticas, intruidas por stocks, diques y filones andesítico-basálticos a riodacíticos. En la parte central del Complejo Volcánico aflora el Stock Monzonítico Alto de la Blenda atravesado por un enjambre de diques riodacíticos a riolíticos.

Las rocas volcánicas están cubiertas por areniscas y tobas pertenecientes a la Formación El Cajón (Turner 1962) de edad Mioceno Superior-Plioceno (Parra y Morales 2003). La secuencia termina con depósitos modernos conglomerádicos, aterrizados y fluviales (Figura 2.2).

Desde el Mioceno Inferior, el distrito Farallón Negro ha sido parte de una cuenca intermontana en una zona de deformación lineal. Las rocas volcánicas Farallón Negro se desarrollaron en las Sierras Pampeanas que es una zona de alzamiento del basamento desarrollando al este de la cordillera principal alzamiento de bloques del basamento cristalino que comenzó durante el Mioceno Medio y ha continuado de forma intermitente hasta el presente.

Las rocas volcánicas Farallón Negro fueron emplazadas en el borde oriental de un amplio cinturón volcánico que se desarrolló en el Mioceno entre 12 y 5 Ma (Sasso y Clark, 1998).

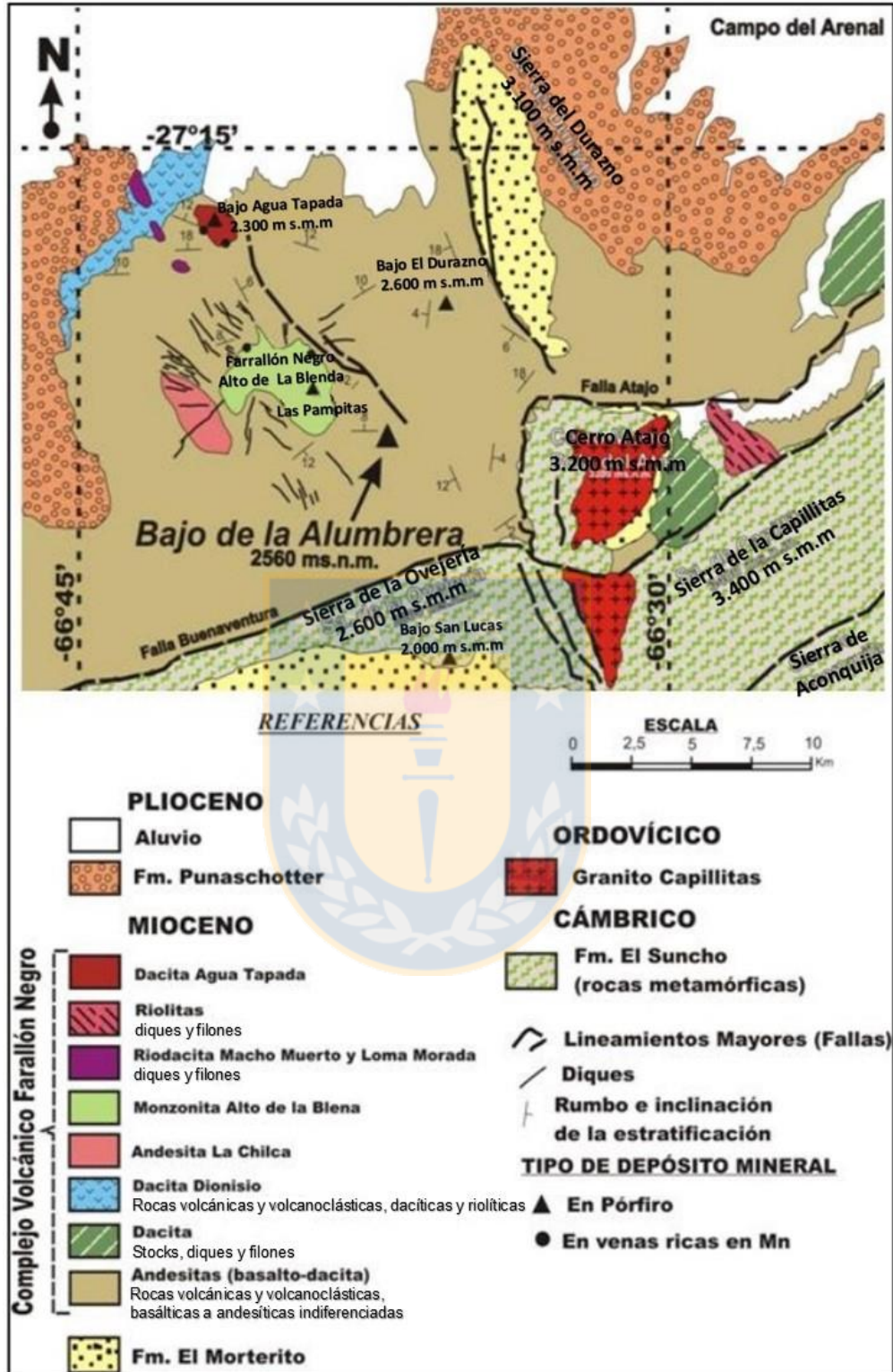


Figura 2.2: Mapa Geológico del Complejo Volcánico Farellón Negro (Tomado de y otros 2005).

## 2.1 GEOLOGÍA REGIONAL

### 2.1.1 Litología

#### 2.1.1.1 Rocas Volcánicas

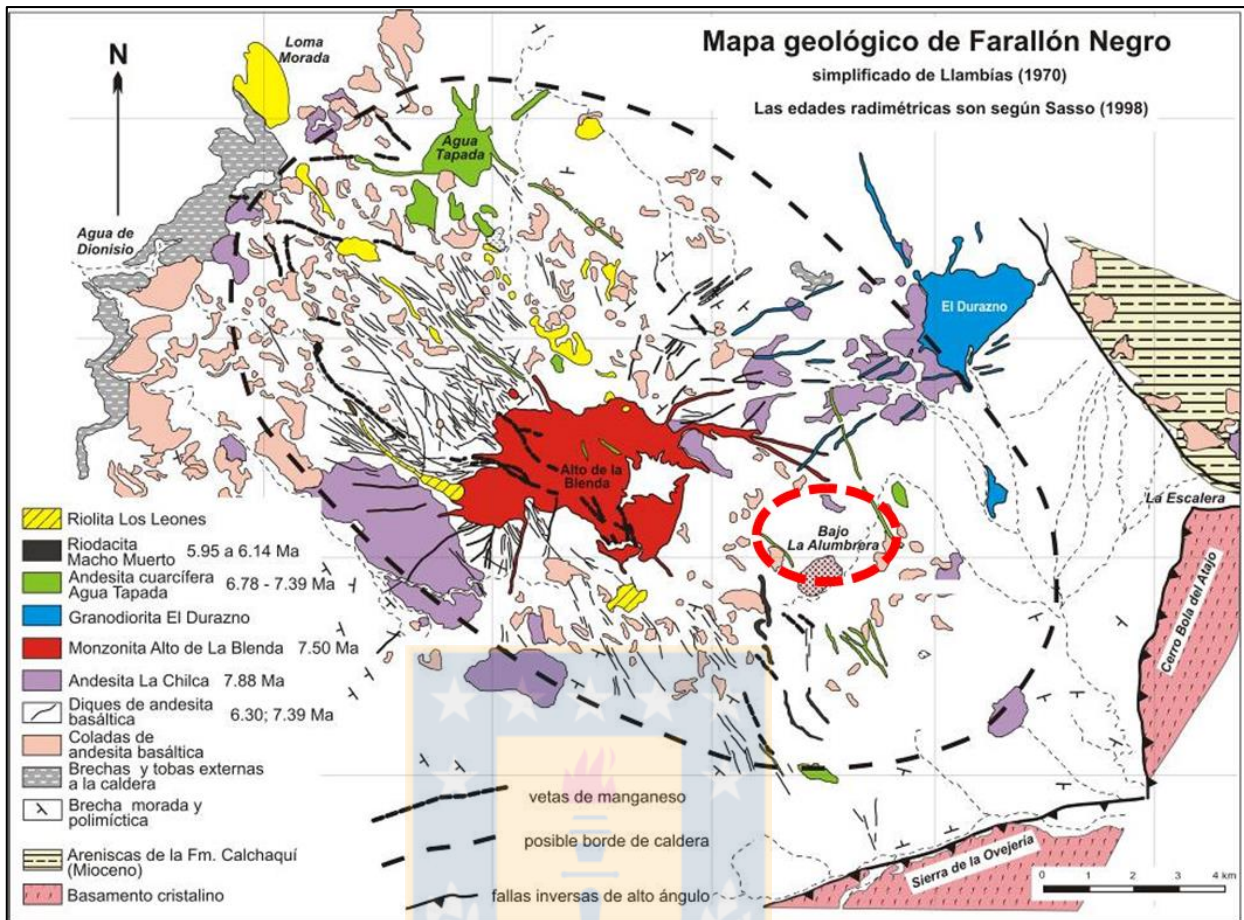
El Bajo de la Alumbra se encuentra enmarcado dentro del Complejo Volcánico Farallón Negro compuesto predominantemente por rocas de naturaleza andesítica con intercalaciones de brechas, coladas y lentes volcanoclásticos aislados a su vez intruidos por cuerpos irregulares andesíticos, y en su parte central por un stock monzonítico. Pequeños intrusivos dacíticos, por lo común mineralizados, completan estas intrusiones. En general la forma del complejo se puede considerar como un estratovolcán compuesto, coronado por una caldera elíptica con orientación NW-SE cuyo eje mayor alcanza los 16 km, y su eje menor 13 Km con una orientación NE-SW. La superficie es de alrededor de 255 Km<sup>2</sup>; este centro eruptivo puede ser caracterizado como un aparato volcánico denudado que conserva todavía en la periferia partes del viejo cono piroclástico (Figura 2.3).

Las brechas volcánicas están caracterizadas por la ausencia de orden o estratificación, gran variedad en tamaño y formas de sus fragmentos, polimícticas con variación de textura, color, grados de meteorización de sus fragmentos. Tienen un tipo predominante de clasto y su matriz es similar en composición al clasto predominante (Proffett, 2003).

Las coladas varían en composición de andesíticas a basálticas. En el sector del bajo de La Alumbra se expone un paquete de andesita de 670 m, éstas están subdivididas principalmente en base a sus características texturales. La mayoría de estas andesitas son brechas monolíticas y brechas de ceniza, las que la matriz y los fragmentos son similares con respecto a los fenocristales.

Algunas de las unidades clásticas están muy bien litificadas y se muestran bien soldadas. Menos común son los flujos de lava, brechas heterolíticas, conglomerados volcánicos y areniscas volcánicas (Sasso, 1997; Proffett, 2003).





**Figura 2.3:** Posible borde de caldera del Complejo Volcánico Farallón Negro (Tomado de Llambías, 1972).

### 2.1.1.2 Rocas Metamórficas

En el Distrito Farallón Negro esta compuesto por el basamento metamórfico sobre el cual sobreyacen rocas sedimentarias del Mioceno y rocas volcánicas (Coira y otros, 1982).

El basamento cristalino paleozoico consiste de filitas cuarcíferas, esquistos de mica y anfibolitas que han sido intruidas por rocas de edad Ordovícica que van desde sienogranitos a las fases monzograníticas del Granito Capillita (McBride y otros, 1976; Indri, 1979).

### 2.1.1.3 Rocas Estratificadas

Estas rocas son agrupadas en la Formación Morterito del Mioceno sobreyace en inconformidad al

basamento cristalino Paleozoico a lo largo del distrito Farallón Negro. Esta Formación comprende típicamente secuencias rojas-grises de intercalaciones de areniscas de grano fino- medio, areniscas lítica-feldespató, y limolitas laminadas. Las areniscas están caracterizadas por cuarzo y fragmentos líticos y granos de feldespatos derivados casi completamente del basamento cristalino. En la parte superior de la formación está compuesta por conglomerados.

El espesor en los sectores que aflora es de aprox. 150 m y en otras áreas está ausente. Una importante característica estratigráfica es que en el contacto superior de la formación El Morterito es gradacional e intercalado con rocas volcánicas del Complejo Farallón Negro. La transición está marcada por una secuencia grano-creciente del basamento a conglomerados de origen volcánico intercalados con areniscas rojas-grises.

Sasso (1997) concluye que la sedimentación de la Formación El Morterito se caracterizó por períodos cortos e intensos de sedimentación relacionadas a inundaciones repentinas, alternando con períodos de no depositación. Según la ocurrencia de gruesas capas de estratificación paralela de areniscas de grano fino a grueso, que son lateralmente continuas de más de cien metros, se concluye que la sedimentación ocurrió en una amplia llanura aluvial no confinada con el canal y ambientes de inundación, que localmente pueden haber sido lagos efímeros poco profundos.

El grano fino del tamaño de los sedimentos, la buena redondez y selección de los granos, y la procedencia del detrito sedimentario son consistentes con la Formación El Monterito siendo la sedimentación respuesta a un alzamiento del Basamento Cristalino Paleozoico. Similares procesos depositacionales y ambientales perduraron durante la depositación de la secuencia transicional de las rocas volcánicas del Farallón Negro, pero hubo un incremento del suministro material volcánico de grano grueso transportado por flujos sedimentarios de alta concentración. La edad de la Formación El Morterito está pobremente contrastada. Bossi y otros. (1993) sugirieron que el inicio de la sedimentación era de unos 13 Ma, y que la unidad basal de una formación correlativa (i.e., Formación Calchaquense) tiene una edad de  $10,7 \pm 1,7$  Ma (K-Ar; Strecker y otros, 1989).

Las rocas del Complejo Volcánico Farallón Negro fueron parcialmente cubiertos por areniscas y tobos de la Formación El Cajón (Turner 1962) de edad Plioceno. La secuencia termina con depósitos modernos conglomerádicos, aterrazados y fluviales.

#### 2.1.1.4 Rocas Intrusivas

Está compuestas por diques, sills y stock de composición andesítica basáltica a riolita que afloran a lo largo del distrito. La intrusiones fueron emplazadas a lo largo de la historia depositacional del Complejo Volcánico Farallón Negro.

El stock Alto de la Blenda es la unidad intrusiva más grande (2x3 km) del Complejo Farallón Negro y corresponde a una intrusión subvolcánica de composición andesítica de tamaño equigranular datados en  $7,37 \pm 0,22$  Ma (U-Pb edad en zircon: Harris y otros, 2004) y  $7,50 \pm 0,20$  Ma (40Ar/39Ar edad en hornblenda: Sasso and Clark, 1998) y es intruído por enjambres de diques más jóvenes. Alrededor del Stock de Alto de la Blenda se encuentran muchos otros cuerpos intrusivos, siendo el de mayor extensión una intrusión de tipo sill de composición andesítica con textura porfírica de hornblenda.

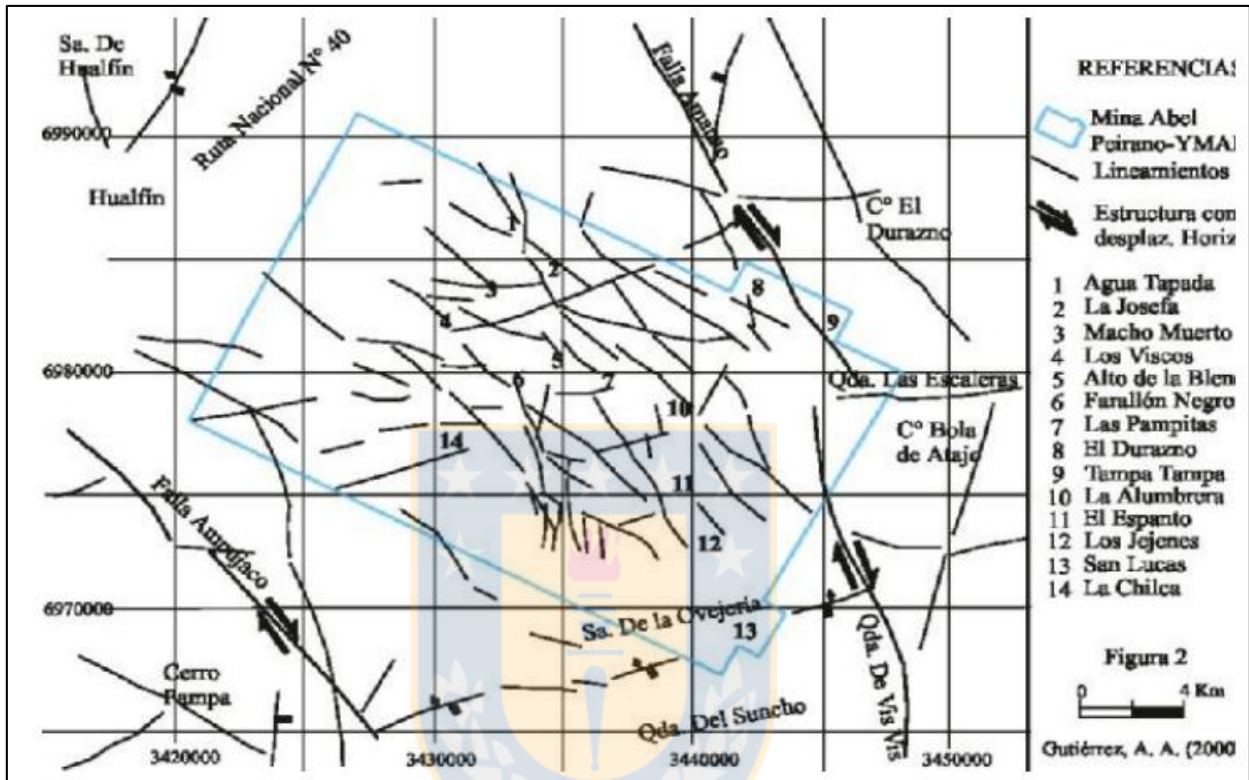
En conjunto, estas unidades definen un extenso cinturón intrusivo con tendencia al NW-SE, a lo largo del cual se encuentra Bajo de La Alumbreira. Numerosos diques dacíticos de hornblenda y biotita, similares a los que se observan en el sector de Bajo de la Alumbreira ocurren en todo el distrito. Diques basálticos a traquiandesíticos basálticos, y menos frecuentes sills, se observan que cortan todas las otras intrusiones y representan la última evidencia de un evento magmático volumétricamente significativo en el emplazamiento del Complejo Volcánico Farallón Negro.

#### 2.1.2 Estructuras

El Complejo Volcánico Farallón Negro, de rumbo preferencial NW-SE, está limitado al NE y SE por las fallas horizontales dextrales Amanao y Ampujaco, respectivamente; y en su interior se presentan estructuras de rumbo preferencial NW-SE y otras de rumbo NE-SW menos frecuentes (Figura 2.4).



El emplazamiento de este complejo ocurrió a fines del Terciario dando origen a yacimientos tipos pórfido de cobre y epitermal, conocidos en su conjunto como Distrito Minero Agua de Dionisio (YMAD).



**Figura 2.4:** Fracturamiento del Complejo Volcánico Farallón Negro. En el rectángulo azul se marca el Distrito Minero Aguas de Dionisio (YMAD).

Los diques e intrusivos subvolcánicos se han emplazado en el complejo volcánico siguiendo el patrón estructural, que al inicio de la actividad volcánica, tenía rumbo preferencial NE-SW, variando posteriormente a una posición NW-SE, producto de la rotación del eje de acortamiento máximo de NE-SW a NNW-SSE.

El proceso tectónico de rotación del eje de acortamiento de NE-SW a NNW-SSE, controló la evolución tectono-magmática del Complejo Volcánico Farallón Negro, y tuvo gran importancia en la formación de los yacimientos tipo pórfidos de cobre y epitermales. Los yacimientos epitermales de baja sulfidación, se forman en un régimen tectónico de carácter tensional, y los yacimientos tipo pórfido cuprífero en un régimen tectónico de carácter compresional (Gutiérrez y otros, 2002; Gutiérrez, 2000).

La variación del movimiento relativo de la Placa de Nazca entre los 35-18 Ma desde una posición E-W a otra NE-SW, con cambios en la velocidad de desplazamiento de 4 cm/año a 15 cm/año, respectivamente (Kay y otros, 1999; Trumbull y otros, 1999) y la actividad de la Dorsal de Juan Fernández, generaron fuerzas paralelas sinestrales de rumbo NE-SW entre los 27°S-33°S. Estas fuerzas paralelas son las responsables de la configuración morfotectónica de sierras Pampeanas y de la formación de un fracturamiento regional NE-SW y NW-SE a partir del Mioceno, originando además la formación de un incipiente “rift” de retroarco que favoreció la formación de los yacimientos del distrito YMAD y otros de Sierras Pampeanas (Gutiérrez, 2000a).



### **3. GEOLOGÍA LOCAL**

#### **3.1 GENERALIDADES**

Las litologías y alteraciones que a continuación se detallan, fueron descritas y ordenadas durante la campaña de exploración de 1994-1995, por John Proffett.

Los cuerpos intrusivos relacionados con la mineralización, consisten en una serie de pórfidos dacíticos, intruidos en el Complejo Volcánico Farallón Negro. La mineralización también se extiende a las andesitas que fueron intruidas por estos pórfidos.

Los pórfidos en el Bajo de la Alumbrera, ocurren como cuerpos tipo stocks, en su parte central y diques, en su parte central y bordes. Se puede distinguir una serie de intrusiones de pórfidos dacítico, formando un stock principal. Intrusiones tardías en forma de diques, cortan a este stock principal en su parte central y en sus bordes.

Los distintos pórfiros pueden ser caracterizados por sus variedades texturales y contenidos de fenocristales, pero son clasificados por intrusiones individuales por reconocimiento de contactos y relaciones de yacencia.

#### **3.2 LITOLOGÍA**

Las unidades de pórfiro, de más antiguas a más jóvenes son:

##### **3.2.1 Pórfiro Los Amarillos**

Es un stock ubicado en la parte Norte y NW del depósito con variedades texturales de pórfiro fino a equigranular fino. Localmente puede presentar venas de cuarzo esparcidas. Está intensamente alterado por alteración destructiva de feldespato. Gran parte de su textura original y composición son difíciles de determinar. Es un pórfiro premineral.

Se encuentra cortado por una serie de diques que fueron denominados Diques de Pórfiro del NW y pequeños cuerpos de pórfiros con abundantes venas de cuarzo.

En su borde NW, está muy bien expuesto su contacto con andesitas, con inclinación suave a moderada al Este-SE. Su contacto este y SE es con el pórfido tipo P3.

### **3.2.2 Stock Principal**

En las cercanías de los Cerro Colorado Norte y Colorado Sur, en la parte central de la mina, y hacia el oeste y SW de ellos, afloraba el stock principal con alteración potásica desde suave a intensa, venas de cuarzo y mineralización de cobre.

Los mapeos de años anteriores lo subdividían en los pórfidos (P2 y P3) en base a su abundancia de magnetita, pero trabajos posteriores lo hacen basándose en sus relaciones de campo.

La fase más antigua, que en parte coincide con el previo P2, se designó como el Pórfido Colorado Norte, generalmente con abundante mineralización.

Hay otros pórfidos más jóvenes, también mineralizados, que en parte coinciden con el previo P3, y han sido agrupados como P3 Temprano y Pórfido Ojos de Cuarzo, que a su vez se encuentran intruidos por fases más tardías como las que se incluyen bajo la denominación de Pórfido Campamento, Pórfido Norte y otros Pórfidos tardíos.

### **3.2.3 Pórfido Colorado Norte (P2)**

El cuerpo principal de pórfido Colorado Norte, se ubica en su afloramiento original ocupando los cerros Colorado Norte y oeste del Colorado Sur.

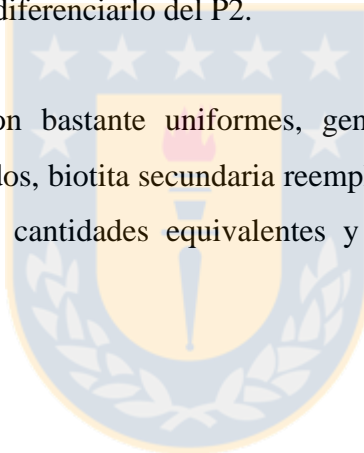
Durante los trabajos de exploración por sondeos, se comprobó su continuidad en profundidad, como una masa cilíndrica por debajo de aquellos cerros aunque retirándose su contacto oeste hacia el Este. Intruye a las andesita y es intruido por P3 temprano, Pórfido Ojos de Cuarzo y todos los

demás pórfidos jóvenes. Su mineralogía y textura original, están por lo común destruidas por intensa alteración potásica. Cuando se encuentra preservada su textura, presenta fenocristales de biotita, hornblenda, reemplazada por biotita secundaria y algunos fenocristales de cuarzo. Su matriz es rosada, consistente en cuarzo y feldespato potásico (el segundo más abundante), biotita y magnetita. Generalmente, es portador de las mayores leyes de cobre y oro.

#### **3.2.4 Pórfido P3 Temprano**

Constituye la mayor parte del stock principal. Corta venas de cuarzo y cuarzo-magnetita del P2 y a las andesitas. Es cortado por P3 Tardío, Pórfido Norte, Pórfido Campamento y demás pórfidos tardíos. Ocasionalmente tiene inclusiones de pórfidos más viejos, con fuerte mineralización, elementos que se utilizan para diferenciarlo del P2.

Su composición y textura son bastante uniformes, generalmente contiene fenocristales de plagioclasa y cuarzo redondeados, biotita secundaria reemplazando a hornblenda. Su matriz es de feldespato potásico-cuarzo en cantidades equivalentes y magnetita fina. Contiene moderada mineralización de cobre y oro.



#### **3.2.5 Pórfido Ojos de Cuarzo**

Aflora en los bordes S y E del Cerro Colorado Sur, y hacia el SW. Corta a P2, contiene fragmentos con venas de cuarzo del P2. Intruye a andesitas al sur. Y es intruido al SW del Colorado Sur por el Pórfido Campamento, con venillas de cuarzo.

Es similar al P3 Temprano, pero se diferencia por su contenido de prominentes, irregulares a redondeados fenocristales de cuarzo. En superficie es de tonos claros debido a una suave alteración destructiva de feldespato, con matriz rosado claro y de grano medio. En profundidad, cambia su tonalidad a más oscura, por presencia de biotita fina. Contiene venas de cuarzo de moderada a fuerte intensidad, variando también su alteración potásica de suave a moderada, con iguales intensidades de mineralización de cobre y oro.

### 3.2.6 Pórfido P3 Tardío

Estos pórfido, exhiben relaciones de campo que los sitúan a posteriori de los P3 Tempranos, pero parecen anteriores a los pórfido tardíos y diques de Pórfido del NW. Afloraban como pequeños cuerpos al Oeste del Colorado Norte formando parte del stock principal.

Los fenocristales están compuestos por plagioclasa, biotita, cuarzo y magnetita, en matriz muy fina a afanítica gris claro, con abundante plagioclasa y biotita. Su mineralización de cobre y oro es débil a muy débil.

### 3.2.7 Pórfido Norte

Tiene rumbo NNW-SSE en la parte norte del depósito, con un ancho variable entre 40 m al sur y 160 m al Norte, con buzamiento al oeste. Corta a andesitas y a un contacto entre andesitas y P3 Temprano.

Presenta fenocristales de plagioclasa subhedrales, biotita, hornblenda y cuarzo redondeados en una matriz gris clara a blanquecina de grano muy fino. Tiene una mineralización moderada de calcopirita acompañada de venillas de cuarzo y hornblenda biotitizada.

### 3.2.8 Pórfido Campamento

Es un cuerpo irregular en el SW del bajo de La Alumbreira, al sur y en las cercanías del antiguo campamento de exploración.

Contiene fenocristales de plagioclasa alterados, biotita, fenocristales de cuarzo, en una matriz de grano muy fino a afanítica gris claro. Su mineralización es muy débil y tiene escasas venas de cuarzo.

### 3.2.9 Diques de Pórfido del Noroeste

En el sector Noroeste del bajo, aparece un grupo de diques de rumbo NNW-SSE. Cortan a las andesitas extrusivas y diques de andesita. Los ubicados más hacia el oeste, cortan al Pórfido Los Amarillos. Están afectados por alteración epidota-clorítica.

### 3.2.10 Pórfido Tardíos

Algunos pequeños cuerpos y diques irregulares de estos pórfidos cortan al stock principal. Podrían correlacionarse con los diques de Pórfido del Noroeste. Algunos de estos pórfido tardíos, se presentan con matriz más oscura, menor porcentaje de plagioclasa y mayor cantidad de hornblenda parcialmente biotitizada.

### 3.2.11 Pórfido Postminerales

Son diques angostos y discontinuos de rumbo general NNW-SSE. Representan a los intrusivos más jóvenes de Bajo de La Alumbraera. Cortan a los demás pórfido y a las alteraciones potásica epidota-clorítica y no a la alteración destructiva de feldespato, que en ocasiones los afectan, pero siempre con menor intensidad que en la roca de caja donde se encuentran encajados.

## 3.3 ESTRUCTURAS

El depósito ha estado afectado por un importante fallamiento. En la parte central y este, predominan fallas normales de rumbo NNW-SSE, fuerte inclinación y bloques oeste hundidos, con desplazamientos verticales del orden de decenas de metros. En el SW, aparecen fallas de rumbo NW-SE y moderada inclinación al noreste, bloque este hundido, y desplazamientos verticales de hasta 200 metros.

Todas estas fallas son post-minerales, desplazando a todos los pórfidos, alteraciones y mineralizaciones de cobre y oro. En algunos casos, movilizan alteración destructiva, pero en otros actuaron como conductos de soluciones, con la consecuente alteración.

Las cuatro fallas más importantes que cortan el depósito son:

- a) Falla Yeso: se extiende de sur a norte del depósito, con rumbo NNW-SSE cortando al depósito en su parte central.
- b) Falla 56-50: Reconocidas en el sector NW del depósito, tiene rumbo NW-SE y se adosa a la Falla Yeso en la zona central.
- c) Falla Colorado Sur: Mapeada desde la zona central, continúa hacia el SE. Estas fallas corresponden a las de la primera descripción, con bloque oeste hundido.
- d) Falla Steve: ubicada al SE de la mina, corresponden a fallas con buzamiento al NNE.

### 3.4 ALTERACIÓN HIDROTERMAL

Se distinguen tres tipos de alteración en un arreglo concéntrico. Una zona central de alteración potásica, rodeada por un halo externo de epidota-clorítica y sobreimpuesta a las anteriores, una zona de destructiva de feldespato. (Figura 3.1).

#### 3.4.1 Alteración Potásica

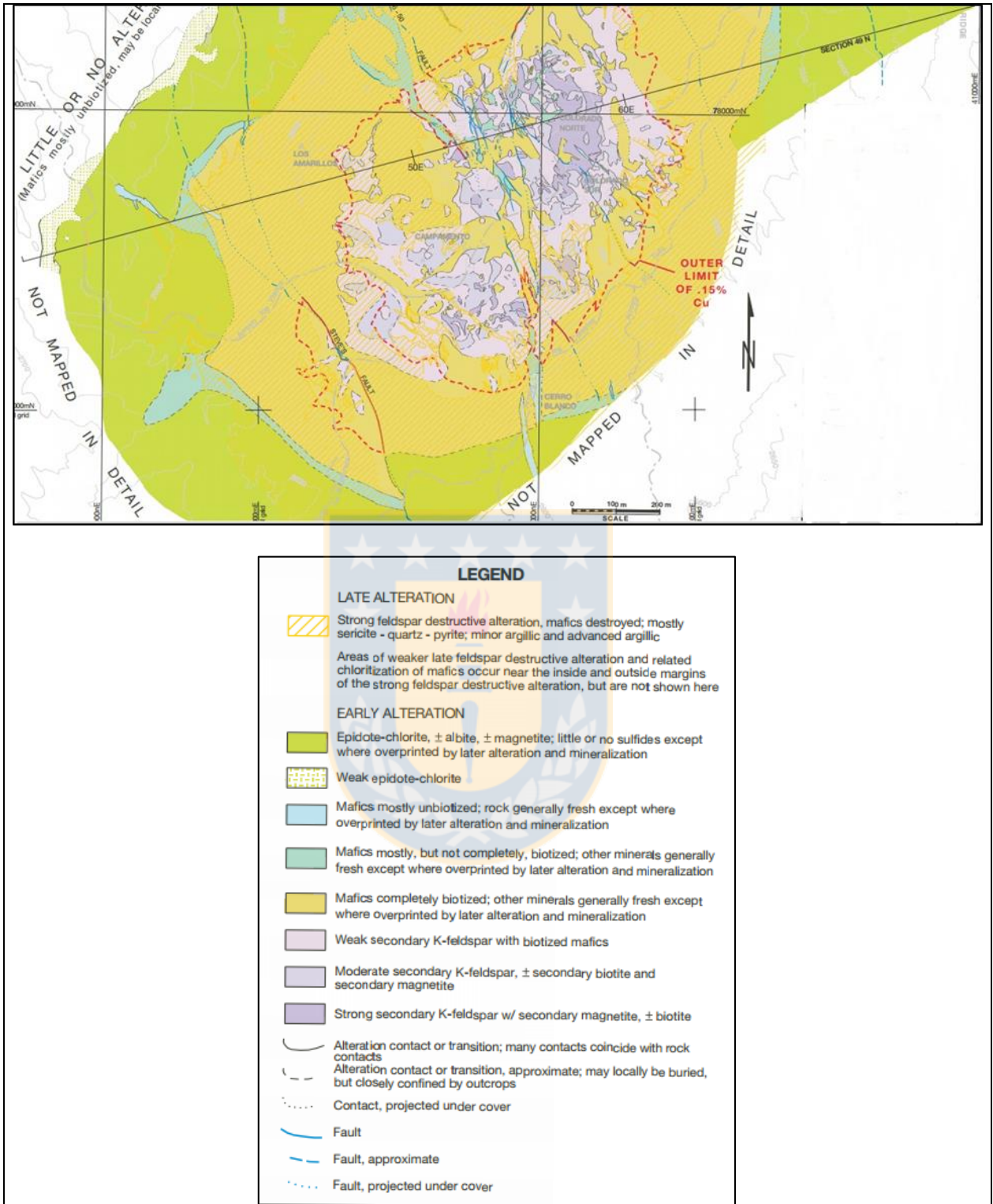
Varía desde una suave alteración caracterizada por hornblenda biotitizada, hasta alteraciones fuertes, donde en adición a la biotitización de los máficos, el feldespato potásico reemplaza a las plagioclasa. Venas de cuarzo también son características, variando su cantidad con la intensidad de la alteración.

#### 3.4.2 Zona de Hornblenda Biotitizada

En los pórfidos, los fenocristales de biotita son generalmente preservados. En andesitas aparece biotita fina en matriz o reemplazando a piroxenos. Los feldespatos permanecen generalmente frescos y están presentes en pequeñas cantidades en venas de cuarzo.

A esta asociación se le sobreimpone una alteración destructiva de feldespato, alterando la biotita a clorita o sericita y las plagioclasas a sericita o arcillas.





**Figura 3.1:** Alteración hidrotermal de Mina La Alumbraera (Tomado de Proffet 2003).

### 3.4.3 Zona de Feldespato Potásico Secundario

Las plagioclasas son reemplazadas total o parcialmente por feldespato potásico. En los estadios suaves, ocurre recristalización de la matriz desde afanítico o muy fino, a una asociación cuarzo-feldespato en la que los cristales individuales pueden ser observados con lupa.

Venas de cuarzo, cuarzo-feldespato potásico, cuarzo- feldespato potásico-magnetita, son comunes en esta asociación. También es frecuente magnetita secundaria en venillas o matriz.

Las andesitas con este tipo de alteración, son fuertemente biotitizadas, y en aquellas zonas de mayor intensidad, incluso pueden contener feldespato potásico secundario (áreas de fuerte mineralización).

### 3.4.4 Alteración Epidota Clorita

Es un amplio anillo que rodea a la zona de alteración potásica. Los minerales máficos son alterados a clorita, clorita-magnetita, epidota-clorita, y las plagioclasas son alteradas a albita, albita-epidota y posible sericita.

La matriz de la roca es generalmente verde claro pálido debido a la presencia de clorita fina y puede contener magnetita fina epidota y posiblemente albita y sericita.

### 3.4.5 Alteración Destructiva de Feldespato

Varía en intensidad desde suave a fuerte y penetrativa. Incluye procesos de alteración reconocidos como fílicos y/o argílicos y se superpone a las asociaciones mineralógicas dadas las del tipo potásica y propilítica, y afecta a todas las fases porfídicas. Generalmente en la parte central del pórfido, la alteración destructiva de feldespato se superpone débilmente, reemplazando en forma parcial fenocristales de plagioclasas por sericita.

La pirita es parte integral de este tipo de asociación mineral, cuando la alteración es parcial la textura de la roca es bien preservada. Las plagioclasas están completas o parcialmente alteradas a un material suave y blanco, probablemente arcilla y/o sericita. Los máficos son alterados a minerales verdes, como clorita, arcillas o sericitas.

La mineralogía en La Alumbreira, está asociada a la alteración hidrotermal que afecta a las dacitas intrusivas y a las andesitas que están en contacto con estas.

### 3.5 MINERALIZACIÓN

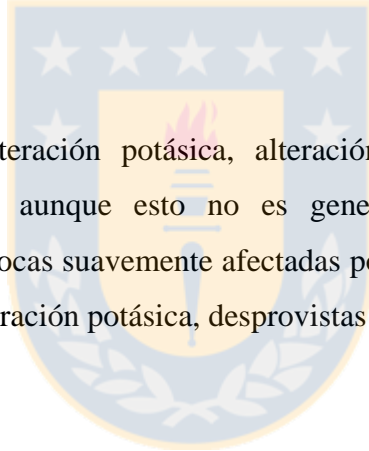
La mineralización en La Alumbreira, está asociada a la alteración hidrotermal que afecta a las dacitas intrusivas y a las andesitas que están en contacto con éstas.

La mineralización de cobre y oro, ocurre en zonas de alteración potásica, en sus diferentes intensidades. Los altos valores de cobre y oro están asociados a las dos intrusiones tempranas y andesitas adyacentes, disminuyendo su intensidad en las intrusiones más jóvenes, siendo las más tardías casi estériles.

- Calcopirita: Es el principal mineral de cobre del Bajo de La Alumbreira. Se encuentra diseminada y en venillas. Asociada a venas de cuarzo, feldespatos potásicos, magnetita y biotita.
- Calcosina-Covelina: Se presentan en una difusa zona de enriquecimiento secundario, en la parte superior del depósito, reemplazando a la calcopirita o recubriendo cristales de pirita.
- Oro: Se encuentra junto a calcopirita, pirita y minerales silicatados de ganga. Gran parte del oro aparece como granos de oro libre de tamaño aproximado y predominante de 10 a 50  $\mu$ , pero se han observado granos de hasta 1 mm, en su máxima dimensión.
- Molibdenita: Es un mineral común pero no abundante en la zona externa de mineralización de cobre – oro, asociada a venas de cuarzo y a venas de anhidrita y en facturas.

- Magnetita: Diseminada o en venillas: Es común encontrarla con hábito equigranular y en ocasiones, en cristales octahédricos.
  
- Hematita (primaria, especular): Se presenta cerca de superficie en zona de alteración destructiva o en algunas venas tardías, asociada a calcopirita en finas venas de cuarzo-feldespatos en pórfidos tardíos.
  
- Galena- Esfalerita: Algunas pequeñas venas de estos minerales han sido observadas hacia el lado externo de la zona de alteración destructiva fuerte.
  
- Yeso: Es abundante en La Alumbarrera, apareciendo en venas blancas, con hábito fibroso a laminar. En zonas profundas es común la anhidrita. Grandes venas de yeso se presentan a lo largo de fallas tardías.

Existe una relación entre alteración potásica, alteración feldespatos potásico secundario y mineralización de cobre-oro, aunque esto no es general para todo el depósito. Ocurre mineralización económica en rocas suavemente afectadas por la alteración potásica, mientras que hay zonas con muy intensa alteración potásica, desprovistas de cobre-oro.



## 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

Desde comienzos de los años 70 se ha extendido el uso de sistemas de calificación y clasificación geotécnica de macizos rocosos, los que emplean un índice de calidad geotécnica para calificar el macizo rocoso y, de acuerdo a esta calificación o “rating”, clasificarlo según su calidad geotécnica.

Para evaluar la calidad del macizo rocoso se emplean sistemas de clasificación geotécnica que permiten predecir el comportamiento mecánico de un macizo rocoso a partir de la evaluación de diversos parámetros geotécnicos tales como RQD, frecuencia de fracturas, resistencia a la compresión simple, rugosidad, alteración, agua, stress, orientación de diaclasas, etc. A cada parámetro se le asigna un valor, obteniéndose como resultado un índice de calidad.

Los diferentes sistemas de clasificación varían en los parámetros geotécnicos utilizados y en su evaluación numérica, de manera que cada sistema asigna a un mismo macizo distintos índices de calidad geotécnica. Entre los sistemas de clasificación más importantes se encuentran los desarrollados por Barton y otros, (1974), Bieniawski (1989).

Para este trabajo se usó la clasificación del macizo rocoso desarrollado por Bieniawski (1989).

#### 4.1.1. Método RQD (Rock Quality Designation)

Es la designación de la calidad de la roca definida por Deere y otros. (1967), que puede variar de 0 (macizos rocosos de muy mala calidad) a 100 (macizos rocosos de excelente calidad). El cálculo del RQD del macizo rocoso se determina en base al levantamiento geotécnico, de los testigos de sondajes geotécnicos, como el porcentaje de la suma de los largo de los tramos de testigos mayores a 10 cm de largo, respecto al largo de un tramo perforado.

$$RQD = \frac{\sum \text{Trozos de longitud} \geq 10\text{cm}}{\text{Longitud total del tramo}} \times 100(\%)$$

De acuerdo a su puntaje la Calidad del Macizo RQD (%) se clasifica en:

- **MUY MALA Calidad Geotécnica < 25**
- **MALA Calidad Geotécnica 25 a 50**
- **REGULAR Calidad Geotécnica 50 a 75**
- **BUENA Calidad Geotécnica 75 a 90**
- **EXCELENTE Calidad Geotécnica 90 a 100**

#### **4.1.2. Sistema de Clasificación GSI (Hoek y otros 1995)**

El índice de resistencia geológica, GSI (Geological Strength Index), fue desarrollado por Hoek (1994) para subsanar los problemas detectados con el uso del índice RMR para evaluar la resistencia de macizos rocosos según el criterio generalizado de Hoek-Brown. Este índice de calidad geotécnica se determina en base a dos parámetros que definen la resistencia y la deformabilidad de los macizos rocoso. El GSI (índice geológico de resistencia) evalúa la calidad del macizo rocoso en función del grado de fracturamiento y formación de bloques, y la condición de las discontinuidades

La evaluación del índice GSI se hace por comparación del caso que interesa con las condiciones típicas que se muestran en la figura 4.1, y este índice puede variar de 0 a 100, lo que permite definir 5 clases de macizos rocosos:

- **Macizos de calidad Muy Mala ( $0 \leq \text{GSI} \leq 20$ )**
- **Macizos de calidad Mala ( $20 < \text{GSI} \leq 40$ )**
- **Macizos de calidad Regular ( $40 < \text{GSI} \leq 60$ )**
- **Macizos de calidad Buena ( $60 < \text{GSI} \leq 80$ )**
- **Macizos de calidad Muy Buena ( $80 < \text{GSI} \leq 100$ )**



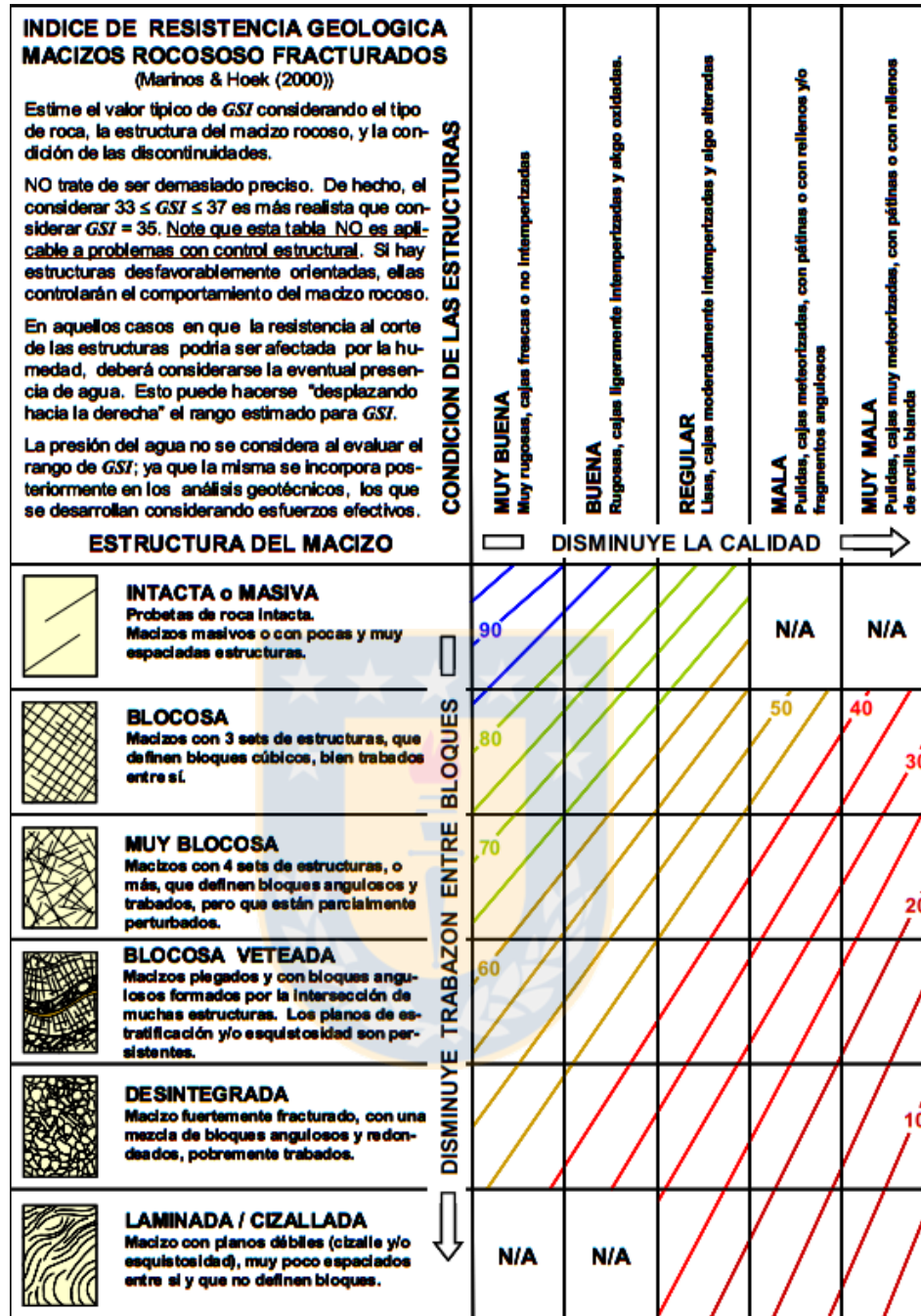


Figura 4.1: Carta para evaluar el índice de resistencia geológica en macizos rocosos fracturados (tomada de Marinos y Hoek, 2000).

### 4.1.3. Sistema de Clasificación de Bieniawski

El sistema de clasificación RMR (Rock Mass Rating), es un método desarrollado por Bieniawski (1989) para el diseño de soportes de túneles. El macizo rocoso es dividido en clases representativas definidas por un puntaje característico (Tabla 4.1), el que se obtiene de la siguiente forma:

**Tabla 4.1:** Sistema de clasificación RMR (Beniawski, 1989).

PARAMETROS		RANGO DE VALORES							
1	Resistencia de la Roca Intacta	Índice de Resistencia de carga puntual	>10 Mpa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 Mpa	Para el rango bajo - se prefiere el test compresivo uniaxial		
		Resistencia a la Compresión Uniaxial	>250 Mpa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	Rating	15	12	7	4	2	1	0	
2	Calidad del testigo RQD	90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%			
	Rating	20	17	13	8	3			
3	Espaciamiento de fracturas	> 2 m	0.6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm			
	Rating	20	15	10	8	5			
4	Condición de fracturas	Sup. muy rugosas, No continua, No Separada. Cont. de las paredes de fracturas resistente	Superficies escasamente rugosas Separación < 1 mm. Cont. de las paredes de fract. resistente	Sup. escasamente rugosas separación < 1 mm. Cont. de las paredes de fract. blando	Sup. muy lisas o Relleno < 5mm de espesor o Fracturas abiertas en 1-5 mm fract. continuas	Relleno blando > 5mm de espesor Fracturas abiertas >5mm Fracturas continuas			
		Rating	30	25	20	10	0		
5	Aguas subterráneas	Ningún	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125			
		0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5			
		Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteo	Flujo			
Rating	15	10	7	4	0				
B Ajuste por Orientación de Discontinuidades (ver punto F)									
Rating	Rumbo y manto	Muy favorable	Favorable	Moderada	Desfavorable	Muy desfavorable			
	Túneles y minas	0	-2	-5	-10	-12			
	Fundaciones	0	-2	-7	-15	-25			
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60			
C Clasificación del macizo rocoso determinado desde el rating total									
Rating	100-81	80-61	60-41	40-21	<21				
Clasificación	I	II	III	IV	V				
Descripción	Roca muy buena	Roca buena	Roca	Roca mala	Roca muy mala				
D Significado de la clase de roca									
Clasificación	I	II	III	IV	V				
Levantamiento Promedio	20 años / 15m	1 año / 10m	1 semana / 5m	10 hrs / 2.5m	30 min / 1m				
Cohesión del macizo (KPa)	> 400	300-400	200-300	100-200	< 100				
Ang fricción macizo (deg)	> 45	35-45	25-35	15-25	< 15				
E Guía para la clasificación de discontinuidades									
PERSISTENCIA	<1m	1-3 m	3-10 m	10-20 m	< 20 m				
rating	6	4	2	1	0				
ABERTURA	0	<0.1 mm	0.1- 1.0 mm	1-5 mm	> 5 mm				
rating	6	5	4	1	0				
SUPERFICIE	Muy rugosa	Rugosa	Mod. rugosa	Suave	Muy suave				
rating	6	5	3	1	0				
RELLENO	Sin relleno	Duro < 5 mm	Duro > 5mm	Blando < 5mm	Blando > 5mm				
rating	6	4	2	2	0				
ALTERACIÓN	Sin alteración	Lev.alterado.	Mod Alterado.	Alta alteración	Tot. alterado				
rating	6	5	3	1	0				
F Efecto de la orientación de las discontinuidades en los túneles									
Rumbo perpendicular al eje del túnel					Rumbo paralelo al eje del túnel				
Avance con dip-Dip 45-90°		Avance con dip-Dip 20-45°			Dip 45-90°		Dip 20-45°		
Muy favorable		Favorable			Muy favorable		Moderado		
Avance contra el dip -Dip45-90°		Avance contra el dip - Dip20-45°			Dip 0-20 - Sin considerar rumbo °				
Moderado		Desfavorable			Moderado				



$$- \text{RMR: } P(\text{UCS}) + P(\text{RQD}) + P(\text{S}) + P(\text{JC}) + P(\text{WC})$$

Donde :

- ***P(x)***: Es el puntaje asociado al parámetro *x*.
- ***UCS***: (o *IRS*) Es la resistencia en compresión uniaxial de la roca “intacta”, y el puntaje asociado a la misma puede variar de 0 (si  $\text{UCS} < 1 \text{ MPa}$ ) a 15 (si  $\text{UCS} > 250 \text{ MPa}$ ).
- ***RQD***: Designación de la calidad de la roca definida por Deere et al. (1967), y el puntaje asociado a la misma puede variar de 3 (si  $\text{RQD} < 25\%$ ) a 20 (si  $90 < \text{RQD} \leq 100$ ).
- ***S***: Espaciamiento entre las estructuras, y el puntaje asociado al mismo puede variar de 5 (si  $s < 60 \text{ mm}$ ) a 20 (si  $s > 2 \text{ m}$ ).
- ***JC***: Condición de las estructuras, y el puntaje asociado a la misma puede variar de 0 (en el caso de estructuras continuas y abiertas más de 5 mm, o con rellenos arcillosos blandos de potencia mayor a 5 mm) a 30 (en el caso de estructuras discontinuas, muy rugosas, cerradas y sin alteración de su roca de caja).
  - Persistencia (0-6 puntos)
  - Abertura (0-6 puntos)
  - Rugosidad de la superficie (0-6 puntos)
  - Relleno de discontinuidades (0-6 puntos)
  - Alteración de las paredes (0-6 puntos)
- ***WC***: es la condición de aguas, y el puntaje asociado a la misma puede variar de 0 (en el caso de estructuras con flujo de aguas que se traduce en un gasto de más de 125.lt/min en un tramo de túnel de 10 m de longitud, o donde la presión del agua excede

el 50% del esfuerzo principal mayor) a 15 (en el caso de estructuras completamente secas)

- Ajuste por orientación de las discontinuidades (0 a -12)

Estos factores se cuantifican mediante una serie de parámetros definiéndose unos valores para dichos parámetros, cuya suma, en cada caso nos da el índice de Calidad del RMR que varía entre 0 – 100. Los objetivos de esta clasificación son:

- Determinar y/o Estimar la calidad del macizo rocoso.
- Dividir el macizo rocoso en grupos de conducta análoga.
- Proporcionar una buena base de entendimiento de las características del macizo rocoso.
- Facilitar la planificación y el diseño de estructuras en roca, proporcionando datos cuantitativos necesarios para la solución real de los problemas de ingeniería.

Todo lo anterior permite calcular el valor “in situ” del índice RMR, lo que define la calidad geotécnica de los macizos rocosos en una escala que varía desde 0 a 100, y considera 5 clases:

- **Macizos de calidad Muy Mala (Clase V,  $0 \leq \text{RMR} \leq 20$ )**
- **Macizos de calidad Mala (Clase IV,  $21 < \text{RMR} \leq 40$ )**
- **Macizos de calidad Regular (Clase III,  $41 < \text{RMR} \leq 60$ )**
- **Macizos de calidad Buena (Clase II,  $61 < \text{RMR} \leq 80$ )**
- **Macizos de calidad Muy Buena (Clase I,  $81 < \text{RMR} \leq 100$ )**

#### 4.1.4. Sistema de Clasificación de Barton

Barton y otros, (1974) del Norwegian Geotechnical Institute, definió el Índice de Calidad de Túneles (Q) para la caracterización geotécnica del macizo rocoso y para la determinación del sostenimiento requerido para túneles. Los valores numéricos del Índice Q varían en escala logarítmica desde 0,001 hasta 1.000, y se obtienen a través de parámetros que se relacionan a través de la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

Donde, el primer cociente corresponde a una estimación del tamaño de los bloques que conforman el macizo rocoso, el segundo cociente corresponde a una estimación de la resistencia al corte entre bloques, y el tercer cociente representa lo que Barton y otros (1974) denominan esfuerzo activo.

Los parámetros que definen estos cocientes son:

- **RQD**: Índice de calidad de roca.
- **J<sub>n</sub>**: Número de sistemas de discontinuidades (Joint Set Number).
- **J<sub>r</sub>**: Número de rugosidad de discontinuidades (Joint Roughness Number).
- **J<sub>a</sub>**: Número de alteración de las discontinuidades (Joint Alteration Number).
- **J<sub>w</sub>**: Factor de reducción por agua (Joint Water Reduction Factor).
- **SRF**: Factor de reducción por esfuerzos (Stress Reduction Factor).

#### 4.1.5. Sistema de Clasificación de Laubscher

El método de clasificación de Laubscher (1975) se desarrolló como una variante del método de Bieniawski orientada a aplicaciones mineras, definiendo la calidad geotécnica del macizo rocoso in situ mediante un índice IRMR, que luego se modifica para definir un índice de calidad geotécnico-minera, MRMR (Mining Rock Mass Rating). El índice IRMR se define como:

$$\mathbf{IRMR = P(BS) + P(JS) + P(JC)}$$

Donde:

- **P(x)**: Puntaje asociado al parámetro x.
- **BS**: Resistencia en compresión uniaxial de los bloques de roca que conforman el

macizo rocoso; la cual depende de la resistencia de la roca “intacta” (denominada *IRS* en el método de Laubscher), y la presencia de vetillas. El puntaje asociado a *BS* puede variar de 0 (si  $BS = 0$  MPa) a 25 (si  $BS \geq 160$  MPa).

- ***JS***: Espaciamiento de las estructuras abiertas, que incluye una corrección para tomar en cuenta la presencia de uno o dos sets de estructuras selladas (e.g. vetillas) con rellenos de resistencia menor a la de la roca de caja. El puntaje asociado a *JS* varía de 3 (3 sets de estructuras con un espaciamiento de 0,1 m) a 35 (1 set de estructuras con un espaciamiento de 2 m).
- ***JC***: Es la condición de las estructuras, definida en términos de su rugosidad a escala intermedia y menor, de la alteración de la roca de caja, y de la potencia y competencia del material de relleno (si lo hay). El puntaje asociado a *JC* varía de 4 (estructuras planas y pulidas, con rellenos potentes de salbanda y fuerte alteración de la roca de caja) a 40 (estructuras ondulosa en varias direcciones, bien trabadas, sin alteración de la roca de caja y con rellenos de competencia similar a la de la roca de caja).

## 4.2. MODELOS DE FALLA

El acabado conocimiento del comportamiento de un talud frente a sus posibles roturas, repercute enormemente en los costos y en la seguridad, por ello las investigaciones de campo (in situ) y de laboratorio deben ser las suficientes, como para poder caracterizar en la medida de lo posible las características geomecánicas del terreno, así como los posibles mecanismos de rotura. Se presenta a continuación una revisión de los tipos de fallas probables en un talud: cuando esta se encuentra dominada por las estructuras (con control estructural) y cuando no es posible determinar la familia de discontinuidades que determinaría el modo de falla (sin control estructural).

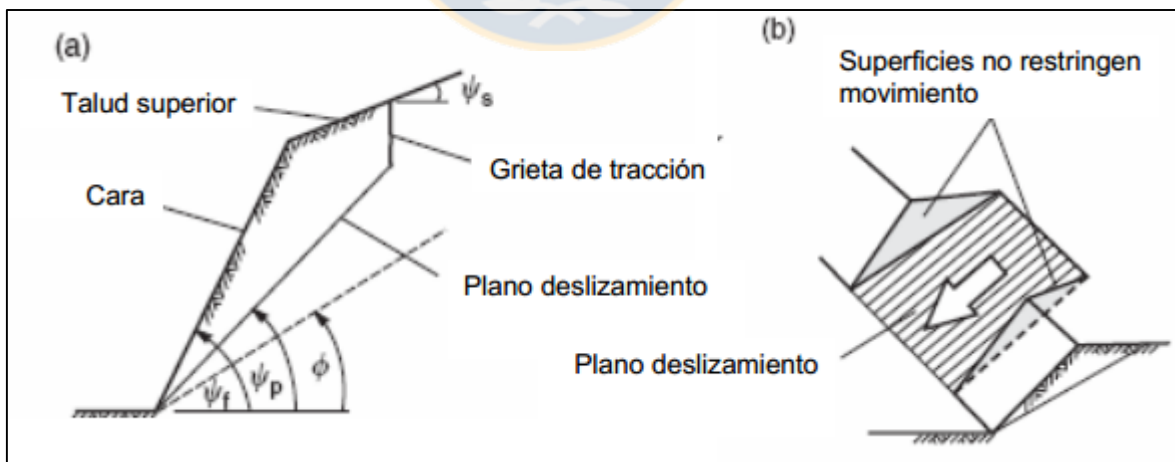
## 4.2.1. Fallas con Control Estructural

### 4.2.1.1 Falla Plana

Se entiende por falla plana, o rotura planar, como aquella en el que el deslizamiento se produce a través de una única superficie plana. Siendo la más sencilla de las formas de rotura posibles se produce cuando existe una fracturación dominante en la roca y convenientemente orientada respecto al talud (Figura 4.2).

Condiciones:

- El DipDir del plano de deslizamiento ( $\alpha_p$ ) debe ser aproximadamente paralelo al DipDir de la cara del talud ( $\alpha_f$ ). (Tolerancia de  $30^\circ$  con respecto a la dirección de inclinación del talud)
- Plano de deslizamiento debe tener un dip menor al plano del talud :  $\Psi_p < \Psi_f$
- El Dip del plano de deslizamiento debe ser mayor al ángulo de fricción de este plano:  $\Psi_p > \phi$
- Deben existir caras laterales que liberen el plano de falla (Figura 4.2).



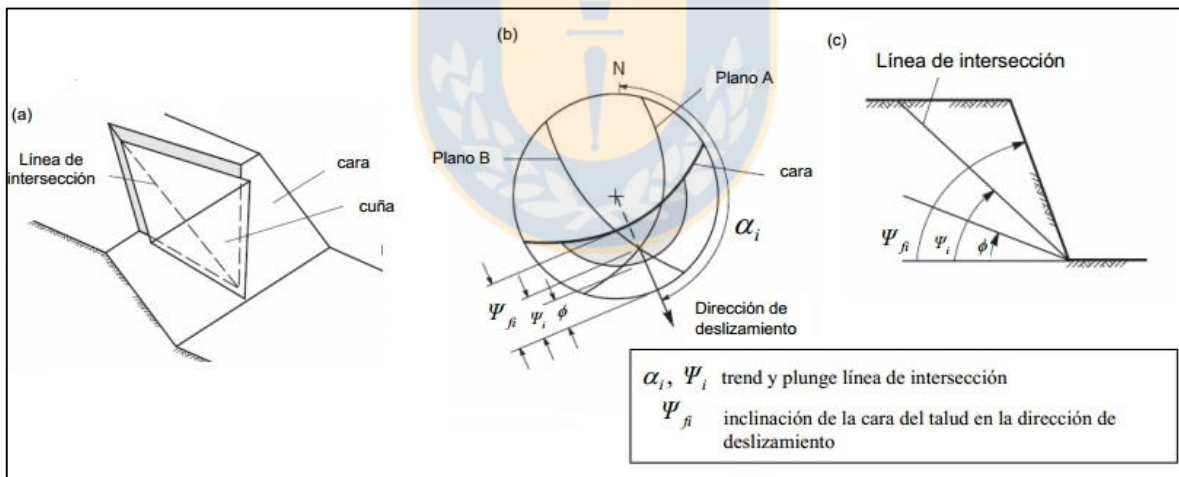
**Figura 4.2:** Condiciones para la rotura plana.

#### 4.2.1.2. Falla por Cuñas

En este tipo de rotura se aprecia la existencia de dos familias de discontinuidades de rumbos oblicuos respecto al del talud, quedando el rumbo de este comprendido entre los de las familias de discontinuidades (Figura 4.3).

Condiciones:

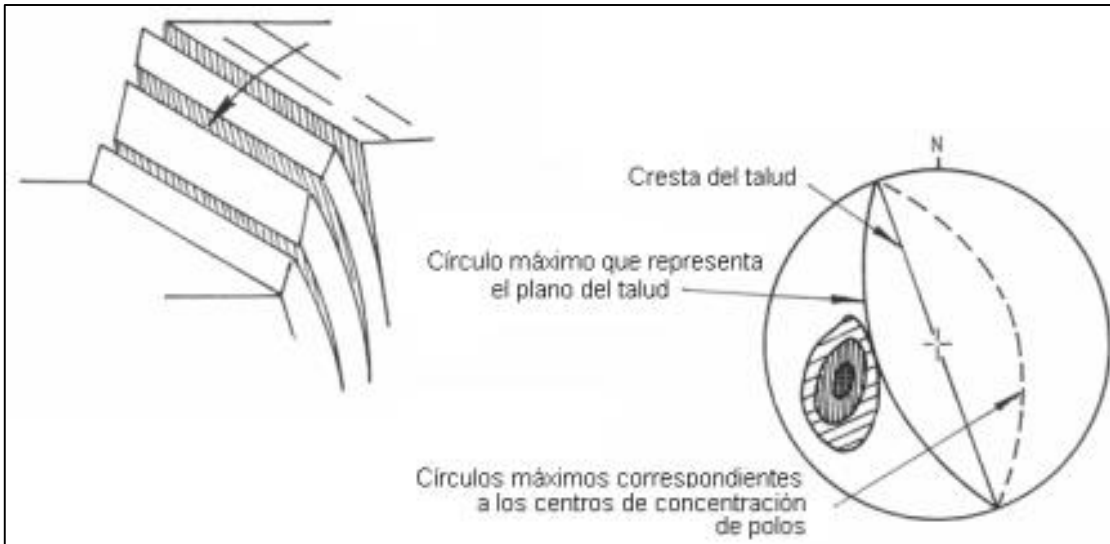
- Dos planos que se intercepten (Figura a y b)
- El plunge de la línea de intersección ( $\Psi_i$ ) debe ser menor que el plunge de la cara del talud en la dirección de deslizamiento ( $\Psi_{fi}$ ) y mayor que el ángulo de fricción de los dos planos de deslizamiento,  $\Psi_{fi} > \Psi_i > \phi$  (Figura 9: b, c)
- El trend de la línea de intersección ( $\alpha_i$ ) debe aflorar en el talud. La figura d presenta que el rango posible del trend de la línea de intersección es entre  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$
- Tolerancia de  $30^\circ$  en la dirección de deslizamiento de la cuña respecto a la dirección de inclinación del talud



**Figura 4.3:** Condiciones para la rotura en cuña.

#### 4.2.1.3 Volcamientos.

Las roturas por vuelco de taludes aparecen principalmente cuando el rumbo del plano de discontinuidad: falla, estratificación, etc., coincide aproximadamente con el del plano del talud y además tiene un fuerte buzamiento hacia el interior del macizo rocoso (Figura 4.4).



**Figura 4.4:** Proyección estereográfica de falla por volcamiento.

## 4.2.2 Fallas sin Control Estructural

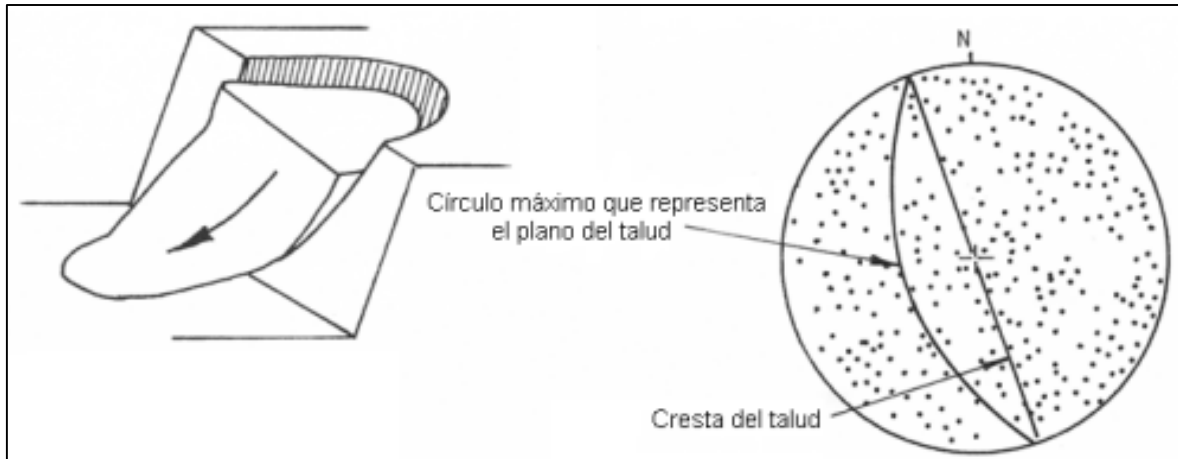
### 4.2.2.1 Falla Circular

También conocida como deslizamiento o rotura rotacional, es producida por muchos sets de fallas, las cuales tienen distintos rumbos y manteos, y dejan la roca muy fracturada, perdiendo la cohesión.

Las inestabilidades sin control estructural afectan a aquellos sectores donde la unidad geotécnica corresponde a materiales tipos suelos y en rocas donde la meteorización y/o alteración ha sido intensa, en donde no existe un control estructural, por lo tanto, la superficie de deslizamiento es libre de encontrar el camino de menor resistencia a través del talud del banco y no es posible determinar la familia de discontinuidades que controla la inestabilidad (Figura 4.5).

## 4.3 CÁLCULO DE ESTABILIDAD EN TALUDES

Los análisis de estabilidad son una de las ramas de la ingeniería geotécnica, con el objeto de analizar las condiciones de estabilidad de los taludes naturales, su seguridad y funcionalidad de diseño en obras o prevenir catástrofes que puedan poner en peligro la vida de las personas o la paralización de la operación minera.



**Figura 4.5:** Proyección estereográfica de rotura rotacional.

Dentro de las metodologías disponibles, se encuentran los métodos de equilibrio límite y los métodos numéricos. Los métodos numéricos son más exactos, mostrando mejor detalle en las condiciones de estabilidad, sin embargo los métodos de equilibrio límite son más sencillos de utilizar y permiten analizar los casos de fallas traslacional, rotacional, de inclinación e incluso de cuña

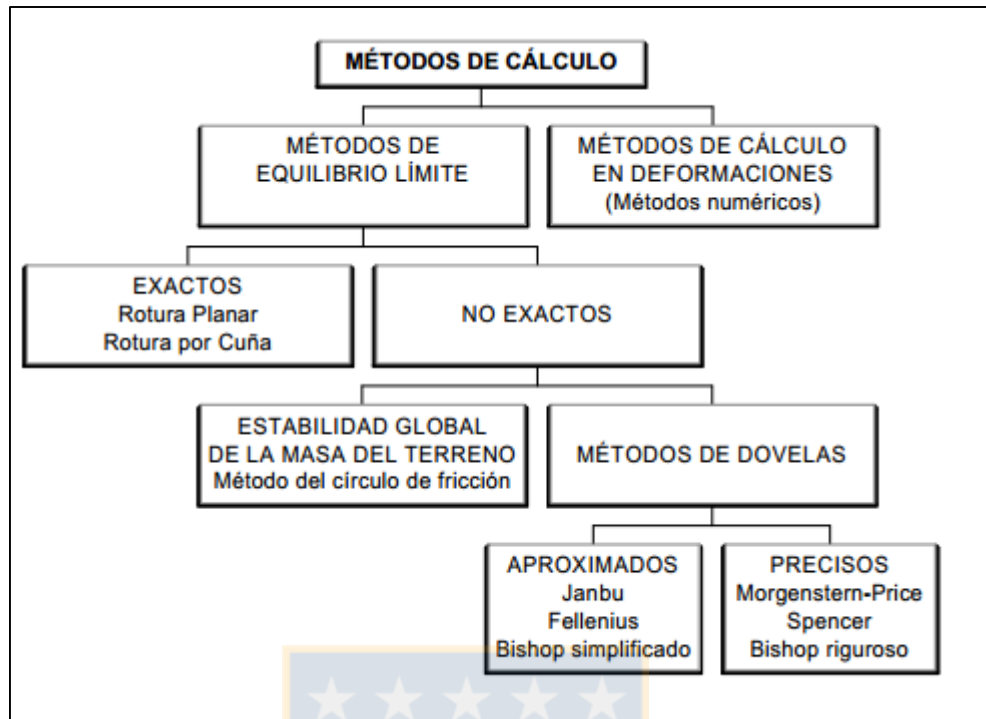
#### 4.3.1. Métodos de Cálculo de Estabilidad en Taludes

Los métodos de cálculo para analizar la estabilidad de un talud buscan determinar el factor de seguridad (FS) del mismo y se pueden clasificar en dos grandes grupos: métodos de cálculo de deformaciones y métodos de equilibrio límite (Figura 4.6).

##### 4.3.1.1 Métodos de Cálculo de Deformaciones.

Consideran el cálculo de las deformaciones en terreno, además de las leyes de la estática. Su aplicación práctica es de gran complejidad y el problema debe estudiarse usando métodos de elementos finitos u otras soluciones numéricas.





**Figura 4.6:** Métodos de cálculo para análisis de estabilidad en taludes.

#### 4.3.1.2 Métodos de Equilibrio Límite.

Se basan exclusivamente en las leyes de la estática para determinar el estado de equilibrio de una masa de terreno potencialmente inestable. No tienen en cuenta deformaciones del terreno y suponen que la resistencia al corte se moviliza total y simultáneamente a lo largo de la superficie de corte. Estos a su vez se pueden clasificar en métodos exactos y métodos aproximados.

Los métodos de equilibrio límite son mucho más utilizados que los métodos de cálculo en deformaciones a pesar de que estos proporcionan un análisis mucho más completo de la estabilidad del talud. Esto es debido a que los métodos de cálculo en deformaciones son mucho más largos y costosos en su ejecución, y a que los métodos de equilibrio límite están ampliamente contrastados en la práctica y se conocen sus límites y grados de confianza.

En la casi generalidad de los métodos de equilibrio límite la seguridad de un determinado talud se cuantifica por medio del factor (o coeficiente) de seguridad, FS, que se define como el cociente entre la resistencia al corte en la superficie de deslizamiento con las fuerzas resistentes que se oponen al mismo a lo largo de una determinada superficie de rotura que sigue el criterio de rotura

de Mohr-Coulomb. En la obtención del factor de seguridad se le supone constante en toda la superficie de deslizamiento.

Dentro de los métodos de equilibrio límite se tienen:

#### 1) Métodos Exactos.

Se refieren a los cálculos de fallas con total control estructural. Se pueden distinguir en los métodos exactos aquellos destinados a identificar roturas planares y por causa de cuñas. Se agrupan en:

##### a) Modelo Estructural Determinístico

Este modelo reconoce que la causa más probable de un colapso es a través de estructuras geológicas que forman bloques o cuñas que pueden deslizarse por la pared del talud. Se asigna un valor único a cada una de las variables que intervienen en el cálculo y se obtiene finalmente una estimación de la posibilidad de deslizamiento en función de un factor de seguridad. En la medida de que este factor es mayor que 1,3 ó que un valor superior que se acepta como valor mínimo (para cubrir posibles incertezas en la asignación de las propiedades), el talud se considera estable. Este es el método tradicionalmente empleado para los análisis de estabilidad.

En el caso de rotura planar el factor de seguridad se obtiene de forma directa como cociente entre las fuerzas que tienden a producir el movimiento y las fuerzas resistentes del terreno que se oponen al mismo, proyectadas todas según la dirección del plano de rotura. Al calcular el FS de esta manera, se supone implícitamente constante a lo largo de toda la superficie de rotura, lo cual se acepta a pesar de no ser estrictamente cierto. Dependiendo de los resultados que se obtengan para cada perfil de análisis, el cálculo se repite variando el ángulo del talud hasta alcanzar el factor de seguridad mínimo definido.

Para el análisis de estabilidad en rotura por cuñas la obtención del factor de seguridad es tarea más compleja que en el caso de rotura planar, debido a que el cálculo debe realizarse en tres dimensiones

y no en dos. El factor de seguridad se obtiene como cociente entre las fuerzas resistentes del terreno y las fuerzas que tienden a provocar el deslizamiento.

#### b) Modelo Estructural Probabilístico

En este modelo, la estabilidad del talud se expresa en términos de la probabilidad de que el talud falle. Estos métodos, consideran la probabilidad de rotura del talud bajo unas condiciones determinadas. Es necesario conocer las funciones de distribución de los diferentes valores considerados como variables aleatorias en los análisis. El método empleado en este caso corresponde a una simulación de Montecarlo, en el cual cada propiedad o variable se expresa como una distribución estadística. Las variables o parámetros que se presentan como una función de probabilidad, son la orientación de los planos de debilidad, la cohesión y ángulo de fricción. La simulación obtiene valores de cada parámetro en forma aleatoria de cada distribución y se calcula un factor de seguridad en base a los valores obtenidos.

Al repetir este análisis un número significativo de veces, se obtiene una distribución de factores de seguridad. Así es posible conocer la probabilidad de que el factor de seguridad sea menor que 1,0; por ejemplo. El uso de este método está difundido en estudios de estabilidad de taludes y existen numerosas publicaciones que analizan el método y lo proponen como uno de los más adecuados para el desarrollo de un modelo probabilístico.

En la literatura se encuentra una gran variedad de métodos probabilísticos que pueden ser utilizados en el análisis de estabilidad de taludes que se distinguen entre sí por sus simplificaciones, suposiciones y limitaciones. Los métodos probabilísticos se pueden agrupar en Métodos Aproximados y en Método de Montecarlo.

Los Métodos Aproximados, permiten la estimación de la media y la desviación estándar del factor de seguridad. Sin embargo, no permiten establecer la forma de la función de densidad de probabilidad del factor de seguridad. Este tipo de métodos deben suponer la forma como se distribuye probabilísticamente el factor de seguridad.

Los métodos aproximados más conocidos son:

- FOSM: Primer Orden Segundo Momento
- PEM: Método de la Estimación Puntual
- FORM: Método de Confiabilidad de primer orden

(Nombres definidos por sus siglas en Ingles)

El método de Montecarlo, no supone el tipo de función de densidad del Factor de Seguridad. Por consiguiente es posible calcular la probabilidad de falla a partir de los resultados arrojados directamente por el método. Este último método fue el utilizado en este trabajo.

## 2) Métodos no Exactos.

Se puede distinguir aquí entre los métodos que consideran el equilibrio global de la masa deslizando, prácticamente en desuso, y los métodos de dovelas, o rebanadas. Este último es en el que casi la totalidad de los métodos utilizados actualmente se basan y consisten en dividir el macizo potencialmente deslizando en rebanadas verticales, calcular el equilibrio de cada una de ellas, y finalmente analizar el equilibrio global, obteniendo el factor de seguridad, que se define como la relación entre fuerzas o momentos resistentes y fuerzas o momentos motores.

Los métodos de dovelas pueden clasificarse en 2 grandes grupos:

- a) Métodos aproximados: No cumplen todas las ecuaciones de la estática. Se pueden citar como ejemplos los métodos de Fellenius, Jambu y Bishop simplificado.
- b) Métodos precisos o completos: Cumplen todas las ecuaciones de la estática. Los más conocidos son los métodos de Morgensten-Price, Spencer y Bishop riguroso.

## 4.4 INCERTIDUMBRE Y CONFIABILIDAD

Los procesos y análisis en geotecnia están altamente cargados de incertidumbre y existen muchas fuentes que la generan. En particular el análisis de estabilidad de taludes excavados en suelos

tropicales, se encuentra cargado de incertidumbres debido a la variabilidad de estos materiales y a las dificultades para su modelación

#### 4.4.1. Incertidumbre en Geotecnia

En general y como una primera aproximación, las fuentes de incertidumbre en geotecnia se han clasificado según Baecher y Christian (2003) en tres grandes categorías: Variabilidad natural, incertidumbre en el conocimiento y error humano.

- a) La incertidumbre natural o inherente es atribuida a la variabilidad o aleatoriedad de cierta propiedad (variaciones en la composición mineralógica, condiciones durante la depositación, historial de esfuerzos y procesos de descomposición física y mecánica.
- b) La incertidumbre en el conocimiento: proviene de la falta de conocimiento de un sistema y está relacionada a datos limitados o ambiguos, error de medición, criterios subjetivos y la falta de entendimiento de las leyes físicas que limitan nuestra habilidad de modelar el mundo real. Este tipo de incertidumbre puede ser reducido al recopilar más datos experimentales, mejorando los métodos de medición y cálculo y utilizando modelos más refinados. Se subdivide en tres sub-categorías: incertidumbre en la caracterización del sitio, incertidumbre de modelo e incertidumbre de parámetros (Baecher y Christian, 2003).
- c) El error humano incluye el uso de equipos de campo y de laboratorio con imperfecciones o sin calibración. Los errores cometidos por el operador de estos equipos y fallas cometidas en los procedimientos también reducen la confiabilidad de los resultados obtenidos.

#### 4.4.2 Confiabilidad

La geotecnia puede considerarse como una de las áreas de la Ingeniería Civil más complejas y donde más simplificaciones se hacen para entender y poder reproducir el comportamiento del suelo

y macizos rocosos. Diferentes metodologías han surgido con el fin de mejorar las aproximaciones empíricas basadas principalmente en el método observacional que permitieron el desarrollo inicial de la geotecnia. Dentro de estas metodologías se encuentra el diseño basado en la confiabilidad en el cual las propiedades del suelo y macizos rocoso se caracterizan como funciones probabilísticas.

La variabilidad inherente de las propiedades geomecánicas de los suelos y de las cargas aplicadas hace que los diseños desarrollados en términos determinísticos no sean óptimos en términos económicos y a la vez no se tenga una idea de la cuantificación de la incertidumbre asociada.

Una forma de evaluar la incertidumbre es mediante los análisis por confiabilidad que permiten analizar de mejor forma el desempeño de una estructura geotécnica en términos de probabilidades de falla en vez de los tradicionales factores de seguridad. Ésta se puede entender como la posibilidad que tiene un sistema para realizar las funciones para las que fue concebido. Por otro lado, una falla es todo comportamiento que se pueda considerar anómalo.

Desde el punto de vista de la probabilidad, la confiabilidad se define como el complemento de la probabilidad de falla. Los análisis de confiabilidad buscan determinar la confiabilidad, o el riesgo de falla de un sistema o estructura, considerando a éste confiable mientras que no se presente la falla. En estadística, se puede definir la confiabilidad como uno menos la probabilidad de falla (confiabilidad =  $1 - P_f$ ).



## 5. ANTECEDENTES DEL MODELO GEOTÉCNICO

El Modelo Geotécnico, es una representación simplificada de las características geológicas y geotécnicas que posee un macizo rocoso, conformado por la integración de una serie de elementos que en conjunto definen unidades de similar comportamiento geotécnico dentro del Macizo Rocosu, denominadas Unidades Geotécnicas. Los principales elementos que constituyen el Modelo Geotécnico de Mina Bajo de Alumbreira son:

- Modelo Geológico: Litología, alteración y mineralización
- Modelo Estructural (Capítulo 6)
- Antecedentes Hidrogeológicos
- Modelo de calidad de Macizo Rocosu

### 5.1. MODELO GEOLÓGICO

El modelo geotécnico de Mina Bajo de la Alumbreira, tiene como base el modelamiento geológico, definido esencialmente por Proffett (2004).

El Yacimiento Bajo La Alumbreira corresponde a un depósito tipo Pórfido Cuprífero emplazado en el Complejo Volcánico Farallón Negro, dominado por rocas de composición andesítica. La erosión diferencial de los distintos halos de alteración expone la parte superior de este sistema porfídico.

La intrusión de distintos pórfidos dacíticos sobre el complejo volcánico Farallón Negro, son los responsables de la circulación de fluidos hidrotermales que generaron alteración y mineralización, tanto en las fases intrusivas como en las rocas volcánicas.

La geología en detalle del yacimiento fue descrita por Profett (2004) y reconoce un total de siete fases de intrusión, que incluyen fases pre-mineralización, sin-mineralización y post mineralización.

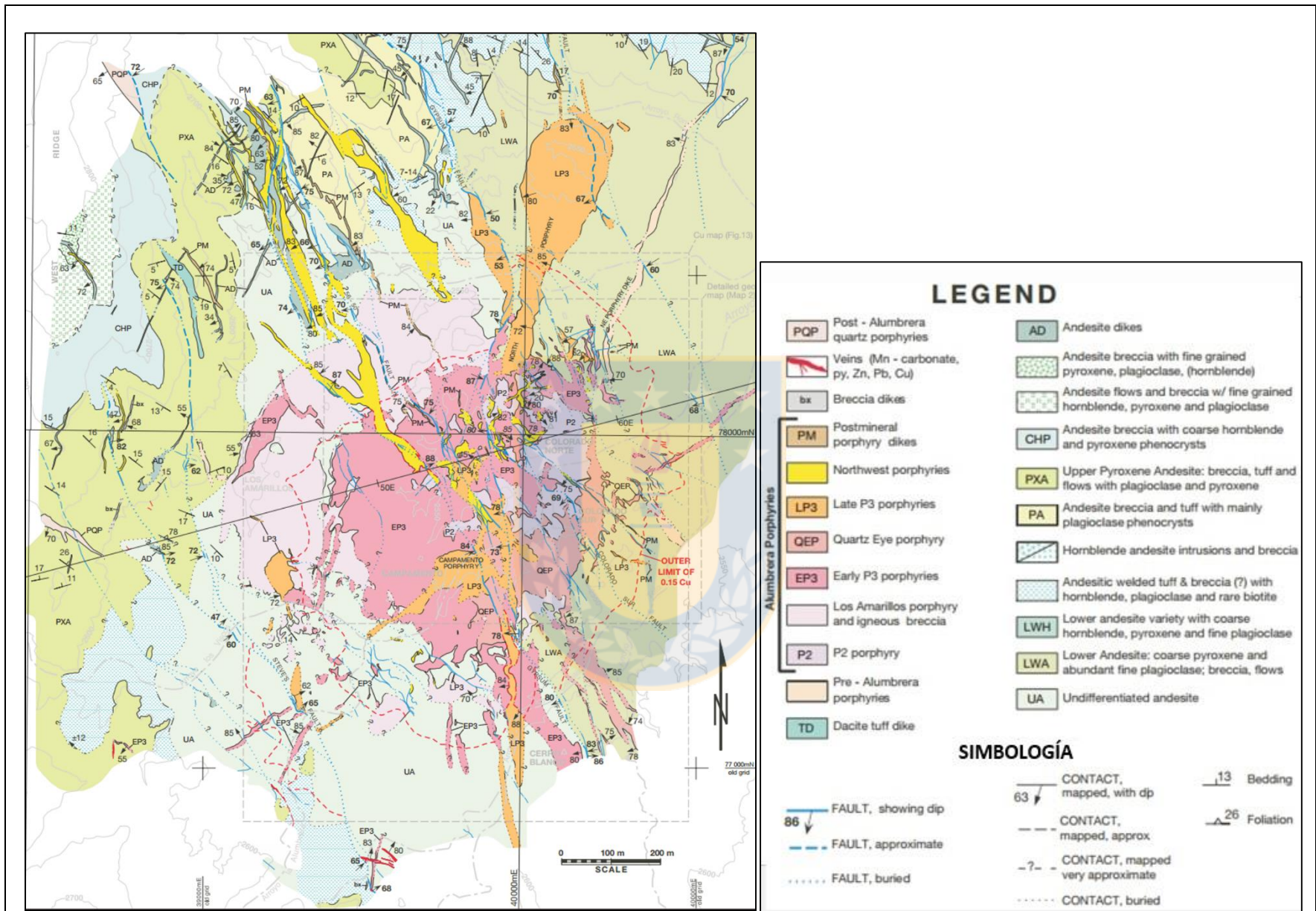


Figura 5.1: Mapa Geológico del Yacimiento Bajo de la Alumbra, Profett, (2004).

### 5.1.1. Alteraciones

La Tabla 5.1 presenta la descripción de las alteraciones reconocidas en el yacimiento Bajo de la Alumbraera, mientras que en la Figura 5.2 se observan su distribución espacial.

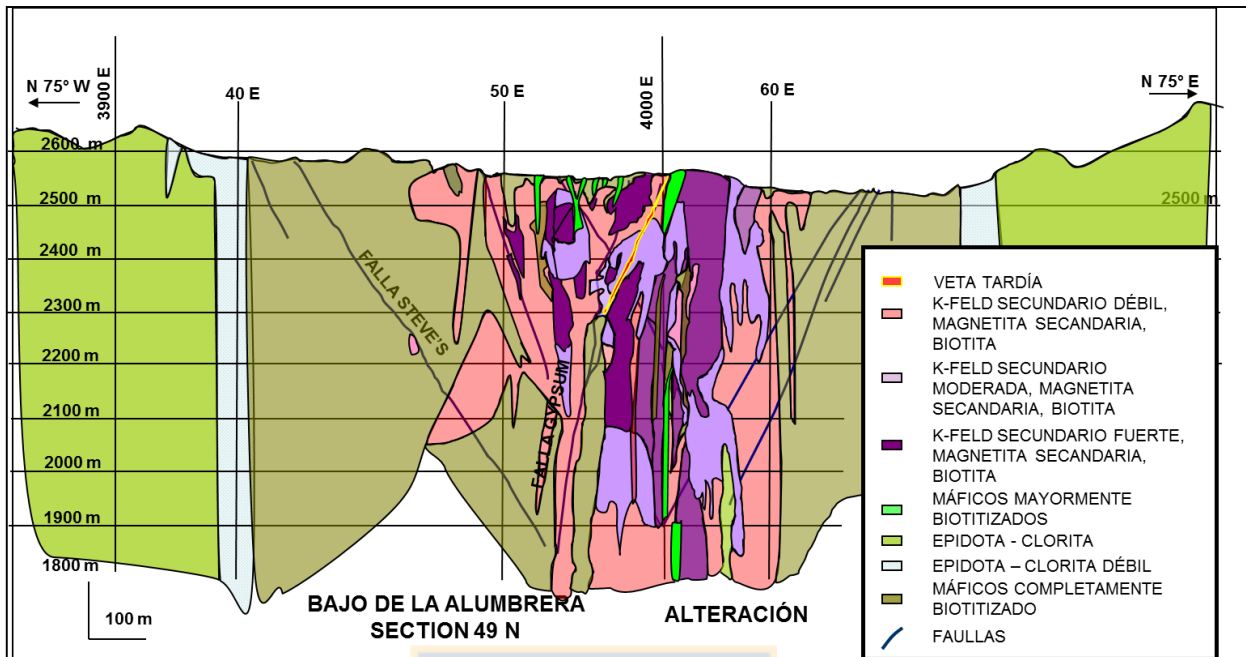
**Tabla 5.1:** Alteraciones del Yacimiento Bajo de la Alumbraera

Alteración	Descripción
Potásica	Reemplazo parcial o total de los materiales de la matriz y plagioclasas por feldespato potásico fino más cuarzo con biotita secundario reemplazando principalmente hornblenda. La alteración potásica también se reconoce afectando a los pórfidos P2 y P3, que corresponden a un núcleo de intrusivos estériles.  En las andesitas, cuando la alteración potásica es débil a moderada, se caracteriza por el desarrollo de biotita secundaria en matriz. La alteración potásica intensa en andesitas oblitera totalmente su fábrica original y genera un reemplazo masivo por biotita secundario.
Cuarzo-magnetita	La alteración cuarzo-magnetita, en general está asociada con las fases intrusivas más tempranas caracterizada por una etapa inicial de alteración masiva de magnetita que precedió la mineralización. Cuando la mineralización está presente se asocia a venillas de cuarzo
Propilítica	Se encuentra formando un halo alrededor del yacimiento y se caracteriza por la presencia de epidota, clorita, magnetita y carbonatos. Dentro del halo periférico, cuanto más cerca del centro intrusiva la presencia de epidota se hace más notoria. La ausencia de venillas de cuarzo asociadas con este tipo de alteración indica que los fluidos nunca alcanzaron temperaturas significativas o que no intervinieron en cantidades importantes, reflejando un escaso intercambio químico en las andesitas
Destructiva de feldespato	Incluye procesos de alteración reconocidos como fílicos y/o argílicos y se superponen sobre las asociaciones mineralógicas dadas por la alteración potásica y propilítica y afecta a toda las fases porfídicas. Generalmente en la parte central del pórfido, la alteración destructiva de feldespatos se superpone débilmente reemplazando en forma parcial fenocristales de plagioclasa por sericita, mientras que los minerales máficos se alteran a clorita

## 5.2. MODELO HIDROGEOLÓGICO

El Yacimiento Bajo de la Alumbraera se emplaza en la cordillera de los Andes, a una altura promedio de 2.600 m s.n.m. Su ambiente morfológico señala la presencia de cauces de ríos y patrón de drenajes con gradiente en dirección hacia el SE.

La condición hidrogeológica del yacimiento Bajo de la Alumbraera se reconoce a partir del levantamiento de alumbraamientos en el rajo y el control de niveles freáticos en pozos de observación.



**Figura 5.2:** Perfil de alteración yacimiento Bajo de la Alumbraera.

En general, los alumbramientos de agua en el rajo, se ubican preferentemente fuera del pórfido, lo que puede explicarse por una menor permeabilidad de este con relación a las unidades volcánicas.

La información de pozos de observación permite el interpretar líneas de flujo (preliminares) en dirección sur-este según piezómetros, reconociéndose niveles más altos en sector NW, que en sector SE.sw

La base de datos hidrogeológica tiene la ubicación de los pozos de observación y pozos de bombeo, además de la tasa de precipitación, la tasa de evaporación, el volumen de agua extraído y el nivel de agua de los pozos entre diciembre de 1999 y diciembre del 2010. El análisis de esta base de datos nos permite identificar la caracterización meteorológica y estacionaria del yacimiento, las fluctuaciones en nivel de agua por precipitaciones o por volumen de agua extraído.

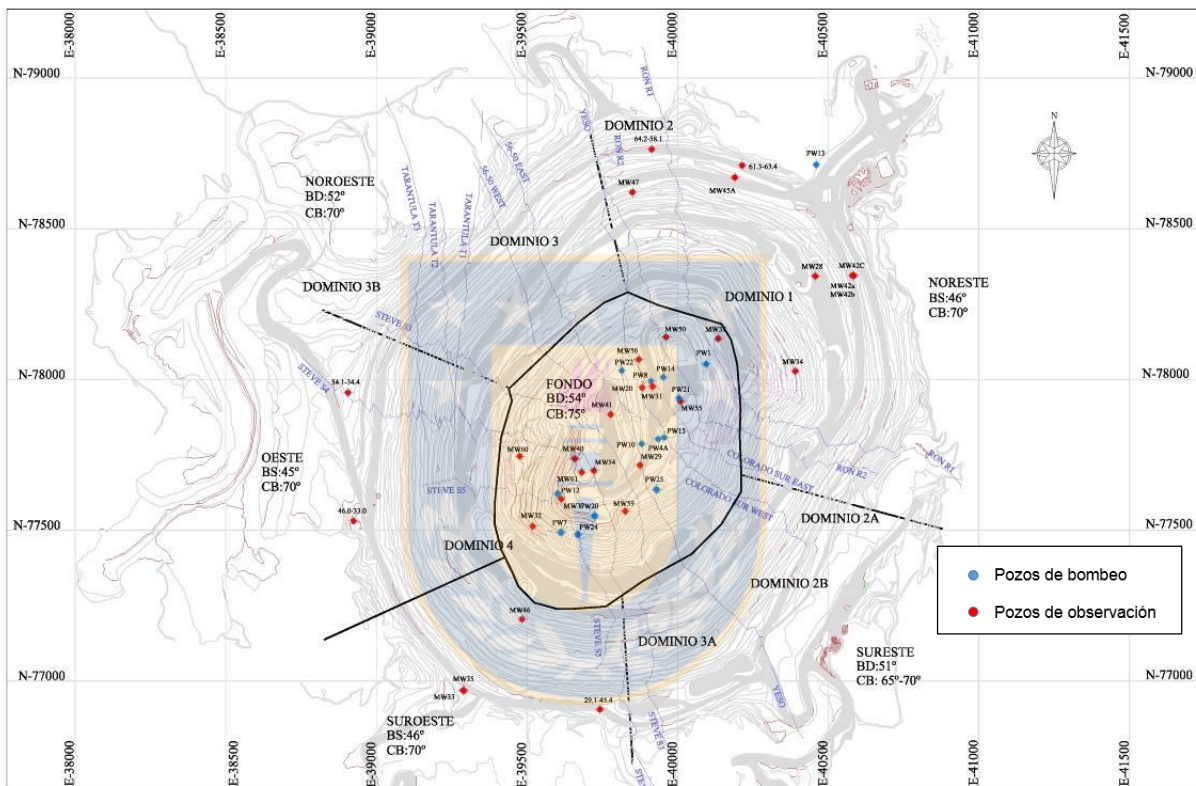
### 5.2.1. Pozos de Bombeo y Pozos de Observación

Los pozos de bombeo cumplen la función de drenar y mantener la tasa de depresión del nivel de agua a la par con el avance minero y los requerimientos geotécnicos. En cambio los pozos de



observación nos entregan datos de variación del nivel de agua, que se ocupan para controlar la tasa de bombeo.

La Figura 5.3 se muestra la ubicación de los pozos de bombeo y pozos de observación asociados a los distintos dominios estructurales. La ubicación de los pozos de bombeo es principalmente hacia el centro del yacimiento.

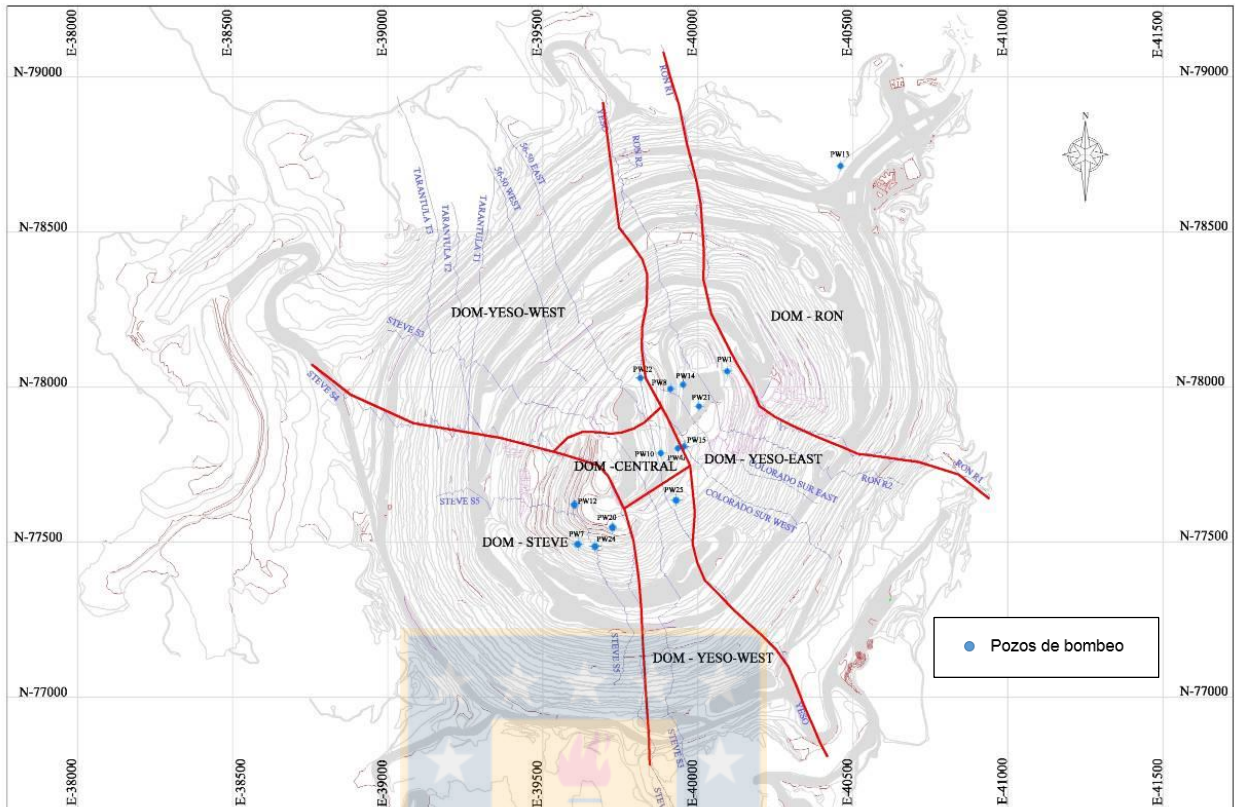


**Figura 5.3:** Ubicación pozos de bombeo y de observación.

### 5.2.2. Dominios Hidrogeológicos

Artois Consulting (2008) define que existen cinco dominios hidrogeológicos (Ron, Yeso-Este, Yeso-Oeste, Central y Steve). En la Figura 5.4 se muestran los pozos de bombeo asociados a dominios hidrogeológicos.

- 1) Dominio Ron: Se ubica en el sector NE del rajo y limita al SW con la Falla Ron, se asocia a andesitas. En este dominio sólo se encuentra el pozo de bombeo PW-13 (Figura 5.4).



**Figura 5.4:** Dominios Hidrogeológicos con sus pozos de bombeo asociados.

- 2) Dominio Yeso-Este: Se ubica al este de la Falla Yeso y al oeste de la Falla Ron, se asocia a pórfidos y andesitas. En este dominio se encuentran los pozos de bombeo PW-1, PW-8, PW-14, PW-15 y PW-21 (Figura 5.4).
- 3) Dominio Yeso-Oeste: Se ubica al oeste de la Falla Yeso y al este de la Falla Steve, se asocia a pórfidos y andesitas. En este dominio se encuentran los pozos de bombeo PW-22 y PW-25 (Figura 5.4).
- 4) Dominio Central: Se ubica en el centro del rajo, se asocia a pórfidos fracturados. En este dominio se encuentran los pozos de bombeo PW-4a y PW-10 (Figura 5.4).
- 5) Dominio Steve: Se ubica en el sector SW de la mina y limita al NE con la Falla Steve, se asocia a andesitas “rubble”. En este dominio se encuentran los pozos de bombeo PW-7, PW-12, PW-20 y PW-24 (Figura 5.4).



Los distintos dominios hidrogeológicos (Ron, Yeso-Este, Yeso-Oeste, Central y Steve) fueron diferenciados en base a similares características litológicas, estructurales, de drenaje, hidráulicas de la roca y por la presencia de barreras de flujo como son las fallas y los diques. Los dominios hidrogeológicos están limitados por estructuras como son las fallas mayores (Artois, 2008).

### 5.3. CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO

A partir de la información del mapeo sistemático de celdas y visitas a terreno es posible reconocer las características representativas de las unidades de roca o macizos rocosos presentes en mina Bajo de la Alumbraera .

A partir de esta información se determinan las características geotécnicas como se muestra en la Tabla 5.2 y se estima un valor de RMR89 promedio para cada una de las unidades.

De la Tabla 5.3 se puede reconocer la calidad de los macizos rocosos presentes en el yacimiento Bajo de la Alumbraera; estas unidades presentan en general moderada a buena calidad geotécnica.

**Tabla 5.2:** Descripción de macizos rocosos reconocidos.

UNIDAD	DUREZA	DISCONTINUIDADES		
		TIPO	DESCRIPCIÓN	RELLENOS
POTÁSICA	Muy Resistente a Resistente (77%). Aprox. 110-220 Mpa	Corresponden principalmente a diaclasas de 1banco (? 70%) y Fallas < de 2 bancos.	Continuidades Ondulosas Suaves( JRC 4 a 10, 67%).	Los rellenos corresponden a Yeso (55%) y Carb-Yeso (1%), con menor Arc-Clorita (8%) y Lim-Oxido (6%).
PORF. QZ-MAG.	Muy Resistente a Resistente (78%) y Mod. Resistente (22%). Aprox. 110-220 Mpa	Diaclasas (6%) y falla < 2 bancos (17%), aunque en general hay baja densidad de estructuras.	Escalonada suave	Sulfuros (28%), Yeso (22%) y Sulf. (28%)
RUBBLE	Denso fracturamiento, con piezas entre 1a 8 cm. Siendo duro es fiable.	Unidad con fracturamiento intenso.	Lisas a suaves	Sin rellenos
ANDESITA CL-EP	Muy Resistente (42%) a Resistente (32%). Aprox. 110 Mpa.	Diaclasa 1banco (72%) y <2 banco (7%), con 1% de fallas <2 bancos.	Continuidades Ondulosas.	Lim-Ox (45%), Yeso (25%) y Carbonato (14%), menor Arc-Cl (6%). Un 45% es roca fresca.
FDA SW	Resistencia variable, Media a Muy Dura. Promedio 60 Mpa.	Diaclasas (<1b) 67%. El 65 % levemente meteorizada	Principalmente ondulosas suave.	Yeso y Arc-Cl, con menor Sulf, Carb-Yeso y Lim-Ox.
FDA NE	Muy Resistente (32%) a Med. Resistente (15%). 90 Mpa	Diaclasa 73% y 16% de falla < 2 b. El 65 % levemente meteorizada.	Principalmente ondulosas suaves.	Yeso, Lim-Ox y Arc-Cl.

**Tabla 5.3:** Determinación de RMR89 en los macizos rocosos reconocidos.

UNIDAD	IRS	RQD	Esp.	JC	WC	RMR89	CALIFICACION
POTASICA	12	15	15	18	10	70	Buena Calidad
PORF. Qz- MAG	12	13	15	15	10	65	Buena Calidad
RUBBLE	5	3	10	7	10	35	Baja Calidad
AND. CL-EP	12	13	15	15	10	65	Buena Calidad
FDA SW	7	11	12	15	10	55	Moderada Calidad
FDA NE	7	17	12	15	10	61	Buena(limite Inferior)

Las unidades de menor calidad corresponden a la denominada FDA SW, asociada a una alteración fílico-argílica (que deteriora la calidad del macizo rocoso) y la unidad de Rubble, la cual corresponde a una unidad que asocia tanto pórfidos como andesitas y se caracteriza por un fuerte fracturamiento (fragmentos de rocas entre 1 cm a 8 cm) y no presentan relleno, debido a la disolución total o parcial de las vetillas de yeso.

#### 5.4. REVISIÓN DE UNIDADES GEOTÉCNICAS

De acuerdo a los antecedentes de litología, alteración y estructuras, descritos anteriormente se han definido seis unidades geotécnicas principales. Estas corresponden a:

- Unidad Geotécnica Alteración Potásica
- Unidad Geotécnica Alteración Qz-Magnetita
- Unida Geotécnica Andesita Alterada Clorita-Epidota
- Unidad Geotécnica Andesita Alterada FDA NE
- Unidad Geotécnica Alterada FDA SW
- Unidad Geotécnica Rubble

##### 5.4.1 Unidad Geotécnica Alteración Potásica

Agrupar a pórfidos con alteración potásica, incluyendo andesitas afectadas por esta misma alteración (que se emplazan en los contactos de las rocas volcánicas con los pórfidos). Esta unidad se presenta en el centro-fondo del actual pit. Es, en general, una unidad de buena calidad geotécnica (RMR89 promedio de 70).

#### **5.4.2 Unidad Geotécnica Alteración Cuarzo-Magnetita**

Caracteriza a pórfidos afectados por alteración cuarzo – magnetita, emplazándose esta unidad en el fondo y centro este del rajo, rodeada por alteración potásica. Por sus características geotécnicas puede calificarse como una unidad de buena calidad Geotécnica (RMR89 promedio de 65).

#### **5.4.3 Unidad Geotécnica Andesita Alteración Clorita – Epidota**

Esta unidad se asocia a la roca de caja andesítica afectada por alteración Clorita-Epidota. Constituye el halo externo del sistema de alteración y no es una alteración destructora de los minerales formadores de roca. Es posible calificarla como una unidad de buena Calidad Geotécnica, con RMR89 promedio de 65, y se presenta como el halo más externo del sistema de alteración-mineralización.

#### **5.4.4 Unidad Geotécnica Andesita Alteración Fílico-Argílica (FDA) SW**

Esta unidad agrupa a rocas de composición andesíticas afectadas por alteración fílico-argílica, destructora de los feldespatos.

De acuerdo al ambiente estructural de yacimiento, el cual genera bloques, se han expuesto distintos niveles para la alteración fílico-argílica. Para el caso de la Unidad Geotécnica Andesita Alteración Fílica-Argílica (FDA) SW, esta corresponde a un nivel de desarrollo más intenso y menos expuesto, que se reconoce al W del sistema de Fallas Yeso -Ron. Por los antecedentes geotécnicos, esta unidad puede ser calificada como de Moderada Calidad Geotécnica, con RMR89 promedio de 55.

#### **5.4.5 Unidad Geotécnica Andesita Alteración Fílico-Argílica (FDA) NE**

Esta unidad, al igual que la anteriormente descrita, expone un nivel de exposición más profundo de rocas de composición andesíticas afectadas por alteración fílico-argílica y se reconoce al Este del sistema de Fallas Yeso -Ron.

De acuerdo a los antecedentes geotécnicos, esta unidad puede ser calificada como de buena calidad geotécnica (en su límite inferior), con RMR89 promedio de 61.

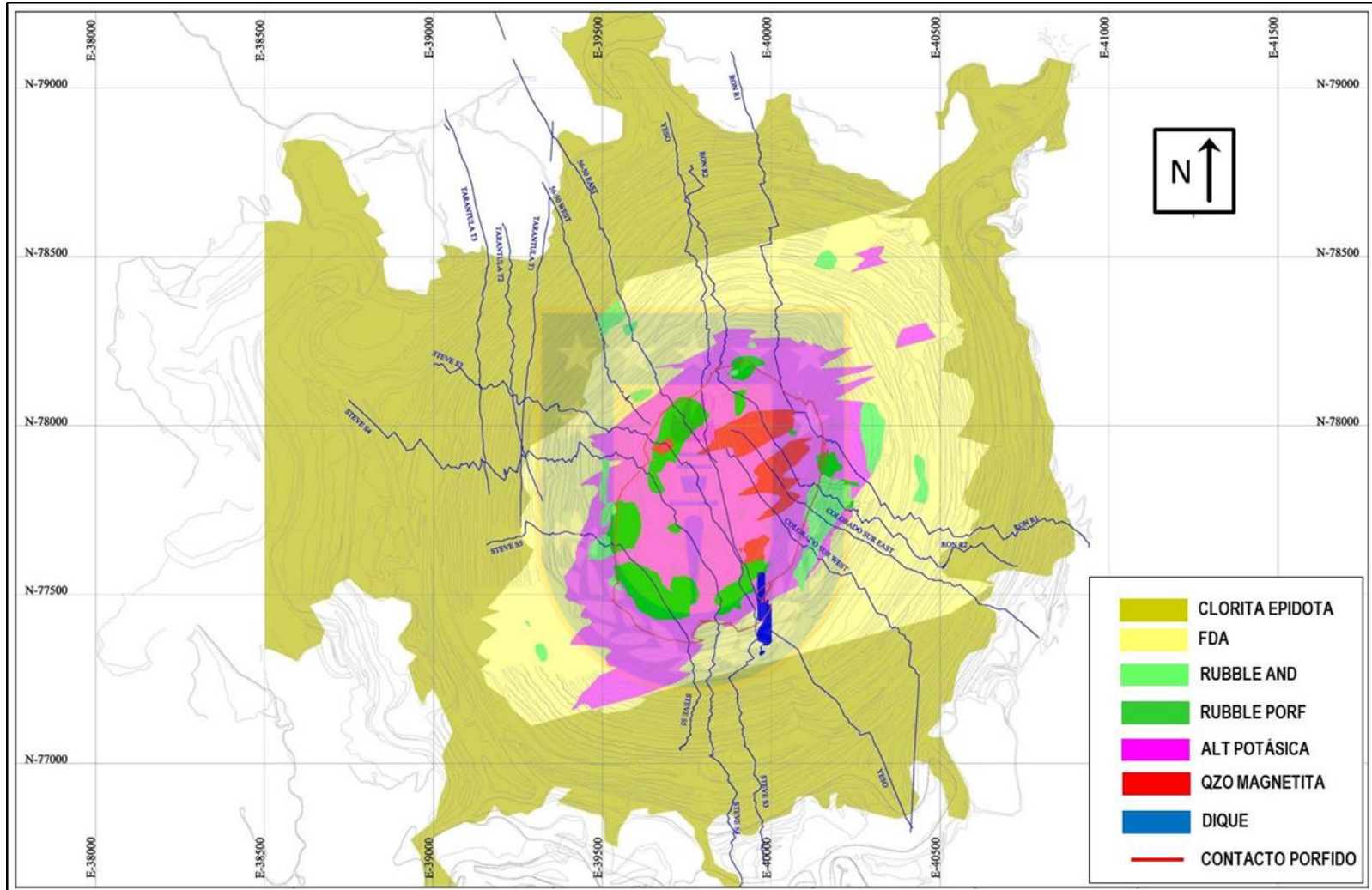
#### **5.4.6 Unidad Geotécnica Rubble.**

Esta unidad se caracteriza por un alto grado de fracturamiento con fragmentos de roca disgregados con diámetros menor a 10 cm y sin relleno intersticial, debido a la disolución total o parcial de vetilla de yeso. Posee una mala calidad geotécnica. Presenta una importante distribución en el rajo actual; de acuerdo al nuevo modelo estas unidades geotécnicas se proyectan hasta el pit final.

La revisión del modelo geotécnico mostró que no se identifican nuevas unidades, más que las descritas en el año 2007 y se constata lo siguiente:

- El modelo Geotécnico 2014 no presenta unidades distintas a las descritas en el modelo del 2007. Es decir el ambiente geotécnico mantiene y reconoce las 6 unidades originalmente descritas y definidas.
- En la Unidad Geotécnica Rubble se reconoce un cambio importante en su geometría, disminuyendo su distribución areal, de acuerdo al modelo 2014. Esto resta relevancia y proyección a la condición geotécnica de algunos sectores y desarrollo de Fases, tanto actuales como a Pit Final.

La Figura 5.5 muestra una planta con la distribución de las unidades geotécnicas en el rajo en la topografía actualizada a Mayo del 2014.



**Figura 5.5:** Unidades Geotécnicas en topografía del rajo (Mayo 2014).

## 6. REVISIÓN DE MODELO ESTRUCTURAL

### 6.1 ANTECEDENTES ESTRUCTURALES GENERALES

El yacimiento Bajo La Alumbraera dispone de un Modelo Estructural 3D de Fallas Mayores y Dominios Estructurales de Fallas Menores y Discontinuidades.

#### 6.1.1 Estructuras Mayores

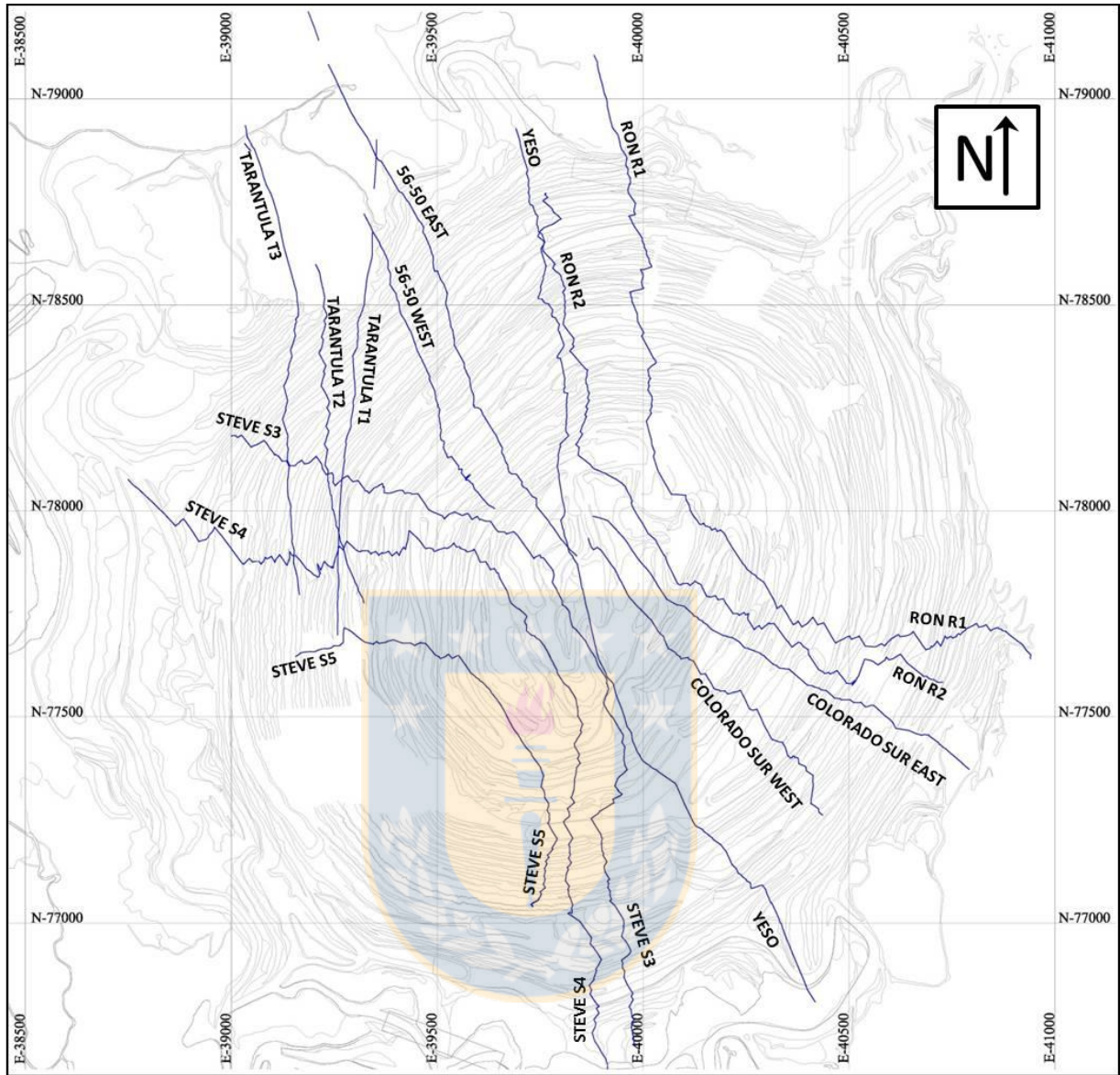
Minera La Alumbraera se encuentra en un ambiente estructural dominado por la presencia de fallas mayores normales, de orientación NW-SE y dirección de manto opuesto, uno al W-SW y otro con manto al NE. En este ambiente, se desarrolla un bloque estructural central descendido, cuyos límites quedan bien definidos por las fallas Ron y Steve's. De acuerdo a la información estructural de detalle del rajo, se reconocen a lo menos 13 estructuras mayores, las cuales se representan en la Tabla 6.1 y se describen en la Figura 6.1.

**Tabla 6.1:** Modelo Estructural de Fallas Mayores

Falla	Long. en el rumbo	Long. En el manto	Dipdir	Dip	Observación
*Ron 1			230	60	
*Ron 2			219	50	Actitud de la falla sector norte.
*Ron 2 ( sector sur)			234	50	Actitud de la falla sector sur.
Yeso			250	75	Se conserva la actitud del modelo 2010
*Tarántula 1	1000 m.	1000 m.	271	77	
*Tarántula 2			240	54	
*Tarántula 3			255	60	
*Steve 3			55	55	
*Steve 4			60	50	
*Steve 5			50	50	
*50-56 Este	620 m	600 m.	243	85	
*50-56 Oeste	550 m.	200 m.	250	85	Actitud de la falla sector norte.
*50-56 Oeste (sector sur)			210	85	Actitud de la falla sector sur.
*Colorado SE	520 m.	400 m.	219	81	
*Colorado SW	950 m.	650 m.	226	78	Actitud de la falla sector norte.
*Colorado SW (sector sur)			272	66	Actitud sector sur de la falla.

(\*) la disposición de las fallas se obtuvieron del modelo estructural 2014.





**Figura 6.1:** Fallas Mayores proyectadas a topografía del rajo 2014.

Con respecto a las características de las Fallas Mayores presentes en Mina Alumbra, a partir de los mapeos realizados, se puede señalar que desarrollan rellenos arcillosos y zona brechizada de espesores centimétricos, con un halo de roca fracturada y alterada que alcanza unos pocos metros de espesor. Venas de yeso son comunes a lo largo de muchas de las fallas.

### 6.1.2 Estructuras Menores

A partir del análisis de fallas menores y diaclasas de la base de datos de mapeo de celdas, se

identificaron la presencia de 8 Dominios Estructurales cuyos límites son entes estructurales, esencialmente fallas mayores. Cada uno de estos dominios posee sistemas de discontinuidades característicos que han sido actualizados de acuerdo a la base de datos entregada el año 2014 y son listados en la Tabla 6.2.

En el Anexo 1 se presenta de forma detallada el análisis estereográfico de determinación de sistemas de discontinuidades menores.

**Tabla 6.2:** Dominios Estructurales y familias descritas en el año 2014.

Dom inio	Sistema	Dip media [°]	Dipdir media [°]	Dom inio	Sistema	Dip media [°]	Dipdir media [°]
1	JS1-Dom1	83	172	3	JS1-Dom3	75	249
	JS2-Dom1	44	244		JS2-Dom3	52	146
	JS3-Dom1	85	263		JS3-Dom3	50	112
	JS4-Dom1	87	150		JS4-Dom3	81	73
	JS5-Dom1	76	194		JS5-Dom3	71	226
	JS6-Dom1	78	223		JS1-Dom3A	79	273
2	JS1-Dom2	75	260	3A	JS2-Dom3A	54	9
	JS2-Dom2	47	173		JS3-Dom3A	82	4
	JS3-Dom2	80	103		JS4-Dom3A	83	94
	JS4-Dom2	47	110		JS5-Dom3A	79	46
	JS5-Dom2	90	127		JS6-Dom3A	63	152
	JS6-Dom2	76	237		JS7-Dom3A	48	187
	JS7-Dom2	36	238		3B	JS1-Dom3B	55
2A	JS1-Dom2A	84	224	JS2-Dom3B		47	260
	JS2-Dom2A	66	348	JS3-Dom3B		74	226
	JS3-Dom2A	66	232	JS4-Dom3B		60	204
	JS4-Dom2A	83	189	JS5-Dom3B		66	249
	JS5-Dom2A	50	282	JS6-Dom3B		75	117
	JS6-Dom2A	80	331	JS7-Dom3B	80	147	
2B	JS1-Dom2B	74	254	4	JS8-Dom3B	50	338
	JS2-Dom2B	87	227		JS9-Dom3B	76	340
	JS3-Dom2B	40	330		JS1-Dom4	81	173
	JS4-Dom2B	59	301		JS2-Dom4	80	152
	JS5-Dom2B	78	60		JS3-Dom4	40	55
	JS6-Dom2B	71	213		JS4-Dom4	74	204
					JS5-Dom4	61	153
			JS6-Dom4	66	67		
			JS7-Dom4	51	22		

## 6.2 REVISIÓN DE DOMINIOS ESTRUCTURALES

Con el propósito de realizar una actualización de los Dominios Estructurales y las Familias de Discontinuidades, se verifica el ambiente estructural a partir de la información suministrada en la base de datos actualizada al año 2014. La metodología de trabajo se describe a continuación:

- Se realiza una revisión de los sistemas de discontinuidades menores y fallas mayores reconocidas en la Base de Datos 2014.
- A partir de la información de Dip y Dip Direction de los sistemas de discontinuidades menores se realiza una representación estereográfica y se definen los sistemas para cada Dominio. Cada uno de estos dominios posee sistemas de discontinuidades característicos, cuyas representaciones estereográficas se presentan en la Figura 6.2.
- Establecidos los sistemas de discontinuidades se determinan las características de dichos sistemas a partir del procesamiento de información suministrada en la Base de Datos del año 2014. En el Anexo 2 se presenta para cada Dominio una ficha resumen con la comparación de los sistemas 2010 – 2014 y una tabla con las características principales de los sistemas de discontinuidades.

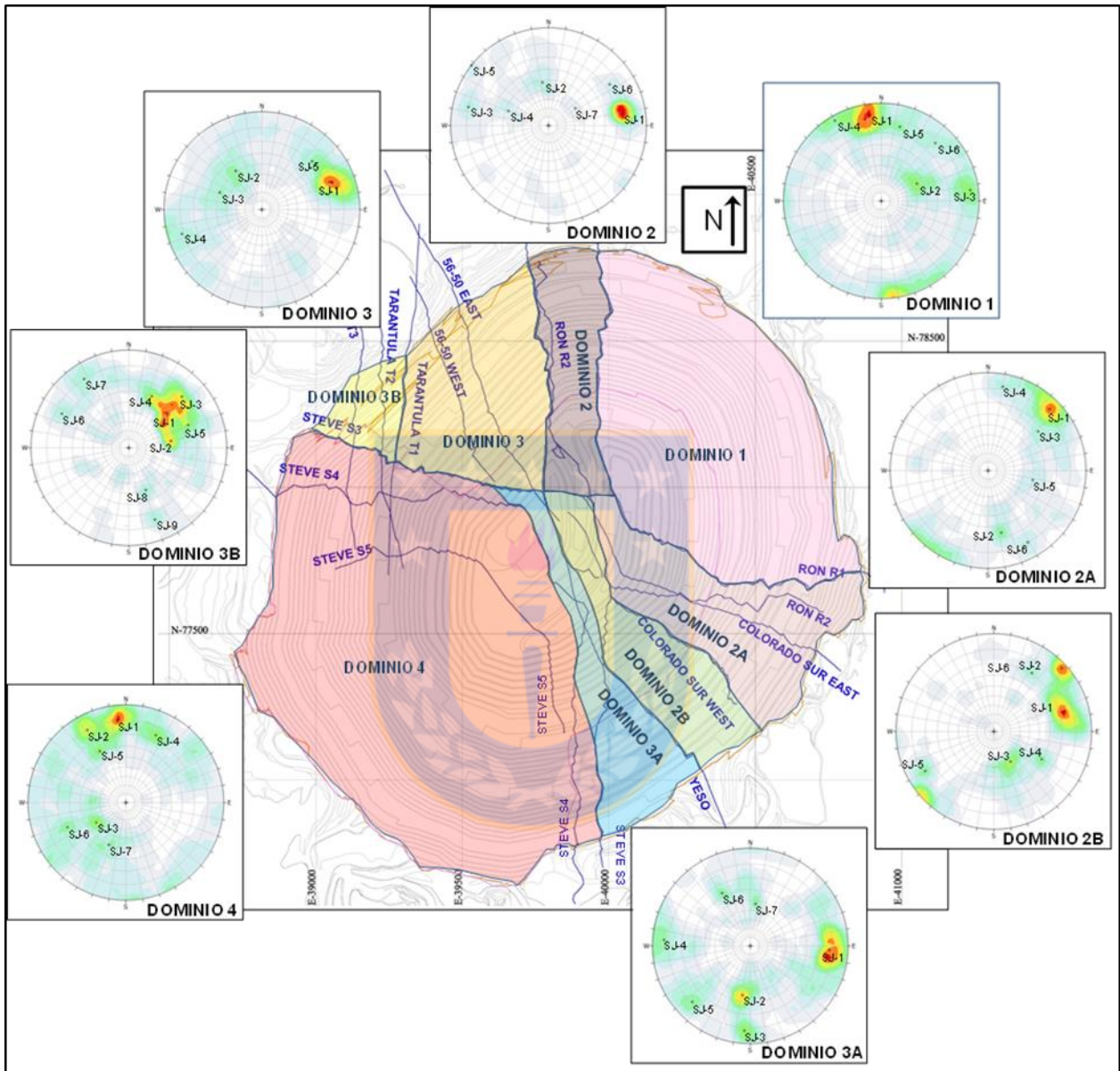
## 6.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El análisis de las estructuras mayores a nivel interrampa indica que no se reconocen la presencia de fallas mayores en condición de potencial inestabilidad, evidenciándose solo problemáticas locales en estas estructuras geológicas, al combinarse con sistemas secundarios.

La revisión de la base de datos de discontinuidades menores indica en general un aumento de celdas en las base de datos, lo cual ha motivado la revisión de los sistemas o familias de cada uno de lo dominios estructurales.

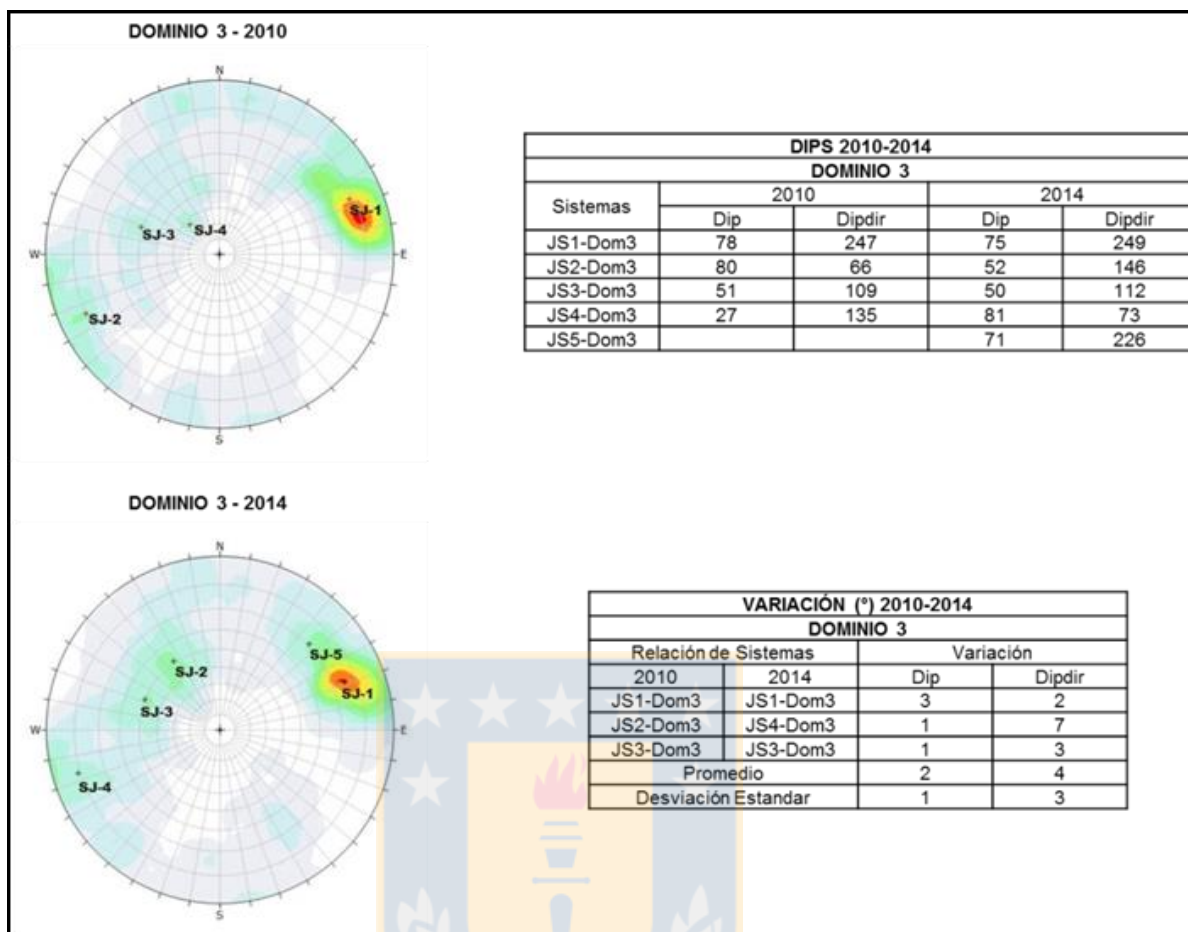
En general se determina que no se reconocen cambios lo suficientemente severos que determinen

la redefinición de un dominio estructural, sino que se ha generado una redefinición de la importancia de algunos sistemas, así como también la presencia de algunos sistemas secundarios.



**Figura 6.2:** Representación estereográfica de las discontinuidades menores por dominio estructural interceptados en el Pit final.

En la Figura 6.3 se muestra un ejemplo de la revisión de los dominios estructurales para las bases de datos 2010 y 2014, En el Anexo 2 se presenta en detalle la comparación de los sistemas estructurales.



**Figura 6.3:** Cuadro de comparación sistemas estructurales.

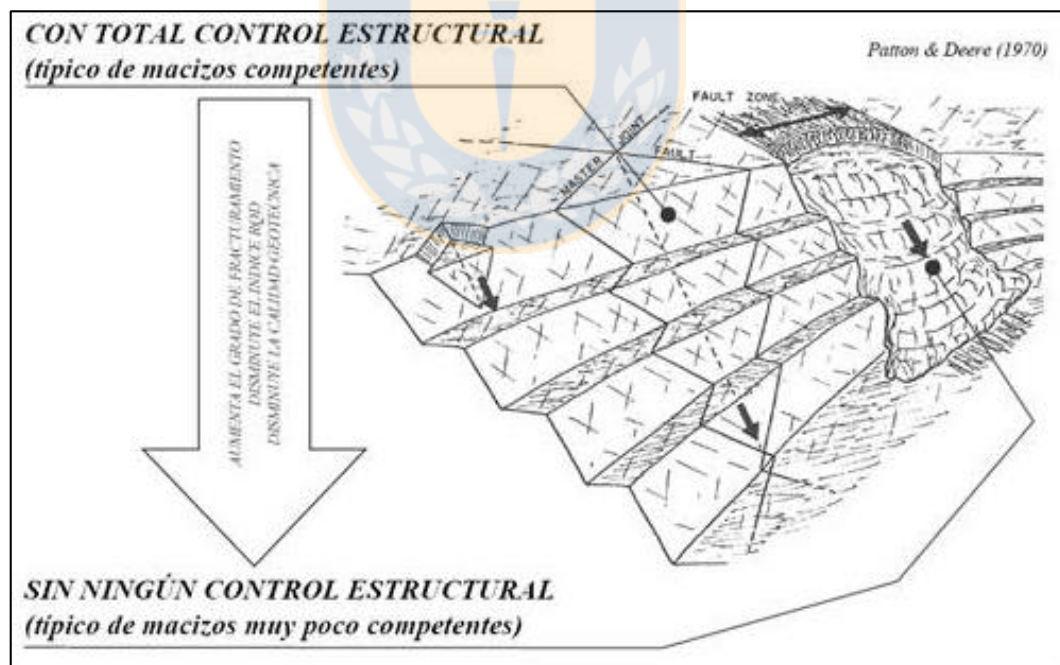


## 7. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

### 7.1 INTRODUCCION Y MECANISMOS DE INESTABILIDAD

Existe una amplia diversidad de tipos de inestabilidades o mecanismos de inestabilidad en taludes rocosos de minería a rajo abierto. En términos muy simplificados, se pueden identificar dos extremos en el control de las inestabilidades de taludes.

- Mecanismos de inestabilidad con total control estructural: Típico de macizos rocosos competentes, en que las discontinuidades determinan bloques o cuñas con potencial de deslizamiento o desprendimiento.
- Mecanismos de inestabilidad sin control estructural: Característico de macizos rocosos muy fracturados o de muy mala calidad, en que se presentan fallamiento de tipo rotacional (Figura 7.1).



**Figura 7.1:** Mecanismos de inestabilidad en taludes.

Dentro de estos dos tipos de inestabilidad, encontramos una serie de mecanismos como fallamiento plano, deslizamiento de cuñas, fallamiento escalonado, toppling, fallamiento rotacional, derrumbe

progresivo o combinaciones de estos mecanismos.

Cada mecanismo de inestabilidad presenta una mecánica y un comportamiento particular, por lo que el tipo de análisis de estabilidad, los parámetros relevantes y las herramientas a aplicar en cada caso son distintos.

En el caso de Minera Alumbraera, se presentan dos condiciones principales:

- Unidad Rubble, con mala calidad geotécnica (alto grado de fracturamiento) y mecanismos de inestabilidad sin control estructural.
- Unidades competentes, con mecanismos de inestabilidad controlados estructuralmente.

La Unidad Rubble con alto grado de fracturamiento posee baja calidad geotécnica. Presenta una importante distribución en el rajo actual, sin embargo muestra una casi nula presencia de afloramientos en el rajo final (Fase 14).

La proyección de las unidades geotécnicas en las paredes de rajo final, indica que la envolvente final del Pit intersecta mayoritariamente unidades competentes. La presencia de Rubble o macizo de mala calidad, es escasa en la envolvente final. Esta condición conlleva a que los potenciales mecanismos de inestabilidad en las paredes finales del Pit final estén asociados principalmente a fallamientos de tipo estructural (fallamiento plano o cuña). No se espera, en forma recurrente, fallamiento por macizo rocoso de tipo circular en el rajo final.

Para este análisis de estabilidad a nivel de banco sólo se analizaron los mecanismos de inestabilidad del tipo falla plana y cuña no considerando los mecanismos de falla por volcamiento, ya que además de no ser un patrón estructural dominante en el rajo, la consideración de estos 2 mecanismos de inestabilidad por sí solos genera resultados aceptables para este nivel del estudio según el criterio de la empresa.

Para evaluar la condición de estabilidad de las unidades competentes, donde el control de los potenciales mecanismos de inestabilidad es de tipo estructural (tipo falla plana o cuña), el estudio



consideró un análisis de diseño banco-berma donde se realizó un análisis probabilístico a escala de banco simple y banco doble, basado en la naturaleza de poblaciones de dominios estructurales

Respecto a la escala de análisis; a medida que el desarrollo del rajo conforma taludes cada vez de mayor altura, distintos mecanismos de inestabilidad pueden presentarse en un mismo talud, a distintas escalas. Lo más recomendable es considerar que distintas escalas de evaluación requieren distintos tipos de análisis. En general, para el desarrollo de los análisis consideran tres escalas:

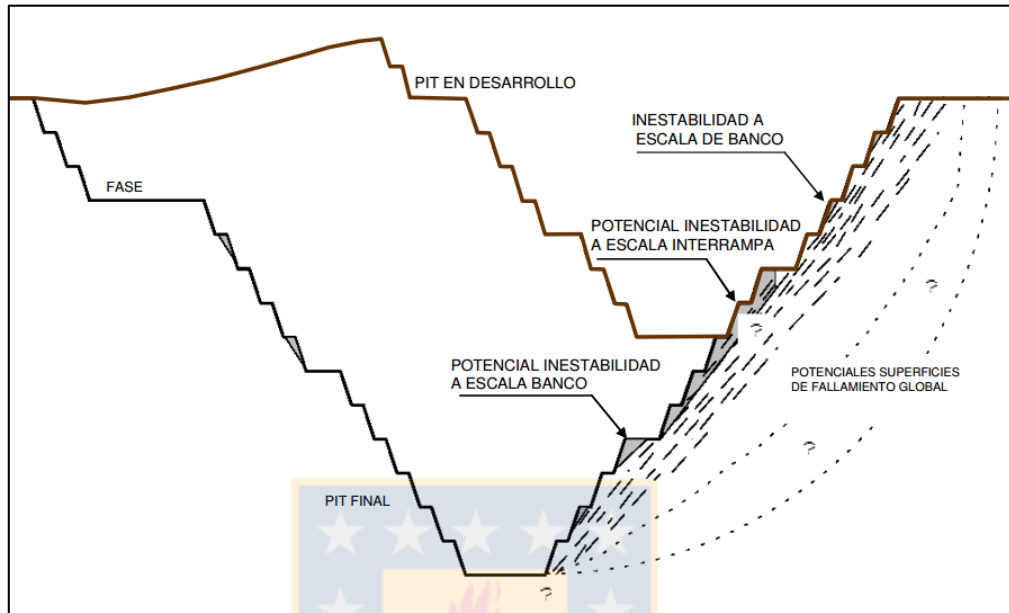
- Escala global: Se evalúa el potencial de deformaciones o fallamientos que puede presentar el macizo rocoso ante la excavación, afectando toda una pared o porción importante de una pared del rajo.
- Escala interrampa: Considera la evaluación probabilística de la ocurrencia de inestabilidades a diferencias alturas de escala interrampa (Ej. 2 a 5 bancos). A esta escala el principal rasgo estructural a considerar son las fallas intermedias y/o discontinuidades mayores a dos bancos.

En esta escala se evalúa el potencial de ocurrencia de fallamientos que involucren 3 o más bancos. El análisis a escala interrampa determina el máximo ángulo interrampa que se puede alcanzar por estabilidad.

- Escala de banco: Este análisis se basa en la estimación de la confiabilidad (probabilidad) de cumplir un determinado ángulo de cara de banco y determina el ancho de berma en función de un criterio de seguridad. A esta escala y en un macizo de buena a regular calidad geotécnica, el control de las geometrías está asociado a las discontinuidades menores o joint sets.

La configuración banco berma establece la capacidad de retención que tendrán las bermas, y determina el máximo ángulo interrampa que se puede alcanzar por constructibilidad o seguridad.

La Figura 7.2 presenta un esquema con potenciales inestabilidad a distintas escalas en el desarrollo de un rajo.



**Figura 7.2:** Potenciales inestabilidades para distintas escalas de un rajo.

## 7.2. PARÁMETROS DE DISEÑO DE RAJO Y CONCEPTO BANCO BERMA

Para contener la caída de rocas que puedan generar accidentes a personas y equipos, se introducen al diseño de taludes, bancos y bermas. El análisis para determinar la mejor configuración geométrica del diseño banco-berma depende, en un ambiente controlado estructuralmente, de los sistemas de discontinuidades menores que determinan la fábrica del macizo.

El diseño banco-berma tiene las siguientes consideraciones:

- La configuración de la geometría banco berma tiene por objetivo específico el retener la caída de rocas desde el banco inmediatamente superior. Por lo tanto, la implementación del diseño debe considerar la identificación y descarga de potenciales inestabilidades a escala de banco.
- Altura de banco ( $H_b$ ). En general está determinada por la selectividad de la extracción de mineral y los equipos de extracción.

- Ancho de berma mínimo por seguridad ( $A_m$ ). Se definirá de acuerdo al criterio de ODOT (Oregon Department of Transportation, 2002), en función de: altura de banco ( $H_b$ ), un determinado ángulo cara de banco ( $\beta$ ) y un porcentaje mínimo de capacidad de retención de caída de rocas.

Los parámetros de diseño que definen la geometría del banco se describen a continuación:

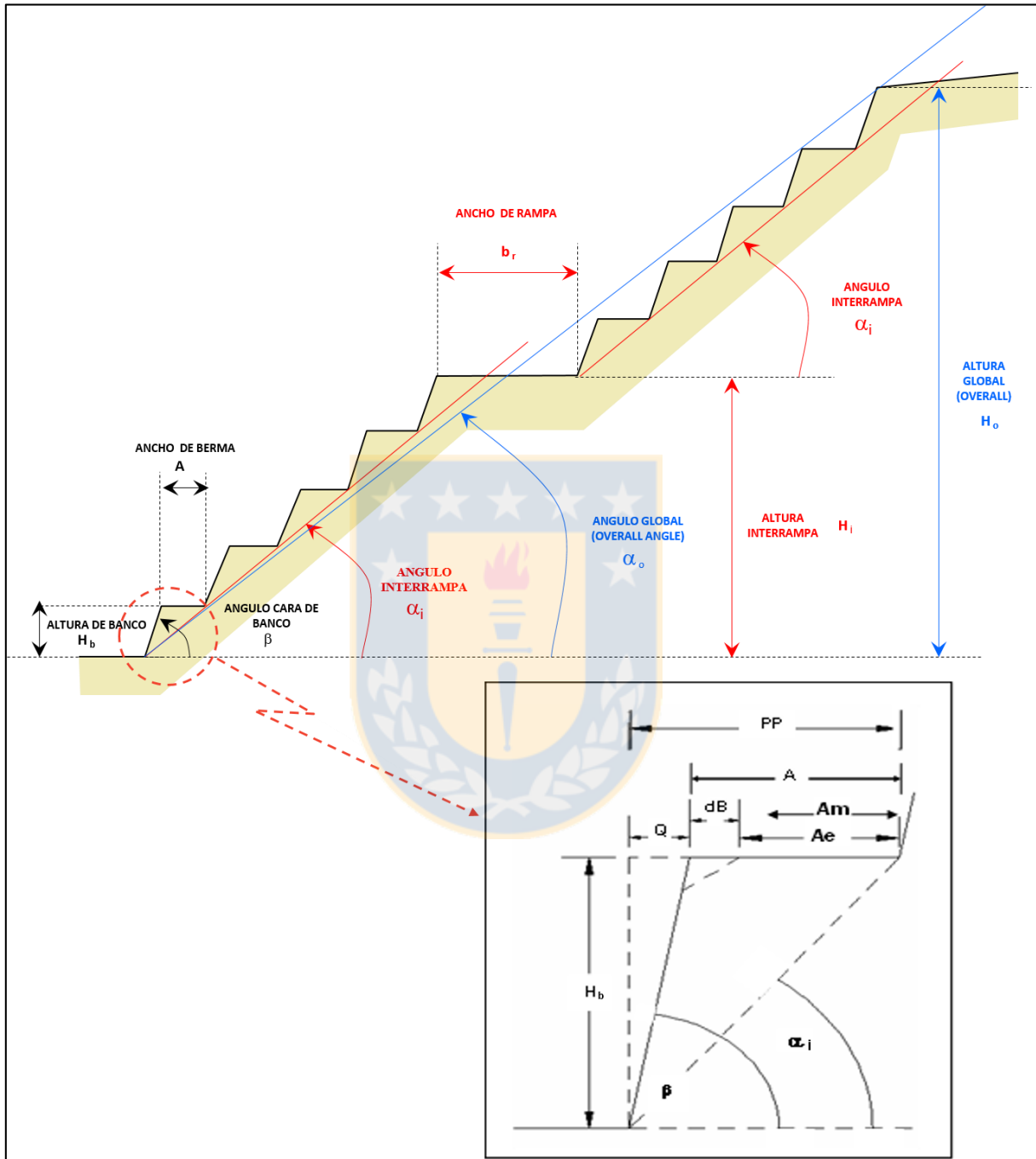
- Altura de banco ( $H_b$ ): Parámetro que tradicionalmente queda definido por la selectividad y los equipos de carguío utilizados en la mina. En este análisis se consideró una altura de banco de 17 m.
- Ángulo cara de banco ( $\beta$ ): Corresponde al ángulo entre la horizontal y el talud del banco. Este ángulo se estima a partir del análisis probabilístico (cinemático) de fallamiento a escala de banco.
- Ancho mínimo ( $A_m$ ): Ancho de berma mínimo requerido por seguridad. Este ancho fue definido de acuerdo al criterio de retención de caída de rocas de ODOT (2002), asumiendo una altura de banco de 17 m y un porcentaje de retención de 75% y 80%.
- Descreste ( $\delta B$ ): Pérdida de la cresta del banco producto del fallamiento por discontinuidades. Se estima a partir de un análisis de fallamiento de las discontinuidades menores. Esta pérdida es independiente de la técnica de tronadura y es inherente a la condición estructural del macizo rocoso.

Geoméricamente, es dependiente de la longitud de los sistemas y del ángulo cara de banco ( $\beta$ ).

- Ancho de berma de diseño ( $A$ ): Ancho de berma diseñado para la contención de caída de rocas. Debe ser mayor o igual a la suma del Ancho mínimo ( $A_m$ ) y el descreste ( $\delta B$ ).

- Quebradura (Q): Pérdida de berma producto de la prolongación del ángulo cara de banco.
- Distancia pata - pata (PP): Longitud de la proyección horizontal entre las patas de dos bancos consecutivos. Junto a la altura de banco (H), determina el ángulo interrampa ( $\alpha$ ) y el máximo ancho de berma teórico disponible para la contención de caída de rocas.
- Ángulo interrampa ( $\alpha_i$ ): Ángulo agudo que forman la horizontal y la línea que une las patas de dos bancos consecutivos.
- Ancho esperado (Ae): Corresponde al ancho de berma que se espera quede luego del descreste ( $A_e = A - dB$ ).
- Altura interrampa ( $H_i$ ): Corresponde a la altura máxima permisible entre rampas. Esta altura queda usualmente definida por consideraciones geotécnicas.
- Ancho de rampa ( $b_r$ ): Corresponde al ancho de las rampas. Usualmente queda definido por razones operacionales asociadas a los equipos de transporte.
- Ángulo global ( $\alpha_o$ ): Corresponde al ángulo que define la pared del rajo, medido como la inclinación respecto a la horizontal de una línea imaginaria que une la pata del banco inferior con la cresta del banco superior de la pared en el sector considerado
- Altura global ( $H_o$ ): Corresponde a la altura de la pared del rajo, medida desde la pata del banco inferior a la cresta del banco superior de la pared en el sector considerado.

En la en la Figura 7.3 se muestran los parámetros de diseño que definen la geometría del banco.



**Figura 7.3:** Parámetros que definen la geometría de un talud minero y detalle diseño banco-berma.

### 7.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Definido los parámetros de diseño de un banco, es fundamental determinar el ángulo de banco ( $\beta$ ), ancho de descreste (d) y el ancho mínimo de berma ( $a_m$ ), para determinar estos parámetros se presenta la metodología denominada “Análisis Probabilístico Para Determinar Parámetros de Diseño de Bancos en Minería a Tajo Abierto.”

Para su desarrollo, el análisis banco berma realizado consideró las siguientes etapas:

- Zonificación del rajo por orientación de taludes en Dominios Estructurales.

Se realiza la zonificación del rajo determinando los siguientes taludes por zona de diseño.

- Identificación de potenciales mecanismos de inestabilidad, en función de las orientaciones de las paredes y los sistemas de discontinuidades menores.

A partir de la conjugación de los distintos sistemas estructurados por dominio y la orientación de los taludes en ellos, se realiza la identificación de los potenciales mecanismos de inestabilidad.

- Determinación de la confiabilidad del ángulo cara de banco.

Se realiza el análisis de confiabilidad para ángulos de cara de banco de  $60^\circ$ ,  $65^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $75^\circ$  y  $80^\circ$  en alturas de bancos simples (17 m) y dobles (34 m).

- Geometría del banco berma. Determinación ancho del berma (A) y el Ángulo interrampa ( $\alpha_i$ ) a partir de los siguientes parámetros:

- Ancho mínimo por seguridad ( $A_m$ ) se realiza un análisis para retenciones del 75%, 80%, 85% (Según ODOT, 2002).
- Descreste (dB) determinada por los sistemas de discontinuidades menores y
- Quebradura (Q) asociada al ángulo cara de banco y la altura de banco simple (17 m) y dobles (34 m).

## 7.4 CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD

Desde el punto de vista del negocio minero, resulta necesario definir criterios de aceptabilidad para el diseño geotécnico de los taludes de una mina a rajo abierto. En otras palabras, es preciso especificar que resulta aceptable en lo que se refiere a la eventual ocurrencia de inestabilidades y, por otra parte, que es inaceptable.

Comúnmente, estos criterios de aceptabilidad se definen en términos de valores mínimos o máximos permisibles y varían según las escalas de análisis: escala de banco, interrampa o global.

Se basan en los estándares de la industria (Read y Stacey, 2009) y en la experiencia de EMT en desarrollo de proyectos similares.

### 7.4.1. Escala de Banco

Para la determinación de los Criterios de Aceptabilidad a escala de banco, se han considerado como referencia los presentados en la Tabla 7.1:

**Tabla 7.1:** Criterios de Aceptabilidad a escala de banco.

Escala	Confiabilidad de Angulo Cara de Banco	Capacidad de Retención de Bermas
	65%-80%	75%-85%
Banco	En función de calidad de información y capacidad predictiva.	En función de criticidad de infraestructura del entorno y practicas operacionales.

De acuerdo a lo anterior, para este proyecto se han adoptado como criterio una confiabilidad del ángulo cara de banco del 65% para banco simple y de 70% para banco doble.

## 7.5 ANÁLISIS A ESCALA DE BANCO

El diseño Banco-Berma considera los potenciales mecanismos de inestabilidad controlados por sistemas de discontinuidades menores, que caracterizan el macizo rocoso.



La metodología del análisis banco-berma se compone de las siguientes etapas:

1. Análisis estadístico de sistemas de discontinuidades menores
2. Zonificación del rajo por orientación de taludes
3. Identificación de potenciales mecanismos de inestabilidad
4. Determinación de la confiabilidad del ángulo cara de banco
5. Determinación del ancho de berma y configuración para ángulo interrampa por criterios de seguridad
6. Recomendación zona de diseño y parámetros asociados

### **7.5.1 Análisis Estadístico de Sistemas de Discontinuidades Menores**

A partir de un mapeo estructural de discontinuidades menores se determinan las tendencias de las discontinuidades predominantes (sistemas, familias o sets), para esto existen herramientas computacionales que mediante técnicas estereográficas permiten el procesamiento de una gran cantidad de datos.

A partir principalmente de mapeos de celda realizadas en las paredes del rajo se han definido 8 Dominios Estructurales los cuales según sus orientaciones se han agrupado en familias o sets (Tabla 6.2). En la Figura 7.4, se representa como ejemplo los estereogramas que muestran los sistemas o sets definidos en los Dominios 1 y 2B. Para ver más detalle de Dominio estructurales agrupados por familias ver Anexo 1.

### **7.5.2 Zonificación del Rajo por Orientación de Taludes**

Para realizar el análisis probabilístico estructural de los potenciales mecanismos de inestabilidad, el rajo fue zonificado de acuerdo a la orientación de sus paredes. En la Tabla 7.2 se presentan los taludes generados y en la Figura 7.5 se muestra su zonificación.

### 7.5.3. Identificación de Potenciales Mecanismos de Inestabilidad

A partir de los sistemas de discontinuidades menores presentes en cada dominio estructural, y la orientación de las paredes, se identificaron los potenciales mecanismos de inestabilidad a escala de banco en pit final. Para Mina La Alumbraera se identificaron como potenciales mecanismos de inestabilidad, la configuración de uno o más sistemas de discontinuidades menores que generen las siguientes geometrías respecto al talud:

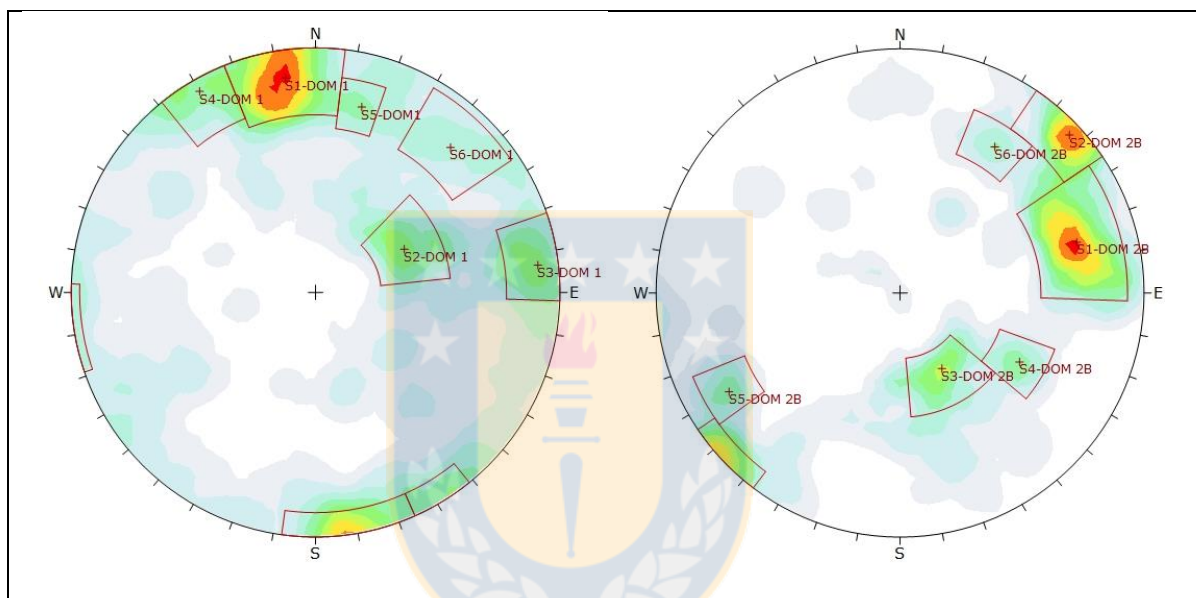
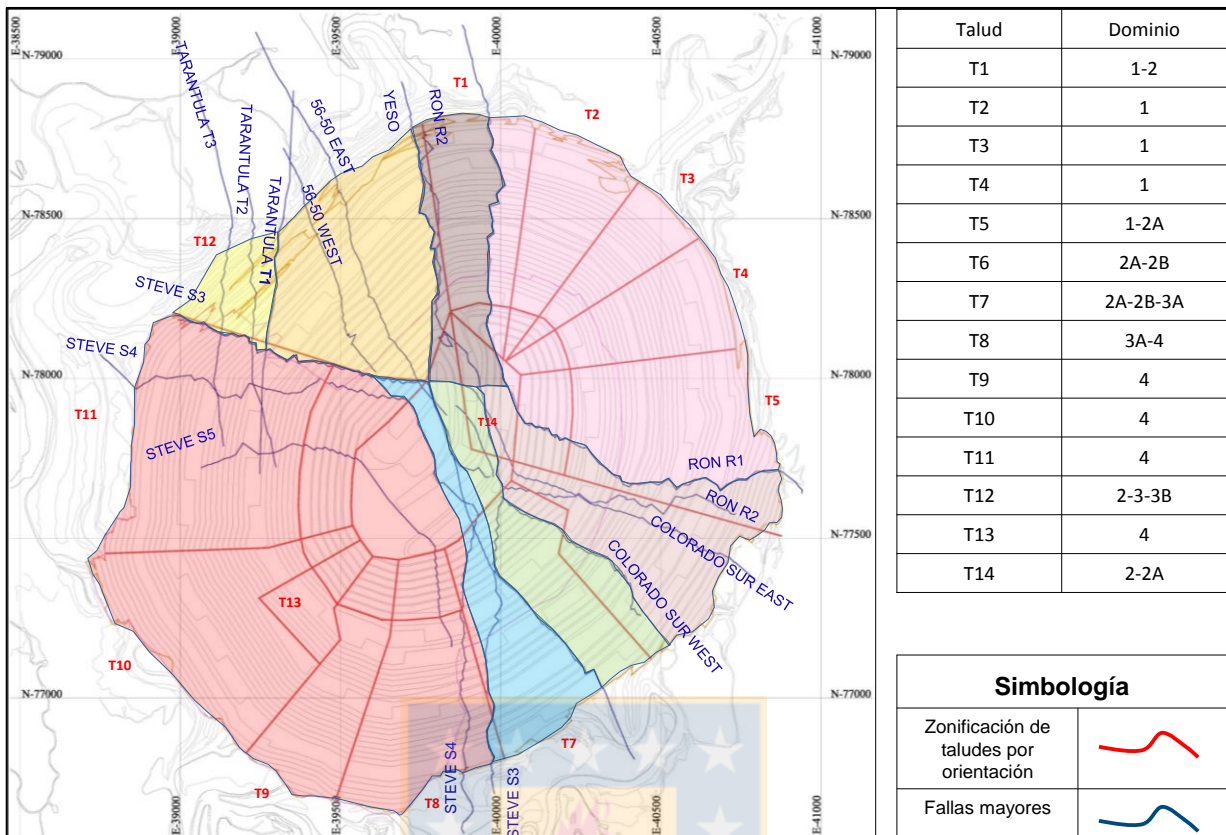


Figura 7.4: Estereograma de discontinuidades menores de dominios 1 y 2B.

Tabla 7.2: Zonificación de taludes y dominios estructurales.

Talud	Orientación	Dominio-Estructural	Sector	Talud	Orientación	Dominio-Estructural	Sector
<b>T1</b>	N80E	1-2	NE	<b>T8</b>	N80E	4	SW
<b>T2</b>	N65W	1	NE	<b>T9</b>	N65W	4	SW
<b>T3</b>	N45W	1	NE	<b>T10</b>	N30W	4	SW
<b>T4</b>	N15W	1	NE	<b>T11</b>	N5E	4	W
<b>T5</b>	N5E	1-2A	E	<b>T12</b>	N45E	2-3-3B	NE
<b>T6</b>	N35E	2A-2B	SE	<b>T13</b>	N40W	4	SW
<b>T7</b>	N50E	2A-2B-3A	SE	<b>T14</b>	N5E	2-2A	NE

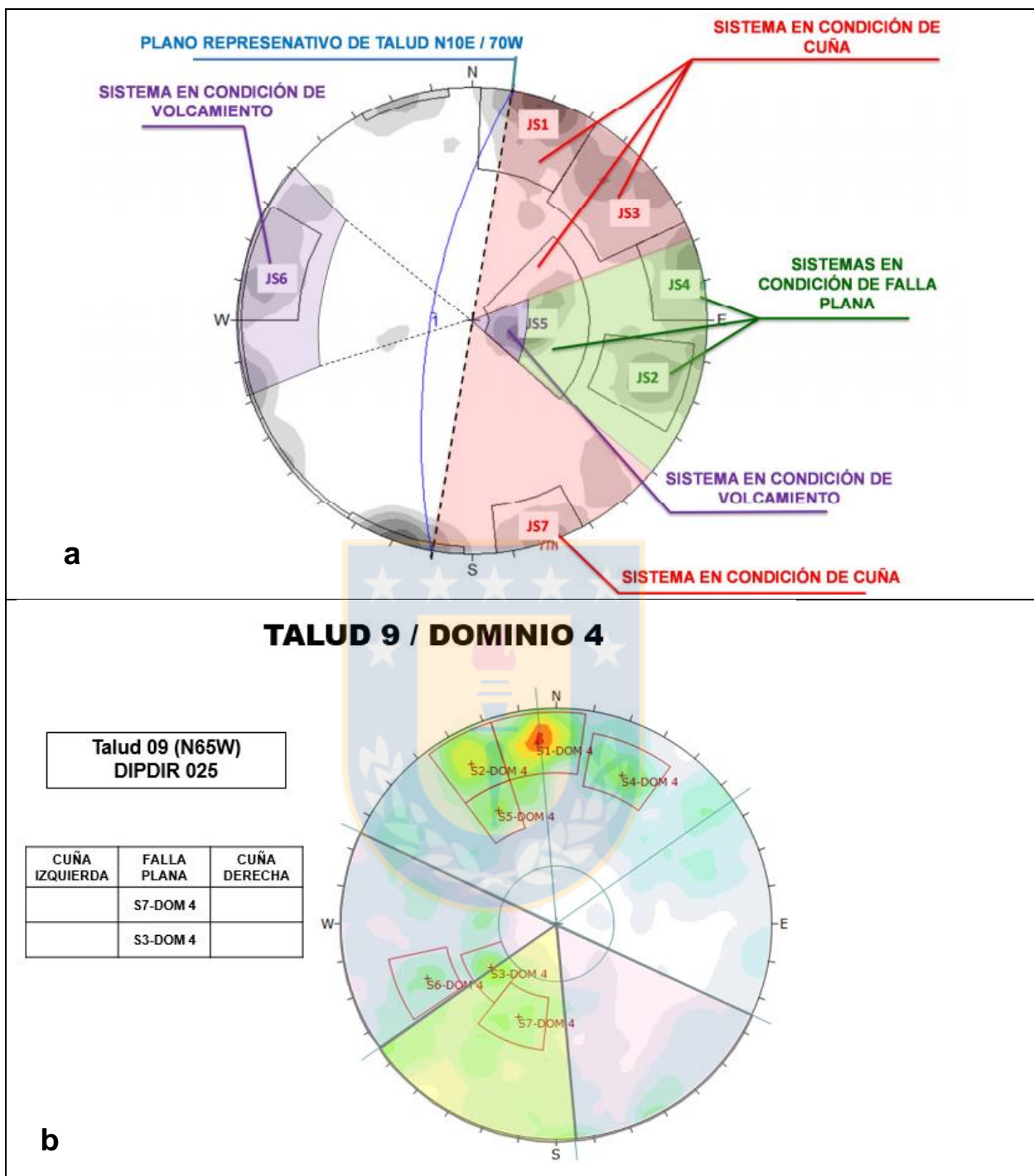


**Figura 7.5:** Zonificación de diseño por taludes en Pit final

- Falla Plana, en el caso de sistemas subparalelos al talud, con manto a favor del talud
- Cuña, en el caso de pares de sistemas cuyo vector de intersección es subperpendicular al talud, con buzamiento a favor del talud.

En la Figura 7.6-a, se muestra la forma en que se determinan los potenciales mecanismo de inestabilidad en una red estereográfica cualquiera, con ejemplos de sistemas en condición de falla plana (JS2, JS4 y JS5), sistemas en condición de cuña (JS1 con JS7, JS3 con JS7, JS5 con JS7) y de volcamiento (JS5 y JS6).

La Figura 7.6-b y 7.7, se muestran los potenciales mecanismos de inestabilidad de discontinuidades menores a escala de banco en la pared del talud 9 y 8 del rajo respectivamente. En la Tabla 7.3 se resumen los potenciales mecanismo de inestabilidad por pared para el Pit final. En Anexo 1 se detalla la identificación de potenciales mecanismo de inestabilidad



**Figura 7.6:** Identificación de potenciales mecanismos de inestabilidad **a:** Metodología para definir en una red estereográfica cuándo un sistema de estructuras (o una estructura) está en condición de falla plana, cuña derecha o cuña izquierda., **b:** Potenciales mecanismos de inestabilidad obtenidos en la pared del talud 9 del rajo.



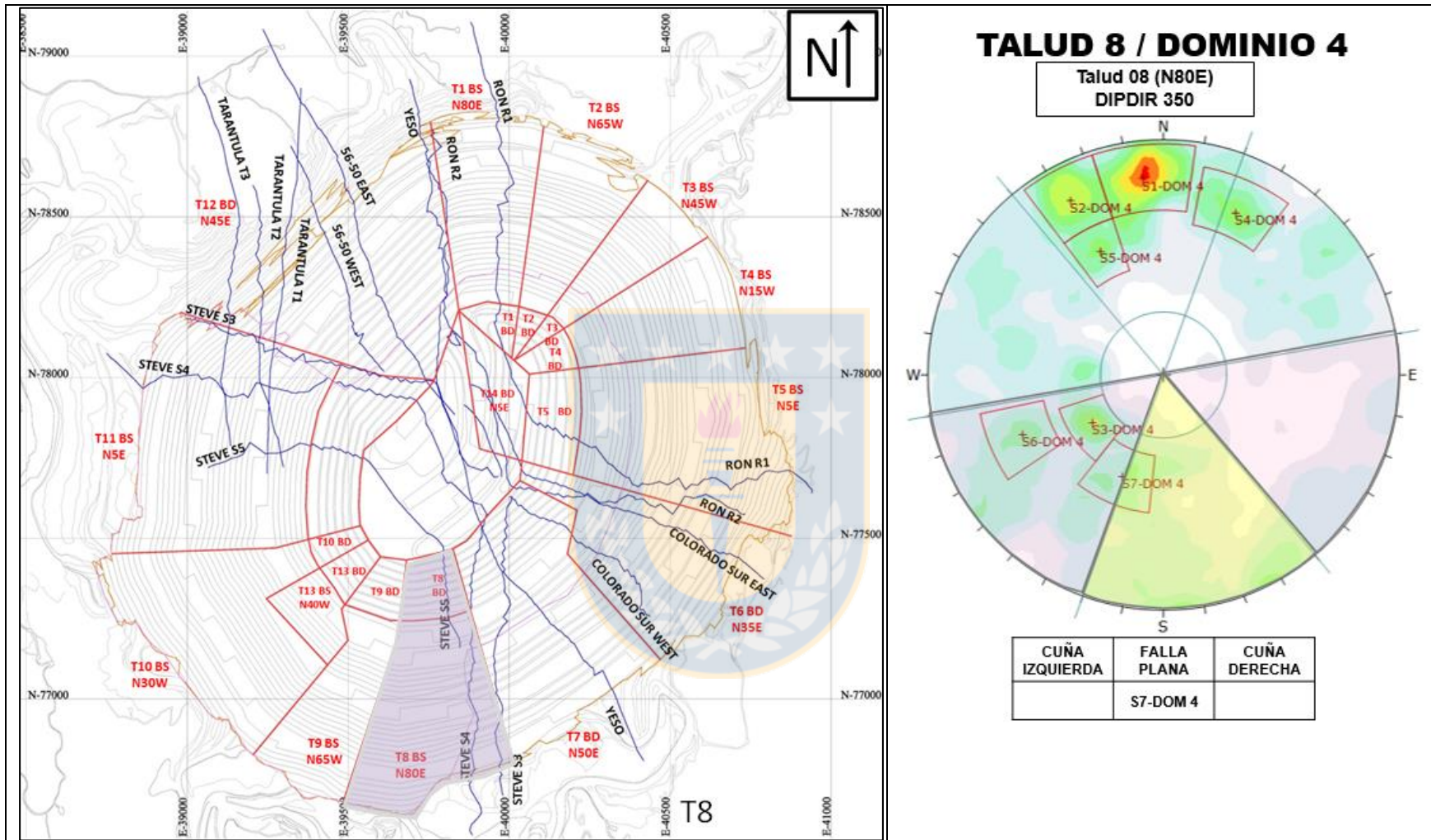


Figura 7.7: Identificación de mecanismos de inestabilidad en talud 8 del rajo.

**Tabla 7.3:** Potenciales mecanismos de inestabilidad a escala de banco.

TALUD			Mecanismo	SISTEMA 1				SISTEMA 2				CUÑA					
Nombre	Rumbo	Dominio		Tipo	Nombre	DIP		DIPDIR		Nombre	DIP		DIPDIR		PLUNGE		TREND
			Dip media [°]			Dip desv_est [°]	DipDir media [°]	DipDir desv_est [°]	Dip media [°]		Dip desv_est [°]	DipDir media [°]	DipDir desv_est [°]	Plung media [°]	Plung desv_est [°]	Trend media [°]	Trend desv_est [°]
T1	N80E	1	F. PLANA	JS1-Dom1	83	5	172	5									
T1	N80E	1	F. PLANA	JS4-Dom1	87	5	150	8									
T1	N80E	1	F. PLANA	JS5-Dom1	76	5	194	7									
T1	N80E	1	CUÑA	JS2-Dom1	44	7	244	15	JS3-Dom1	85	5	263	5	19	14	175	6
T1	N80E	1	CUÑA	JS6-Dom1	78	5	223	9	JS3-Dom1	85	5	263	5	76	11	194	29
T1	N80E	2	CUÑA	JS1-Dom2	75	5	260	5	JS3-Dom2	80	5	103	5	42	13	184	6
T1	N80E	2	CUÑA	JS1-Dom2	75	5	260	5	JS4-Dom2	47	9	110	7	23	8	177	5
T1	N80E	2	CUÑA	JS1-Dom2	75	5	260	5	JS5-Dom2	90	5	127	5	70	8	217	21
T1	N80E	2	CUÑA	JS6-Dom2	76	5	237	5	JS3-Dom2	80	5	103	5	61	8	174	10
T1	N80E	2	CUÑA	JS6-Dom2	76	5	237	5	JS4-Dom2	47	9	110	7	36	9	157	7
T1	N80E	2	CUÑA	JS6-Dom2	76	5	237	5	JS5-Dom2	90	5	127	5	75	5	217	23
T1	N80E	2	CUÑA	JS7-Dom2	36	5	238	15	JS3-Dom2	80	5	103	5	25	8	188	5
T1	N80E	2	CUÑA	JS7-Dom2	36	5	238	15	JS4-Dom2	47	9	110	7	21	7	179	9
T1	N80E	2	CUÑA	JS7-Dom2	36	5	238	15	JS5-Dom2	90	5	127	5	34	6	217	6
T1	N80E	2	F. PLANA	JS2-Dom2	47	6	173	9									

Continuación de Tabla 7.3

TALUD			Mecanismo	SISTEMA 1					SISTEMA2					CUÑA			
Nombre	Rumbo	Dominio		Tipo	Nombre	DIP		DIPDIR		Nombre	DIP		DIPDIR		PLUNGE		TREND
			Dip media [°]			Dip desv_est [°]	DipDir media [°]	DipDir desv_est [°]	Dip media [°]		Dip desv_est [°]	DipDir media [°]	DipDir desv_est [°]	Plung media [°]	Plung desv_est [°]	Trend media [°]	Trend desv_est [°]
T2	N65W	1	F. PLANA	JS1-Dom1	83	5	172	5									
T2	N65W	1	F. PLANA	JS2-Dom1	44	7	244	15									
T2	N65W	1	F. PLANA	JS5-Dom1	76	5	194	7									
T2	N65W	1	F. PLANA	JS6-Dom1	78	5	223	9									
T2	N65W	1	CUÑA	JS2-Dom1	44	7	244	15	JS1-Dom1	83	5	172	5	43	7	255	7
T2	N65W	1	CUÑA	JS3-Dom1	85	5	263	5	JS1-Dom1	83	5	172	5	81	6	208	37
T2	N65W	1	CUÑA	JS6-Dom1	78	5	223	9	JS1-Dom1	83	5	172	5	78	7	227	32
T2	N65W	1	CUÑA	JS2-Dom1	44	7	244	15	JS4-Dom1	87	5	150	8	44	7	237	9
T2	N65W	1	CUÑA	JS3-Dom1	85	5	263	5	JS4-Dom1	87	5	150	8	83	7	216	39
T2	N65W	1	CUÑA	JS6-Dom1	78	5	223	9	JS4-Dom1	87	5	150	8	78	5	226	27
T3	N45W	1	F. PLANA	JS2-Dom1	44	7	244	15									
T3	N45W	1	F. PLANA	JS3-Dom1	85	5	263	5									
T3	N45W	1	F. PLANA	JS5-Dom1	76	5	194	7									
T3	N45W	1	F. PLANA	JS6-Dom1	78	5	223	9									
T3	N45W	1	CUÑA	JS2-Dom1	44	7	244	15	JS1-Dom1	83	5	172	5	43	7	255	7
T3	N45W	1	CUÑA	JS3-Dom1	85	5	263	5	JS1-Dom1	83	5	172	5	81	6	208	37
T3	N45W	1	CUÑA	JS2-Dom1	44	7	244	15	JS4-Dom1	87	5	150	8	44	7	237	9
T3	N45W	1	CUÑA	JS3-Dom1	85	5	263	5	JS4-Dom1	87	5	150	8	83	7	216	39
T3	N45W	1	CUÑA	JS2-Dom1	44	7	244	15	JS5-Dom1	76	5	194	7	41	9	272	10
T3	N45W	1	CUÑA	JS3-Dom1	85	5	263	5	JS5-Dom1	76	5	194	7	76	5	194	28



Continuación de Tabla 7.3

TALUD			Mecanismo	SISTEMA 1					SISTEMA2					CUÑA			
Nombre	Rumbo	Dominio		Tipo	Nombre	DIP		DIPDIR		Nombre	DIP		DIPDIR		PLUNGE		TREND
			Dip media [°]			Dip desv_est [°]	DipDir media [°]	DipDir desv_est [°]	Dip media [°]		Dip desv_est [°]	DipDir media [°]	DipDir desv_est [°]	Plung media [°]	Plung desv_est [°]	Trend media [°]	Trend desv_est [°]
T4	N15W	1	F. PLANA	JS2-Dom1	44	7	244	15									
T4	N15W	1	F. PLANA	JS3-Dom1	85	5	263	5									
T4	N15W	1	F. PLANA	JS6-Dom1	78	5	223	9									
T4	N15W	1	CUÑA	JS4-Dom1	87	5	150	8	JS1-Dom1	83	5	172	5	78	23	225	35
T4	N15W	1	CUÑA	JS1-Dom1	83	5	172	5	JS2-Dom1	44	7	244	15	43	8	255	7
T4	N15W	1	CUÑA	JS4-Dom1	87	5	150	8	JS2-Dom1	44	7	244	15	44	7	237	9
T4	N15W	1	CUÑA	JS1-Dom1	83	5	172	5	JS5-Dom1	76	5	194	7	69	23	243	38
T4	N15W	1	CUÑA	JS4-Dom1	87	5	150	8	JS5-Dom1	76	5	194	7	73	10	230	30
T4	N15W	1	CUÑA	JS1-Dom1	83	5	172	5	JS6-Dom1	78	5	223	9	78	7	227	37
T4	N15W	1	CUÑA	JS4-Dom1	87	5	150	8	JS6-Dom1	78	5	223	9	78	6	226	32
T5	N5E	1	F. PLANA	JS2-Dom1	44	7	244	15									
T5	N5E	1	F. PLANA	JS3-Dom1	85	5	263	5									
T5	N5E	1	CUÑA	JS1-Dom1	83	5	172	5	JS2-Dom1	44	7	244	15	43	8	255	7
T5	N5E	1	CUÑA	JS4-Dom1	87	5	150	8	JS2-Dom1	44	7	244	15	44	7	237	9
T5	N5E	1	CUÑA	JS1-Dom1	83	5	172	5	JS5-Dom1	76	5	194	7	69	23	243	38
T5	N5E	1	CUÑA	JS4-Dom1	87	5	150	8	JS5-Dom1	76	5	194	7	73	10	230	30
T5	N5E	1	CUÑA	JS1-Dom1	83	5	172	5	JS6-Dom1	78	5	223	9	78	7	227	37
T5	N5E	1	CUÑA	JS4-Dom1	87	5	150	8	JS6-Dom1	78	5	223	9	78	6	226	32
T5	N5E	2A	F. PLANA	JS5-Dom2A	50	7	282	10									
T5	N5E	2A	CUÑA	JS2-Dom2A	66	5	348	5	JS1-Dom2A	84	5	224	9	58	7	304	12
T5	N5E	2A	CUÑA	JS6-Dom2A	80	5	331	5	JS1-Dom2A	84	5	224	9	76	6	288	25
T5	N5E	2A	CUÑA	JS2-Dom2A	66	5	348	5	JS3-Dom2A	66	5	232	5	50	6	290	7
T5	N5E	2A	CUÑA	JS6-Dom2A	80	5	331	5	JS3-Dom2A	66	5	232	5	63	5	261	12
T5	N5E	2A	CUÑA	JS2-Dom2A	66	5	348	5	JS4-Dom2A	83	5	189	6	33	12	275	6
T5	N5E	2A	CUÑA	JS6-Dom2A	80	5	331	5	JS4-Dom2A	83	5	189	6	65	11	264	16

Continuación de Tabla 7.3

TALUD			Mecanismo	SISTEMA 1					SISTEMA2					CUÑA			
Nombre	Rumbo	Dominio		Tipo	Nombre	DIP		DIPDIR		Nombre	DIP		DIPDIR		PLUNGE		TREND
			Dip media [°]			Dip desv_est [°]	DipDir media [°]	DipDir desv_est [°]	Dip media [°]		Dip desv_est [°]	DipDir media [°]	DipDir desv_est [°]	Plung media [°]	Plung desv_est [°]	Trend media [°]	Trend desv_est [°]
T6	N35E	2A	F. PLANA	JS5-Dom2A	50	7	282	10									
T6	N35E	2A	F. PLANA	JS6-Dom2A	80	5	331	5									
T6	N35E	2A	CUÑA	JS2-Dom2A	66	5	348	5	JS1-Dom2A	84	5	224	9	58	7	304	12
T6	N35E	2A	CUÑA	JS6-Dom2A	80	5	331	5	JS1-Dom2A	84	5	224	9	76	6	288	25
T6	N35E	2A	CUÑA	JS1-Dom2A	84	5	224	9	JS3-Dom2A	66	5	232	5	22	29	312	17
T6	N35E	2A	CUÑA	JS2-Dom2A	66	5	348	5	JS3-Dom2A	66	5	232	5	50	6	290	7
T6	N35E	2A	CUÑA	JS6-Dom2A	80	5	331	5	JS3-Dom2A	66	5	232	5	63	5	261	12
T6	N35E	2A	CUÑA	JS1-Dom2A	84	5	224	9	JS5-Dom2A	50	7	282	10	47	9	308	11
T6	N35E	2A	CUÑA	JS2-Dom2A	66	5	348	5	JS5-Dom2A	50	7	282	10	50	6	290	13
T6	N35E	2A	CUÑA	JS6-Dom2A	80	5	331	5	JS5-Dom2A	50	7	282	10	46	9	251	10
T6	N35E	2B	F. PLANA	JS3-Dom2B	40	5	330	14									
T6	N35E	2B	F. PLANA	JS4-Dom2B	59	5	301	5									
T6	N35E	2B	CUÑA	JS3-Dom2B	40	5	330	14	JS1-Dom2B	74	6	254	10	40	5	330	12
T6	N35E	2B	CUÑA	JS3-Dom2B	40	5	330	14	JS2-Dom2B	87	5	227	5	39	6	315	6
T6	N35E	2B	CUÑA	JS3-Dom2B	40	5	330	14	JS6-Dom2B	71	5	213	5	33	7	290	6

Continuación de Tabla 7.3

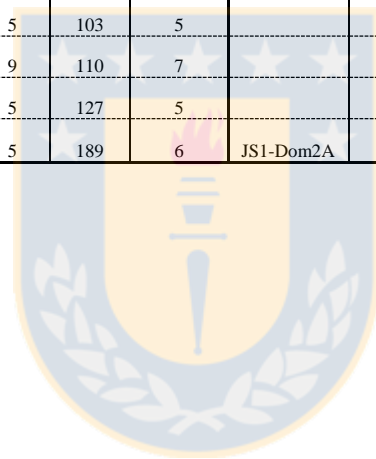
TALUD			Mecanismo	SISTEMA 1					SISTEMA2					CUÑA			
Nombre	Rumbo	Dominio		Tipo	Nombre	DIP		DIPDIR		Nombre	DIP		DIPDIR		PLUNGE		TREND
			Dip media [°]			Dip desv_est [°]	DipDir media [°]	DipDir desv_est [°]	Dip media [°]		Dip desv_est [°]	DipDir media [°]	DipDir desv_est [°]	Plung media [°]	Plung desv_est [°]	Trend media [°]	Trend desv_est [°]
T7	N50E	2B	F. PLANA	JS3-Dom2B	40	5	330	14									
T7	N50E	2B	F. PLANA	JS4-Dom2B	59	5	301	5									
T7	N50E	2B	CUÑA	JS2-Dom2B	87	5	227	5	JS1-Dom2B	74	6	254	10	62	22	311	25
T7	N50E	2B	CUÑA	JS3-Dom2B	40	5	330	14	JS1-Dom2B	74	6	254	10	40	5	330	12
T7	N50E	2B	CUÑA	JS3-Dom2B	40	5	330	14	JS2-Dom2B	87	5	227	5	39	6	315	6
T7	N50E	3A	F. PLANA	JS1-Dom3A	79	5	273	9									
T7	N50E	3A	CUÑA	JS2-Dom3A	54	7	9	8	JS1-Dom3A	79	5	273	9	52	7	348	11
T7	N50E	3A	CUÑA	JS3-Dom3A	82	5	4	5	JS1-Dom3A	79	5	273	9	76	5	310	26
T7	N50E	3A	CUÑA	JS5-Dom3A	79	5	46	5	JS1-Dom3A	79	5	273	9	64	10	340	12
T7	N50E	2A	CUÑA	JS1-Dom2A	84	5	224	9	JS3-Dom2A	66	5	232	5	22	29	312	17
T7	N50E	2A	CUÑA	JS1-Dom2A	84	5	224	9	JS5-Dom2A	50	7	282	10	47	9	308	11
T7	N50E	2A	CUÑA	JS2-Dom2A	66	5	348	5	JS1-Dom2A	84	5	224	9	58	7	304	12
T7	N50E	2A	CUÑA	JS2-Dom2A	66	5	348	5	JS3-Dom2A	66	5	232	5	50	6	290	7
T7	N50E	2A	CUÑA	JS2-Dom2A	66	5	348	5	JS5-Dom2A	50	7	282	10	50	6	290	13
T7	N50E	2A	F. PLANA	JS2-Dom2A	66	5	348	5									
T7	N50E	2A	F. PLANA	JS5-Dom2A	50	7	282	10									
T7	N50E	2A	F. PLANA	JS6-Dom2A	80	5	331	5									
T8	N80E	4	F. PLANA	JS7-Dom4	51	7	22	9									
T9	N65W	4	F. PLANA	JS3-Dom4	40	6	55	10									
T9	N65W	4	F. PLANA	JS7-Dom4	51	7	22	9									
T10	N30W	4	F. PLANA	JS3-Dom4	40	6	55	10									
T10	N30W	4	F. PLANA	JS6-Dom4	66	7	67	5									
T10	N30W	4	F. PLANA	JS7-Dom4	51	7	22	9									
T10	N30W	4	CUÑA	JS2-Dom4	80	5	152	5	JS7-Dom4	51	7	22	9	39	9	70	6
T10	N30W	4	CUÑA	JS5-Dom4	61	5	153	5	JS7-Dom4	51	7	22	9	31	7	83	6

Continuación de Tabla 7.3

TALUD			Mecanismo	SISTEMA 1				SISTEMA 2				CUÑA					
Nombre	Rumbo	Dominio		Tipo	Nombre	DIP		DIPDIR		Nombre	DIP		DIPDIR		PLUNGE		TREND
			Dip media [°]			Dip desv_est [°]	DipDir media [°]	DipDir desv_est [°]	Dip media [°]		Dip desv_est [°]	DipDir media [°]	DipDir desv_est [°]	Plung media [°]	Plung desv_est [°]	Trend media [°]	Trend desv_est [°]
T11	N5E	4	F. PLANA	JS3-Dom4	40	6	55	10									
T11	N5E	4	F. PLANA	JS6-Dom4	66	7	67	5									
T11	N5E	4	CUÑA	JS1-Dom4	81	5	173	15	JS3-Dom4	40	6	55	10	35	8	89	14
T11	N5E	4	CUÑA	JS2-Dom4	80	5	152	5	JS3-Dom4	40	6	55	10	39	6	70	7
T11	N5E	4	CUÑA	JS5-Dom4	61	5	153	5	JS3-Dom4	40	6	55	10	36	5	86	8
T11	N5E	4	CUÑA	JS1-Dom4	81	5	173	15	JS6-Dom4	66	7	67	5	62	9	100	17
T11	N5E	4	CUÑA	JS2-Dom4	80	5	152	5	JS6-Dom4	66	7	67	5	65	6	84	16
T11	N5E	4	CUÑA	JS5-Dom4	61	5	153	5	JS6-Dom4	66	7	67	5	55	5	117	12
T11	N5E	4	CUÑA	JS1-Dom4	81	5	173	15	JS7-Dom4	51	7	22	9	27	15	88	13
T11	N5E	4	CUÑA	JS2-Dom4	80	5	152	5	JS7-Dom4	51	7	22	9	39	9	70	6
T11	N5E	4	CUÑA	JS5-Dom4	61	5	153	5	JS7-Dom4	51	7	22	9	31	7	83	6
T12	N45E	2	F. PLANA	JS2-Dom2	47	6	173	9									
T12	N45E	2	F. PLANA	JS3-Dom2	80	5	103	5									
T12	N45E	2	F. PLANA	JS4-Dom2	47	9	110	7									
T12	N45E	2	F. PLANA	JS5-Dom2	90	5	127	5									
T12	N45E	2	CUÑA	JS2-Dom2	47	6	173	9	JS3-Dom2	80	5	103	5	47	6	182	8
T12	N45E	2	CUÑA	JS7-Dom2	36	5	238	15	JS3-Dom2	80	5	103	5	25	8	188	5
T12	N45E	2	CUÑA	JS2-Dom2	47	6	173	9	JS4-Dom2	47	9	110	7	42	6	142	18
T12	N45E	2	CUÑA	JS7-Dom2	36	5	238	15	JS4-Dom2	47	9	110	7	21	7	179	9
T12	N45E	3	F. PLANA	JS2-Dom3	52	10	146	11									
T12	N45E	3	F. PLANA	JS3-Dom3	50	8	112	8									
T12	N45E	3	CUÑA	JS5-Dom3	71	8	226	5	JS3-Dom3	50	8	112	8	42	8	154	9
T12	N45E	3	CUÑA	JS5-Dom3	71	8	226	5	JS4-Dom3	81	5	73	5	43	14	155	7
T12	N45E	3B	F. PLANA	JS6-Dom3B	75	5	117	6									
T12	N45E	3B	F. PLANA	JS7-Dom3B	80	6	147	5									

Continuación de Tabla 7.3

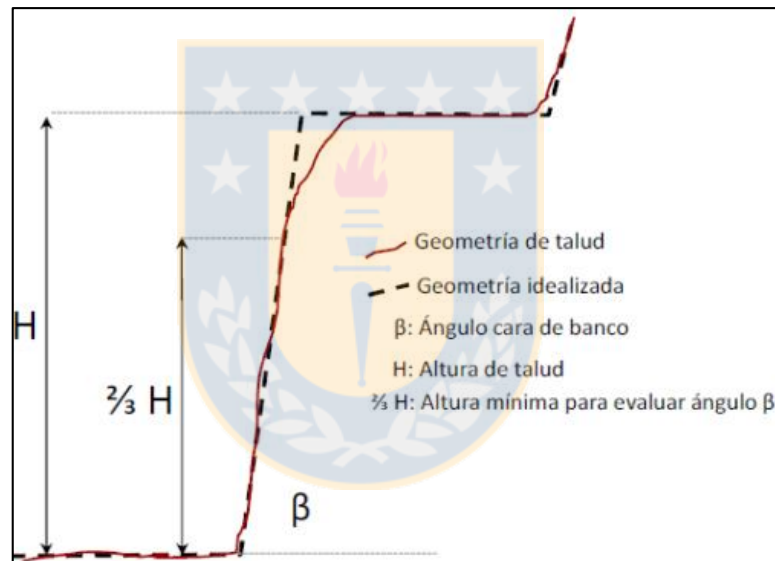
TALUD			Mecanismo	SISTEMA 1				SISTEMA2				CUÑA					
Nombre	Rumbo	Dominio		Tipo	Nombre	DIP		DIPDIR		Nombre	DIP		DIPDIR		PLUNGE		TREND
			Dip media [°]			Dip desv_est [°]	DipDir media [°]	DipDir desv_est [°]	Dip media [°]		Dip desv_est [°]	DipDir media [°]	DipDir desv_est [°]	Plung media [°]	Plung desv_est [°]	Trend media [°]	Trend desv_est [°]
T13	N40W	4	F. PLANA	JS3-Dom4	40	6	55	10									
T13	N40W	4	F. PLANA	JS6-Dom4	66	7	67	5									
T13	N40W	4	F. PLANA	JS7-Dom4	51	7	22	9									
T14	N5E	2	F. PLANA	JS3-Dom2	80	5	103	5									
T14	N5E	2	F. PLANA	JS4-Dom2	47	9	110	7									
T14	N5E	2	F. PLANA	JS5-Dom2	90	5	127	5									
T14	N5E	2A	CUÑA	JS4-Dom2A	83	5	189	6	JS1-Dom2A	84	5	224	9	83	11	193	52



### 7.5.4 Confiabilidad del Ángulo Cara de Banco

La confiabilidad del ángulo cara de banco ( $\beta$ ) se ha definido como la probabilidad que poseen los potenciales mecanismos de inestabilidad de aflorar en la pared del banco y de comprometer un volumen importante del banco, para esto se estimó como criterio de aceptabilidad conservar por más de  $2/3$  de la altura del banco o que los sistemas de discontinuidades menores, en condición de potencial inestabilidad, afectan menos de un tercio la altura del Banco.

La Confiabilidad de un ángulo cara de banco “ $\beta$ ” es la probabilidad de obtener un ángulo mayor o igual a “ $\beta$ ”, en al menos  $2/3$  inferiores del talud del banco (Figura 7.8).



**Figura 7.8:** Confiabilidad del ángulo cara de banco.

La confiabilidad del Ángulo Cara de Banco se define como:

$$\text{Conf (C.B.)} = 1 - P_c * P_l * P_f$$

Donde:

- **P<sub>c</sub>**: Probabilidad de condición, determinada a partir de la relación de orientación de los sistemas y los taludes que potencialmente afectan. Corresponde a la probabilidad de que un sistema esté en condición de Falla Plana o Cuña.

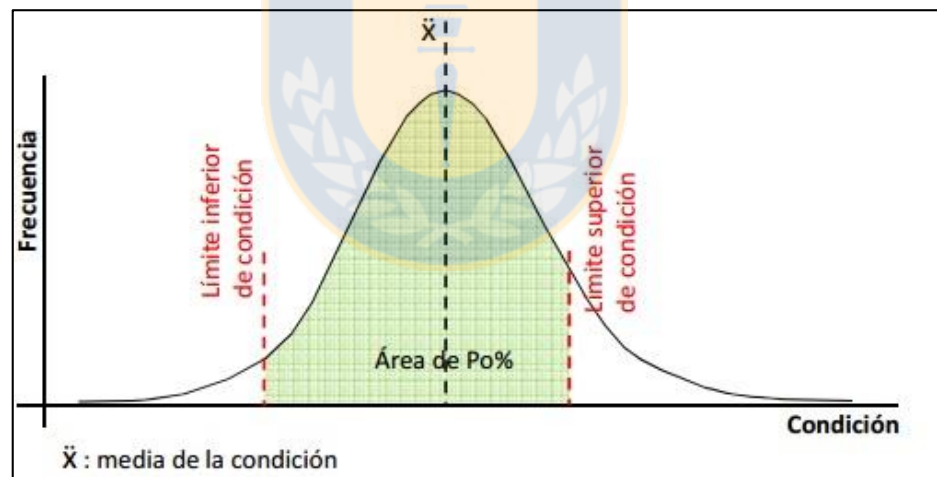


- **Pi**: Probabilidad de longitud, determinada como la probabilidad de un determinado mecanismo de inestabilidad de afectar más de 1/3 de la altura del banco.
- **Pf**: Probabilidad de falla de un plano de discontinuidad (deslizamiento). Esta probabilidad fue estimada a partir de las propiedades resistentes de las discontinuidades, mediante el uso del software RocPlane y Swedge.

#### 7.5.4.1 Probabilidad de Condición (Pc)

Determinada a partir de la relación de orientación de los sistemas y las paredes a las que potencialmente afectan. Corresponde a la probabilidad de que un sistema esté en condición de Falla Plana, Cuña. Se considera que tanto el rumbo como el manteo siguen una distribución normal.

Este valor es determinado a través de una distribución normal de valores de buzamiento (Dip) y de la dirección de buzamiento (DipDir) de los sistemas (Figura 7.9).



**Figura 7.9:** Distribución normal de la probabilidad de condición del dipdir.

La distribución normal será generada a partir de valores promedios ( $\bar{x}$ ), desviación estándar y valores mínimos y máximos, de un sistema en potencial condición de inestabilidad. Por lo tanto la probabilidad de condición:

➤  **$P_c = \text{Prob. Dip} * \text{Prob. Dip Dir}$**

Las probabilidades del Dip y dirección de inclinación (Dip Direction) se obtienen de la siguiente manera:

➤ Para la dirección de inclinación dado un talud de dirección de inclinación DD, las potenciales inestabilidades tendrán las siguientes orientaciones:

- Falla plana:  $DD - 30^\circ \leq DD_{fp} \leq DD + 30^\circ$ .
- Cuña derecha:  $DD + 30^\circ \leq DD_{cd} \leq DD + 90^\circ$ .
- Cuña izquierda:  $DD - 90^\circ \leq DD_{ci} \leq DD - 30^\circ$ .

➤ La probabilidad del DD para Falla plana:

- $P_{dfp} = P(dd \leq DD + 30^\circ) - P(dd \leq DD - 30^\circ)$ .

➤ La probabilidad del DD para Cuña:

- $P_{cd} = P(dd \leq DD + 90^\circ) - P(dd \leq DD + 30^\circ)$ .
- $P_{ci} = P(dd \leq DD - 30^\circ) - P(dd \leq DD - 90^\circ)$ .
- $P_{dd} = P_{cd} \times P_{ci}$

➤ Para la probabilidad del Dip dado el ángulo cara de banco (b), la probabilidad del Dip (también llamada probabilidad de aflorar) que posee una inestabilidad de inclinación (a) será:

- $P_a = P(a < b)$

Donde:

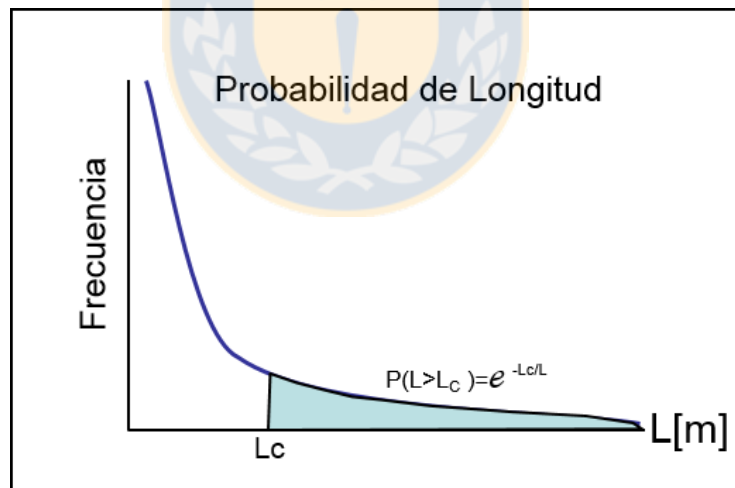
- **DD:** Dirección inclinación talud
- **dd:** Dip Direction mecanismo inestabilidad

- **cd:** cuña derecha
- **ci:** cuña izquierda

#### 7.5.4.2 Probabilidad de Longitud (PI)

Si bien la probabilidad de condición puede ser alta, esto no quiere decir que pueda comprometer la estabilidad del banco, por lo tanto la PI determina cual es la probabilidad de que el sistema en condición de potencial inestabilidad afecte en una medida importante la estabilidad de banco para este estudio se usa como criterio de aceptabilidad conservar más de 2/3 de la altura de banco o que los sistemas de discontinuidades menores afecten menos de 1/3 de la altura del banco.

Para esto la probabilidad de longitud se obtiene como la probabilidad de un determinado mecanismo de inestabilidad de poseer una longitud mayor a una longitud crítica o de afectar más de 1/3 de la altura del banco, para lo cual se considera que la longitud de un sistema de diaclasas sigue una distribución exponencial negativa (figura 7.10).



**Figura 7.10:** Distribución exponencial negativa de la longitud de un sistema.

Donde:

$$\triangleright \text{Prob. } (L > L_c) = e^{-L_c/L}$$

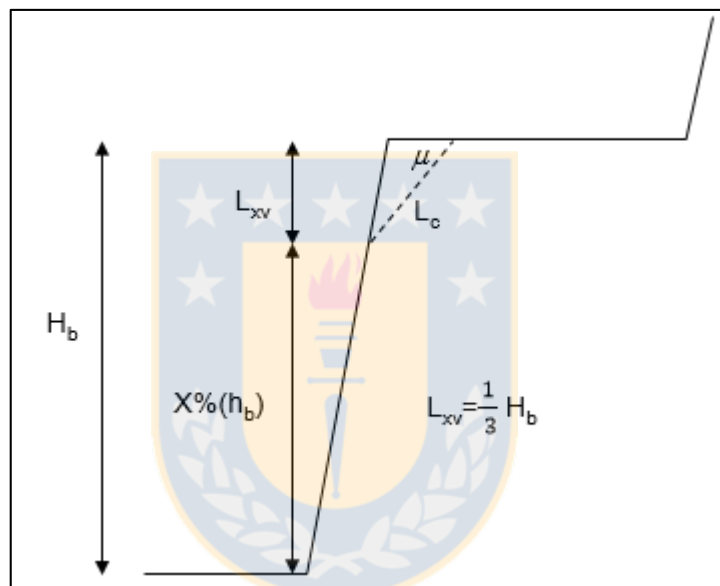
- **Lc:** Longitud crítica

- **L**: Longitud media del sistema

Dada una altura de banco  $H_b$ , se establecerá como criterio de cumplimiento del ángulo cara de banco, que se logre en al menos  $2/3$  de la altura del banco.

Según la figura 7.11 se tiene que:

$$\triangleright L_{xv} = L_c \text{ sen}(\mu), L_{xv} = 1/3 H_b$$



**Figura 7.11:** Longitud crítica para falla plana y cuña.

Por lo tanto para el calcular la longitud crítica para falla plana y/o cuña se obtiene mediante la fórmula:

Donde:

$$\triangleright L_c = \frac{H_b}{3 * \text{sen}(\mu)}$$

$H_b$ : altura del banco

$\mu$ : buzamiento del sistema, para fallamiento tipo cuña se considera el ángulo de la línea de intersección

#### 7.5.4.2 Probabilidad de Falla (Pf)

Probabilidad de fallamiento de un potencial mecanismo de inestabilidad. En este estudio, se consideraron mecanismo de inestabilidad tipo falla plana y cuña. Esta probabilidad depende básicamente de la altura de banco, propiedades resistentes de las discontinuidades y el ángulo de inclinación del mecanismo (manteo para falla plana, buzamiento para vector intersección de cuñas).

Para realizar este análisis, existe una serie de software geomecánicos que para el desarrollo de este estudio se utilizaron las siguientes herramientas:

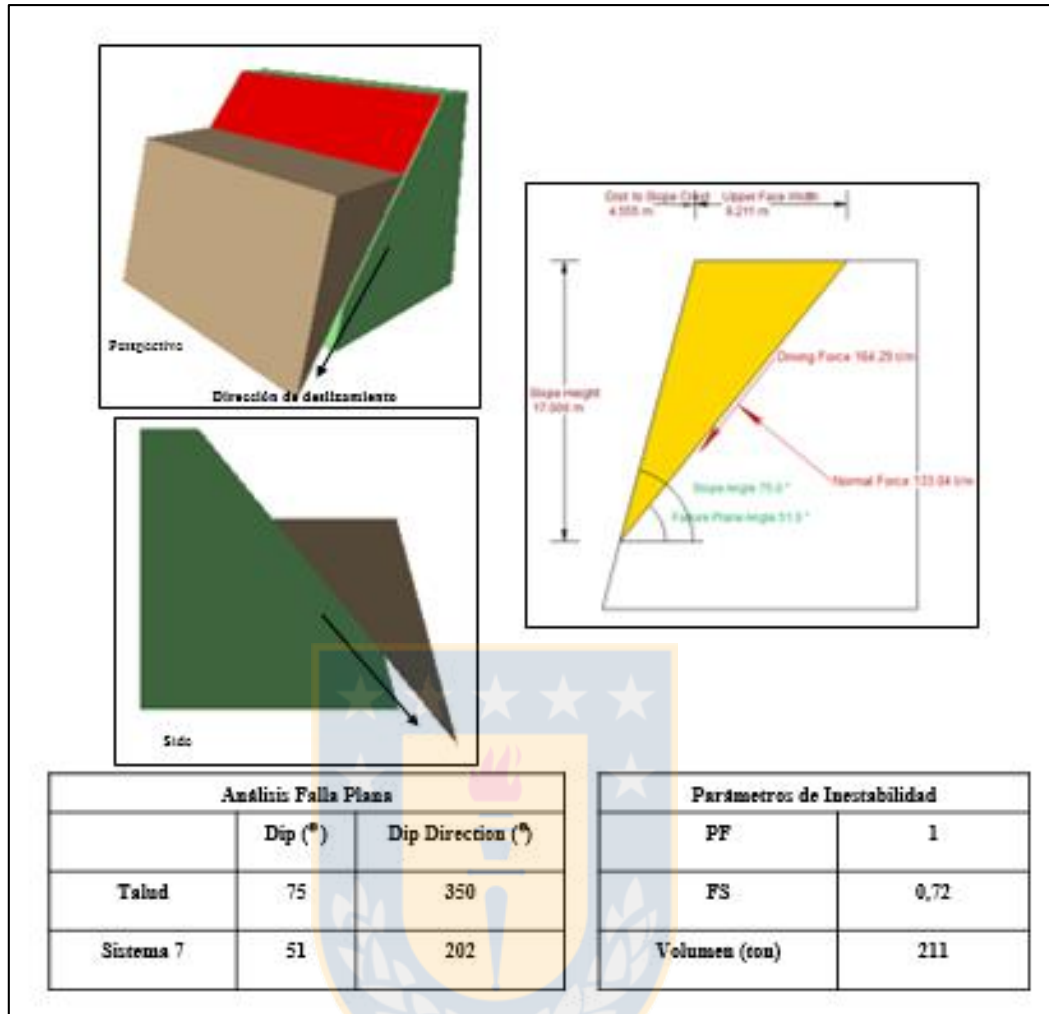
- Rockplane : utilizado para fallamiento plano (Figura 7.12)
- Swedge: utilizado para fallamiento tipo cuña (Figura 7.13)

Para el este análisis se necesitó conocer las propiedades resistentes de las discontinuidades menores como ángulo de fricción, cohesión, peso específico y sus respectivas variabilidades obtenidas por medio de ensayos de laboratorios.

A partir de estos parámetros y utilizando las herramientas antes mencionadas se determinó la probabilidad de falla (Pf) para las distintas orientaciones de taludes.

Cada potencial mecanismo de inestabilidad determina un valor de confiabilidad de ángulo cara de banco diferente. La confiabilidad que se asigna será la de menor valor, para cada orientación de talud analizado. En la Tabla 7.4 y 7.5 se detalla el cálculo para banco simple y banco doble de las probabilidades condición, longitud y de falla con sus respectivas confiabilidades para ángulos cada de banco de 75° y 80°. Se destacan en rojo las confiabilidades menores a 65% en banco simple, y menores a 70% para banco doble

Los análisis de confiabilidad en detalle se pueden consultar en el Anexo 3 “Análisis Banco-Berma”.



**Figura 7.12:** Análisis Rock Plane para inestabilidades del tipo falla plana en dominio 4 con sistema 7.

### 7.5.5 Ancho de Berma y Ángulo Interrampa por Seguridad

El propósito de las bermas de contención en taludes mineros es detener la caída de derrames de material y rocas hacia los bancos o niveles inferiores (Kliche, 1999), evitando que al caer puedan afectar a personas, equipos o instalaciones.

Para determinar el ancho de berma (A) se considera el ancho mínimo por seguridad ( $A_m$ ), el que se obtiene en base al criterio de contención de caída de rocas (ODOT, 2002) y la estimación de la pérdida de berma (descreste, dB), en función de la longitud de los sistemas en potencial condición

de inestabilidad. En la Figura 7.14 se observa un esquema con los principales parámetros que configuran el banco y la determinación del ancho de berma.

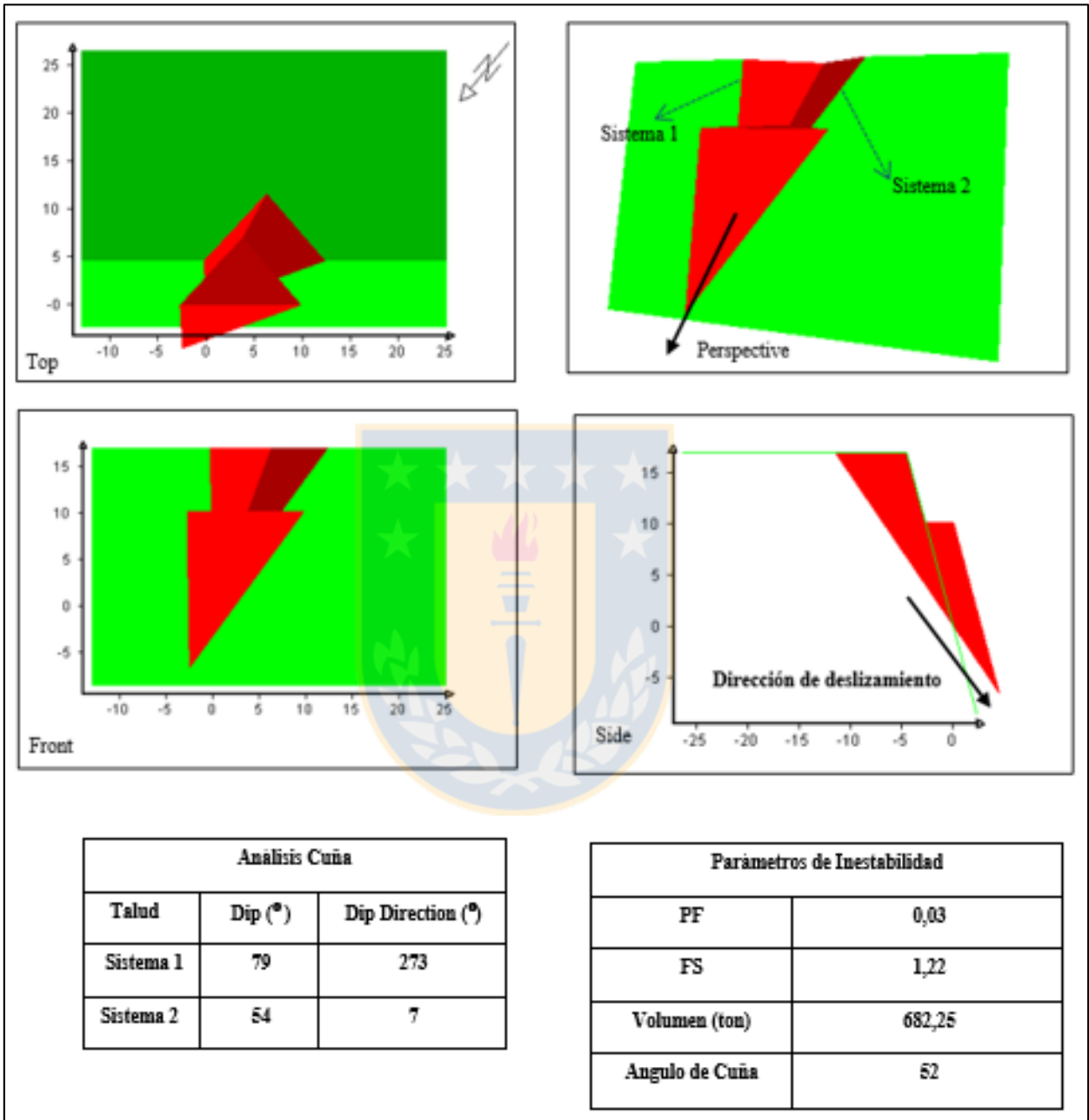


Figura 7.13: Análisis en Swedge para inestabilidades del tipo cuña en dominio 3A entre sistema 1 y sistema 2.



**Tabla 7.4:** Resumen confiabilidad ángulo cara de banco 75° y 80°, banco simple.

Talud			Potenciales mecanismos de Inestabilidad			Probabilidad de condición					Probabilidad de Longitud			Prob. Falla		Confiabilidad	
NOMBRE TALUD	DIPDIR TALUD [°]	DOMINIO	Tipo	NOMBRE SISTEMA 1	NOMBRE SISTEMA 2	Prob. DipDIR [%]	Prob Dip B=75° [%]	Prob Dip B=80° [%]	Prob. condición B=75° [%]	Prob. condición B=80° [%]	Altura banco Hb=17 [m]	Long crítica [m]	Prob. Long. Crítica [%]	Prob. Falla B=75° Hb=17m [%]	Prob. Falla B=80° Hb=17m [%]	Conf. B=75° [%]	Conf. B=80° [%]
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	42%	79%	34%	63%	17	5,8	55%	8%	41%	98,59%	85,75%
			F. PLANA	JS2-DOM2		100%	100%	100%	100%	100%	17	7,7	31%	96%	99%	70,44%	69,53%
			F. PLANA	JS4-DOM1		89%	1%	8%	1%	7%	17	5,7	65%	0%	0%	100,00%	100,00%
			F. PLANA	JS1-DOM1		100%	5%	27%	5%	27%	17	5,8	55%	0%	0%	100,00%	100,00%
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	53%	100%	100%	53%	53%	17	8,3	34%	31%	53%	94,42%	90,53%
			F. PLANA	JS1-DOM1		27%	5%	27%	2%	8%	17	5,7	57%	0%	0%	100,00%	100,00%
			F. PLANA	JS2-DOM1		27%	100%	100%	27%	27%	17	8,2	35%	85%	87%	91,88%	91,71%
			F. PLANA	JS5-DOM1		100%	42%	79%	42%	79%	17	5,8	55%	8%	41%	98,25%	82,25%
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		77%	100%	100%	77%	77%	17	8,2	35%	85%	87%	77,27%	76,79%
			F. PLANA	JS3-DOM1		5%	2%	16%	0%	1%	17	5,7	59%	0%	0%	100,00%	100,00%
			F. PLANA	JS6-DOM1		100%	27%	66%	27%	65%	17	5,8	58%	0%	30%	100,00%	88,57%
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	53%	42%	79%	22%	41%	17	5,8	55%	0%	6%	100,00%	98,65%
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		89%	100%	100%	89%	89%	17	8,2	35%	85%	87%	73,53%	72,97%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	2%	16%	2%	16%	17	5,7	59%	0%	0%	100,00%	100,00%
			F. PLANA	JS6-DOM1		41%	27%	66%	11%	27%	17	5,8	58%	0%	30%	100,00%	95,29%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	0%	45%	53%	0%	0%	17	5,8	56%	0%	0%	100,00%	100,00%
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		47%	100%	100%	47%	47%	17	8,2	35%	85%	87%	85,99%	85,69%
			F. PLANA	JS5-DOM2A		99%	100%	100%	99%	99%	17	7,4	34%	99%	100%	66,94%	66,77%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	2%	16%	2%	16%	17	5,7	59%	0%	0%	100,00%	100,00%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	0%	100%	100%	0%	0%	17	8,2	35%	25%	43%	100,00%	100,00%
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		76%	100%	100%	76%	76%	17	7,4	34%	99%	100%	74,67%	74,54%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		100%	100%	100%	100%	100%	17	6,6	53%	99%	100%	47,93%	47,37%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		64%	100%	100%	64%	64%	17	8,8	33%	94%	97%	80,22%	79,78%
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	100%	100%	0%	0%	17	7,9	31%	73%	95%	100,00%	100,00%
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		66%	96%	100%	63%	65%	17	6,2	47%	64%	96%	80,71%	70,31%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		99%	100%	100%	99%	99%	17	6,6	53%	99%	100%	48,65%	48,10%
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	96%	100%	100%	96%	96%	17	7,2	38%	4%	9%	98,62%	96,72%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		92%	100%	100%	92%	92%	17	8,8	33%	75%	79%	77,33%	76,10%
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	100%	59%	59%	17	7,3	46%	99%	100%	73,21%	72,93%
T9	25	4	F. PLANA	JS7-DOM4		100%	100%	100%	100%	100%	17	7,3	46%	99%	100%	54,50%	54,03%
			F. PLANA	JS3-DOM4		50%	100%	100%	50%	50%	17	8,8	25%	72%	75%	90,92%	90,54%
T10	60	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	90%	98%	90%	98%	17	6,2	58%	67%	89%	64,86%	49,46%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	100%	99%	99%	17	8,8	25%	72%	75%	81,96%	81,21%
			F. PLANA	JS7-DOM4		19%	100%	100%	19%	19%	17	7,3	46%	99%	100%	91,48%	91,39%
T11	95	4	F. PLANA	JS6-DOM4		66%	90%	98%	59%	64%	17	6,2	58%	67%	89%	76,97%	66,87%
			F. PLANA	JS3-DOM4		16%	100%	100%	16%	16%	17	8,8	25%	72%	75%	97,12%	97,00%
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	34%	100%	100%	34%	34%	17	6,9	54%	1%	32%	99,82%	94,18%
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		76%	100%	100%	76%	76%	17	7,7	38%	87%	90%	74,85%	74,04%
			F. PLANA	JS2-DOM3		96%	99%	100%	95%	96%	17	7,2	36%	93%	97%	67,84%	66,52%
			F. PLANA	JS6-DOM3B		98%	50%	84%	49%	82%	17	5,9	52%	15%	47%	96,26%	80,19%
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	53%	100%	100%	53%	53%	17	7,7	31%	53%	71%	91,32%	88,30%
T13	50	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	90%	98%	90%	97%	17	6,2	58%	67%	89%	65,02%	49,69%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	100%	99%	99%	17	8,8	25%	72%	75%	81,96%	81,21%
			F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	100%	59%	59%	17	7,3	46%	99%	100%	73,21%	72,93%
T14	95	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		98%	100%	100%	98%	98%	17	7,7	38%	87%	90%	67,55%	66,50%
			CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	0%	23%	39%	0%	0%	17	5,7	56%	0%	0%	100,00%	100,00%
			F. PLANA	JS3-DOM2		100%	16%	50%	16%	50%	17	5,8	66%	0%	20%	100,00%	93,43%

En esta Tabla se muestran las confiabilidades ángulo cara de banco 75° y 80° para Banco Simple en donde la confiabilidad es el producto entre la probabilidad de condición, la probabilidad de longitud y la probabilidad de falla. En rojo se marcan las probabilidades que no cumplen con el criterio de aceptabilidad establecido para banco simple.

**Tabla 7.5:** Resumen confiabilidad ángulo cara de banco 75° y 80°, banco doble.

Talud			Potenciales mecanismos de Inestabilidad			Probabilidad de condición					Probabilidad de Longitud			Prob. Falla		Confiabilidad	
NOMBRE TALUD	DIPDIR TALUD [°]	DOMINIO	Tipo	NOMBRE SISTEMA 1	NOMBRE SISTEMA 2	Prob. DipDIR [%]	Prob Dip B=75° [%]	Prob Dip B=80° [%]	Prob. condición B=75° [%]	Prob. condición B=80° [%]	Altura banco Hb=34 [m]	Long crítica [m]	Prob. Long. Crítica [%]	Prob. Falla B=75° Hb=34m [%]	Prob. Falla B=80° Hb=34m [%]	Conf. B=75°[%]	Conf. B=80°[%]
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	42%	79%	34%	63%	34	11,0	33%	53%	73%	94,10%	84,75%
			F. PLANA	JS2-DOM2		100%	100%	100%	100%	100%	34	8,3	28%	100%	100%	71,56%	71,56%
			F. PLANA	JS4-DOM1		89%	1%	8%	1%	7%	34	11,3	42%	0%	0%	100,00%	100,00%
			F. PLANA	JS1-DOM1		100%	5%	27%	5%	27%	34	11,2	32%	0%	0%	100,00%	100,00%
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	53%	100%	100%	53%	53%	34	7,9	36%	80%	87%	84,85%	83,45%
			F. PLANA	JS1-DOM1		27%	5%	27%	2%	8%	34	11,2	32%	0%	0%	100,00%	100,00%
			F. PLANA	JS2-DOM1		27%	100%	100%	27%	27%	34	7,9	36%	96%	97%	90,49%	90,47%
			F. PLANA	JS5-DOM1		100%	42%	79%	42%	79%	34	11,0	33%	53%	73%	92,69%	81,10%
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		77%	100%	100%	77%	77%	34	7,9	36%	96%	97%	73,38%	73,32%
			F. PLANA	JS3-DOM1		5%	2%	16%	0%	1%	34	11,3	35%	0%	0%	100,00%	100,00%
			CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	23%	100%	100%	23%	23%	34	7,9	36%	82%	84%	93,13%	93,01%
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	53%	42%	79%	22%	41%	34	11,3	32%	1%	25%	99,93%	96,70%
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		89%	100%	100%	89%	89%	34	7,9	36%	96%	97%	68,99%	68,93%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	2%	16%	2%	16%	34	11,3	35%	0%	0%	100,00%	100,00%
			F. PLANA	JS6-DOM1		41%	27%	66%	11%	27%	34	11,1	35%	0%	64%	100,00%	93,84%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	0%	45%	53%	0%	0%	34	11,3	32%	0%	0%	100,00%	100,00%
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		47%	100%	100%	47%	47%	34	7,9	36%	96%	97%	83,58%	83,55%
			F. PLANA	JS5-DOM2A		99%	100%	100%	99%	99%	34	8,7	28%	100%	100%	72,41%	72,41%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	2%	16%	2%	16%	34	11,3	35%	0%	0%	100,00%	100,00%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	0%	100%	100%	0%	0%	34	11,3	23%	76%	82%	100,00%	100,00%
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		76%	100%	100%	76%	76%	34	8,7	28%	100%	100%	78,86%	78,86%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		100%	100%	100%	100%	100%	34	9,7	39%	100%	100%	61,09%	61,06%
			CUÑA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	100%	100%	0%	0%	34	10,4	22%	98%	99%	100,02%	100,02%
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	19%	100%	100%	19%	19%	34	11,2	19%	98%	100%	96,38%	96,32%
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		66%	96%	100%	63%	65%	34	10,4	29%	91%	100%	83,47%	81,22%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		99%	100%	100%	99%	99%	34	9,7	39%	100%	100%	61,63%	61,60%
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	96%	100%	100%	96%	96%	34	9,2	29%	74%	88%	79,48%	75,41%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		92%	100%	100%	92%	92%	34	7,3	40%	93%	94%	65,78%	65,49%
T8	350	4	F. PLANA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	100%	100%	0%	0%	34	10,4	22%	98%	99%	100,00%	100,00%
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	19%	100%	100%	19%	19%	34	11,2	19%	98%	100%	96,38%	96,32%
			F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	100%	59%	59%	34	8,8	39%	100%	100%	76,97%	76,96%
			F. PLANA	JS3-DOM4		100%	100%	100%	100%	100%	34	8,8	39%	100%	100%	60,89%	60,88%
T9	25	4	F. PLANA	JS3-DOM4		50%	100%	100%	50%	50%	34	7,3	32%	88%	89%	85,89%	85,68%
			F. PLANA	JS6-DOM4		100%	90%	98%	90%	98%	34	10,4	41%	88%	97%	67,77%	61,67%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	100%	99%	99%	34	7,3	32%	88%	89%	71,96%	71,54%
			F. PLANA	JS7-DOM4		19%	100%	100%	19%	19%	34	8,8	39%	100%	100%	92,67%	92,67%
T10	60	4	F. PLANA	JS6-DOM4		66%	90%	98%	59%	64%	34	10,4	41%	88%	97%	78,87%	74,88%
			F. PLANA	JS3-DOM4		16%	100%	100%	16%	16%	34	7,3	32%	88%	89%	95,52%	95,46%
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	34%	100%	100%	34%	34%	34	9,9	41%	95%	100%	86,61%	85,90%
			F. PLANA	JS4-DOM2		76%	100%	100%	76%	76%	34	8,3	35%	96%	97%	74,00%	73,89%
T11	135	2-3-3B	F. PLANA	JS2-DOM3		96%	99%	100%	95%	96%	34	8,9	28%	99%	99%	73,31%	73,00%
			F. PLANA	JS6-DOM3B		98%	50%	84%	49%	82%	34	10,9	29%	50%	76%	92,86%	81,65%
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	53%	100%	100%	53%	53%	34	8,3	28%	94%	98%	85,75%	85,12%
			F. PLANA	JS6-DOM4		100%	90%	98%	90%	97%	34	10,4	41%	88%	97%	67,92%	61,85%
T12	50	4	F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	100%	99%	99%	34	7,3	32%	88%	89%	71,96%	71,54%
			F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	100%	59%	59%	34	8,8	39%	100%	100%	76,97%	76,96%
			F. PLANA	JS4-DOM2		98%	100%	100%	98%	98%	34	8,3	35%	96%	97%	66,44%	66,31%
			CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	0%	23%	39%	0%	0%	34	11,2	32%	0%	0%	100,00%	100,00%
T13	95	2-2A	F. PLANA	JS3-DOM2		100%	16%	50%	16%	50%	34	11,2	44%	0%	50%	100,00%	88,93%

En esta Tabla se muestran las confiabilidades ángulo cara de banco 75° y 80° para banco doble en donde la confiabilidad es el producto entre la probabilidad de condición, la probabilidad de longitud y la probabilidad de falla. En rojo se marcan las probabilidades que no cumplen con el criterio de aceptabilidad establecido para banco doble.

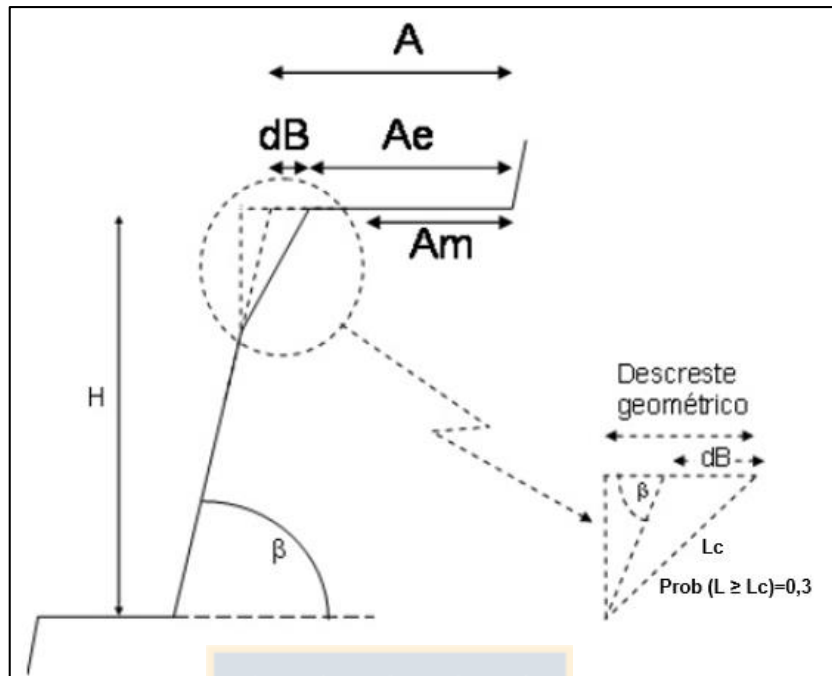


Figura 7.14: Esquema de descreste y ancho de berma.

Donde:

- **dB**: Descreste de la berma estimado a partir de las longitudes críticas ( $L_c$ ) de discontinuidades menores en potencial condición de inestabilidad. Como se observa en el esquema,  $dB$  depende del ángulo cara de banco ( $\beta$ ). Para determinar el descreste ( $dB$ ), se utiliza una longitud crítica ( $L_c$ ), de manera que la probabilidad de tener un descreste en condición de afectar el ancho mínimo ( $A_m$ ) es menor o igual al 30% (confiabilidad del descreste).
- **Am**: Ancho mínimo de berma por seguridad, según criterio de contención de caída de rocas (ODOT, 2002) para retenciones de  $75^\circ$ ,  $80^\circ$ ,  $85^\circ$ .
- **Ae**: Ancho esperado ( $A_e = A - dB$ ). Si  $L=L_c \Rightarrow A_e = A_m$

A partir de la altura de banco ( $H$ ), el ángulo cara de banco ( $\beta$ ) y el Ancho de berma de diseño ( $A$ ) es posible determinar geoméricamente el ángulo interrampa por seguridad. Este ángulo constituye un límite superior para el diseño del talud. Por otro lado, es posible que el ángulo interrampa por seguridad sobrepase el límite de estabilidad, en cuyo caso se debe optar por un ángulo menor, el cual se obtiene del análisis respectivo.

### 7.5.5.1 Ancho de Berma Mínimo

Para determinar ancho mínimo de berma ( $A_m$ ) son aplicables las siguientes metodologías:

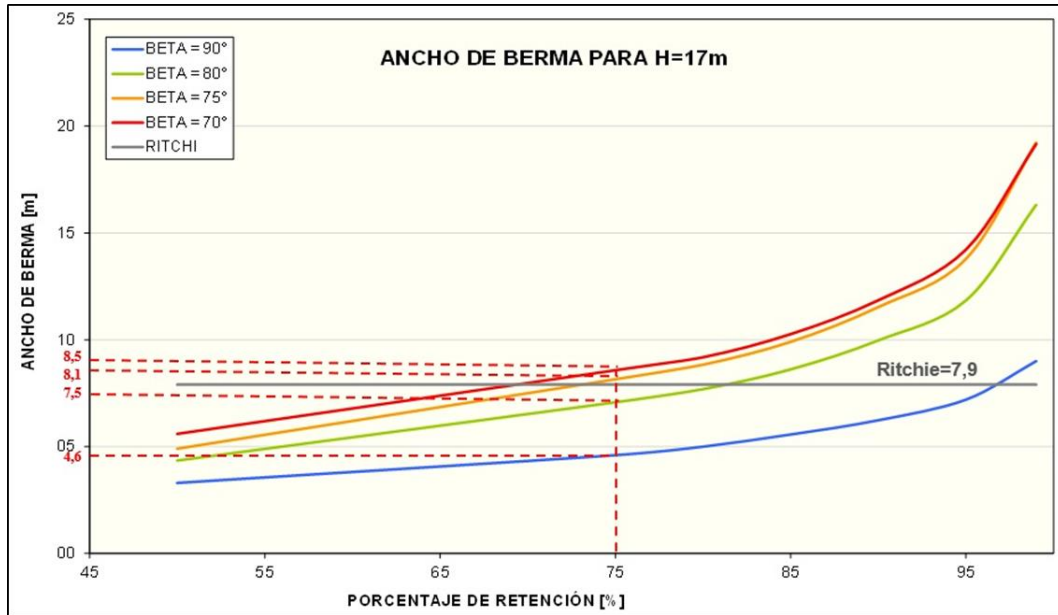
- ✓ **Criterio de retención de caída de rocas de ODOT (Oregon Department of Transportation, 2002).** Este criterio define el ancho de berma requerido para retener un determinado porcentaje de rocas, considerando la altura del banco ( $h$ ) y el ángulo del banco ( $\beta$ ).
- ✓ **Criterio de Ritchie.** Criterio ampliamente utilizada, establece que el ancho mínimo es determinado a partir de la altura del banco aplicando la ecuación  $4.5+0.2xh$  (m). Para el caso del estudio  $a_m=4.5+0.2x17$  m=7.9 m

Para este análisis se empleó el criterio de retención de caída de piedras de ODOT (2002). Este criterio determinar el ancho mínimo requerido ( $A_m$ ) para retener un determinado porcentaje de piedras, considerando la altura del banco ( $H_b$ ) y el ángulo cara de banco ( $\beta$ )

Las curvas de la Figura 7.15 relacionan el ancho de berma mínimo requerido por un banco de 17 m para cumplir con un porcentaje de retención deseado (entre 50% y 99%); se presentan curvas para ángulos cara de banco de  $70^\circ$ ,  $75^\circ$ ,  $80^\circ$  y  $90^\circ$ , adicionalmente se grafica la exigencia de acuerdo al criterio de Ritchie. Para esta Figura se puso como ejemplo una retención del 75%.

Para determinar el ancho mínimo de berma a partir del gráfico, primero se debe generar una línea vertical a partir del porcentaje de retención aceptable, esta línea intersectará cada uno de las curvas, a partir de la intersección trazar una línea horizontal hasta el eje de las ordenadas.

A partir de los resultados de la evaluación del control del ángulo cara de banco presentado anteriormente, se determinaron los anchos de berma mínimos para ángulos cara de banco de  $60^\circ$ ,  $65^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $75^\circ$  y  $80^\circ$ , considerando requerimientos de retención de rocas de 75%, 80% y 85%. En la tabla 7.6 se resumen los anchos de berma mínimos para alturas de banco simple (17 m) y en tabla 7.7, los anchos para alturas de banco doble (34m).



**Figura 7.15:** Cálculo del ancho mínimo de berma.

**Tabla 7.6:** Ancho de berma mínimo (ODOT, 2002), banco simple.

Ángulo Cara Banco [ <sup>o</sup> ]	Am Ret=75% [m]	Am Ret=80% [m]	Am Ret=85% [m]
60 <sup>o</sup>	9,5	10,2	11,2
65 <sup>o</sup>	8,8	9,5	10,6
70 <sup>o</sup>	8,5	9,2	10,3
75 <sup>o</sup>	8,1	8,8	9,9
80 <sup>o</sup>	7,5	7,7	8,6

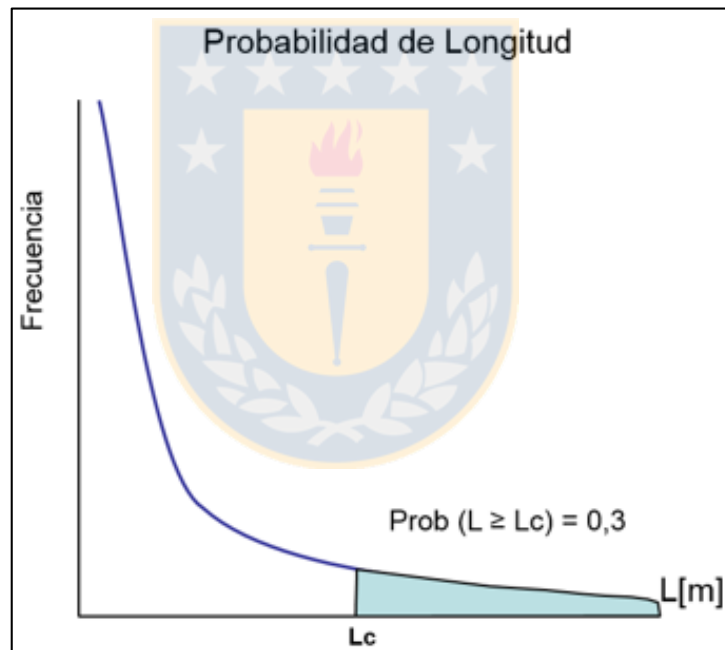
**Tabla 7.7:** Ancho de berma mínimo (ODOT, 2002), banco doble.

Ángulo Cara Banco [ <sup>o</sup> ]	Am Ret=75% [m]	Am Ret=80% [m]	Am Ret=85% [m]
60 <sup>o</sup>	11,1	12,1	14,1
65 <sup>o</sup>	10,5	11,2	13,5
70 <sup>o</sup>	12,5	13,7	15,0
75 <sup>o</sup>	14,4	15,8	17,1
80 <sup>o</sup>	11,9	13,0	14,0

### 7.5.5.2 Descreste o Pérdida de Berma

El descreste o pérdida de berma (dB), se estima a partir de la longitud de los sistemas en potencial condición de inestabilidad. Esta pérdida es independiente de la técnica de tronadura y es inherente a la condición estructural del macizo rocoso.

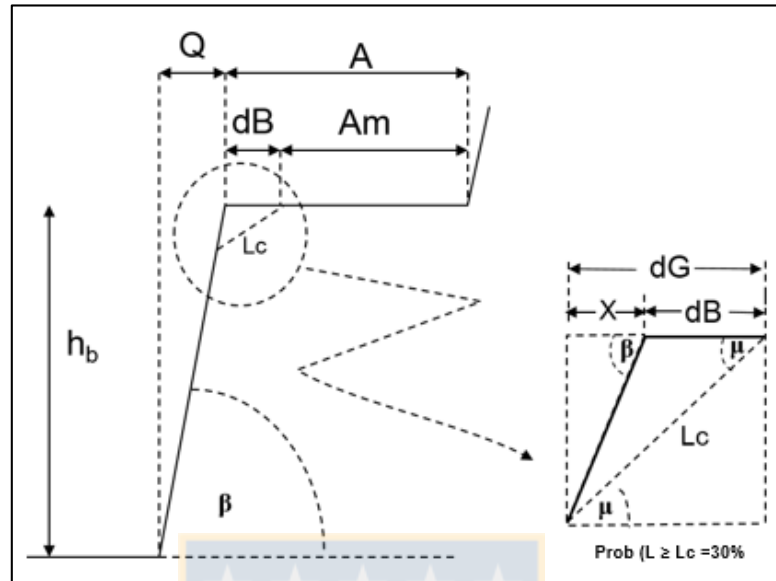
Para determinar el descreste (dB), se asumió una confiabilidad del descreste del 70% esto quiere decir que se utiliza una longitud crítica que representa longitud que es mayor al 70% de los elementos del sistema en condición de inestabilidad, de manera que la probabilidad de tener un descreste en condición de afectar el ancho mínimo ( $A_m$ ) es menor o igual al 30% (Figura 7.16).



**Figura 7.16:** Confiabilidad asumida en el descreste.

Para obtener el ancho de berma ( $A$ ) se debe determinar el descreste (dB) que afectará los bancos de cada talud; medida que se adiciona al ancho de berma mínimo ( $A_m$ ). De acuerdo la Figura 7.17 se muestra las fórmulas para obtener la longitud crítica ( $L_c$ ) y el descreste (dB) de acuerdo a relaciones trigonométricas, una vez obtenidos estos valores es posible determinar el Ancho de Berma ( $A$ ).

En base a lo descrito y la Figura 7.17 se tiene que:



**Figura 7.17:** Parámetros de diseño banco berma y determinación del descreste (dB) y ancho de berma (A).

Si  $L = L_c \Rightarrow A_e = A_m$

- $dG = dB + X \Rightarrow dB = dG - X$
- $dG = L_c \cdot \cos(\mu)$
- $X = L_c \cdot \frac{\sin(\mu)}{\tan(\beta)}$
- $dB = dG - L_c \cdot \frac{\sin(\mu)}{\tan(\beta)}$

Si la  $\text{Prob}(L \geq L_c) = 30\% \Rightarrow e^{(-L_c/L_p)} = 0,3$

- $L_c = -L \cdot \ln(0.3)$

Donde:

- **dB:** Descreste o pérdida de berma producto de las discontinuidades menores
- **dG:** Descreste geométrico (proyección horizontal, D) asociada a la longitud crítica ( $L_c$ )
- **$\beta$ :** Manteo ángulo cara de banco
- **$\mu$ :** Manteo del mecanismo en potencial condición de inestabilidad.



- $L_0$ : Longitud promedio del mecanismo en potencial condición de inestabilidad
- $L_c$ : Longitud crítica tal que  $A_m = A_e$

### 7.5.5.3 Cálculo del Ancho de Berma

Para evaluar cuál de los potenciales mecanismos de inestabilidad que afectan un banco controla la pérdida de berma, se calcula el índice de descreste; ponderación del descreste geométrico por las probabilidades de condición y de falla. La probabilidad de falla se determina de la misma manera que fue desarrollado para determinar el ángulo de banco y la probabilidad de falla se determina usando los software Rockplane (falla plana) y Swedge (falla en cuña).

✓ **Índice de descreste ( $I_d$ ) = descreste geométrico ( $D_g$ ) \* Prob de condición ( $P_c$ ) \* Prob.falla ( $P_f$ )**

Al descreste con mayor índice se suma el ancho mínimo de berma para determinar los anchos de berma de diseño.

Para establecer el potencial mecanismo de inestabilidad que controla la cresta de cada talud, se ponderan los siguientes elementos:

- Probabilidad de condición del potencial mecanismo de inestabilidad
- Probabilidad de falla
- Descreste geométrico (proyección horizontal,  $D$ ) asociado a una longitud mayor al 70% de las estructuras del mecanismo; Prob. ( $L_c$ ) = 0,3.

A partir de la altura de banco ( $H_b$ ), el ángulo cara de banco ( $\beta$ ) y el ancho de berma de diseño ( $A$ ), es posible determinar geoméricamente el ángulo interrampa por seguridad. Este ángulo constituye un límite superior para el diseño del talud. Por otro lado, es posible que el ángulo interrampa por seguridad sobrepase el límite de estabilidad, en cuyo caso se debe optar por un ángulo menor, el cual se obtiene del análisis respectivo.

Para cada mecanismo de inestabilidad se puede calcular un “ángulo interrampa geométrico”, que es el ángulo interrampa, para el caso analizado, definido por la configuración altura de banco, ángulo cara de banco y ancho de berma. El mecanismo de inestabilidad que controla el talud por sector de diseño es aquel que posee el mayor índice de descreste.

En la Tabla 7.8 y 7.9 se detallan los mecanismos de inestabilidad que controlan las distintas paredes, y de acuerdo a esos mecanismos, los parámetros de diseño de banco, conducentes al cálculo del ángulo interrampa por seguridad.

Como ejemplo se colocaron resultados para banco simple un  $b=75^{\circ}$ , altura de banco de 17 metros y con anchos de berma mínimos según criterio de retención de caída de roca de 80% (ODOT, 2002) (Tabla 7.8).

Para banco doble se presenta como ejemplo un  $b=75^{\circ}$ , altura de banco de 34 m y con anchos mínimos según criterio de retención de caída de roca de 75% (ODOT, 2002) (Tabla 7.9).

Para este estudio se realizó un análisis de ancho de berma para ángulos cara de banco de  $60^{\circ}$ ,  $65^{\circ}$ ,  $70^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$  y  $80^{\circ}$  y retención de caída de rocas para 75%, 80% y 85%. Para ver el análisis detallado consultar en el Anexo 3 “Análisis Banco-Berma”.

A partir de los resultados presentados en la Tabla 7.8 es posible alcanzar ángulos interrampa entre  $43^{\circ}$  y  $47^{\circ}$ , considerando un 80% de retención, para un ángulo cara de  $75^{\circ}$  y altura 17 m. Estos ángulos interrampa deben ser contrastados con el resultado del análisis a escala interrampa

En la Tabla 7.9 es posible alcanzar ángulos interrampa entre  $51^{\circ}$  y  $55^{\circ}$ , considerando un 75% de retención, para un ángulo cara de banco de  $75^{\circ}$  y altura 34 m. Estos ángulos interrampa deben ser contrastados con el resultado del análisis a escala interrampa. En rojo se indican los índices de descrestes máximos con sus respectivos ángulos interrampa.

**Tabla 7.8:** Resultado cálculo ancho berma (A) y ángulo interrampa geométrico, banco simple.

Nombre TALUD	Potenciales mecanismo inestabilidad								Cara de Banco B=75° , H=17m						
	Tipo	SISTEMA 1	SISTEMA 2	<L> [m]	L70% [m]	Descreste geométrico [m]	Prob. condición B=75° [%]	Prob. Falla B=75° [%]	Retención 80%						
									Indice descoste B=75°	dB B=75° [m]	Quebradura [m]	Ancho mínimo [m]	A= Am+dB [m]	Pp [m]	Interrampa Geométrico [°]
T1	F. PLANA	JS5-DOM1		9,9	12	3	34%	8%	0,1	0,0	4,6	8,8	8,8	13,4	52
	F. PLANA	JS2-DOM2		6,6	8	5	100%	96%	5,2	3,9	4,6	8,8	12,7	17,2	45
	F. PLANA	JS4-DOM1		13	16	1	1%	0%	0,0	0,0	4,6	8,8	8,8	13,4	52
	F. PLANA	JS1-DOM1		9,9	12	1	5%	0%	0,0	0,0	4,6	8,8	8,8	13,4	52
T2	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	7,7	9	7	53%	31%	1,1	5,1	4,6	8,8	13,9	18,4	43
	F. PLANA	JS1-DOM1		10	12	1	2%	0%	0,0	0,0	4,6	8,8	8,8	13,4	52
	F. PLANA	JS2-DOM1		7,7	9	7	27%	85%	1,6	4,9	4,6	8,8	13,7	18,3	43
	F. PLANA	JS5-DOM1		9,9	12	3	42%	8%	0,1	0,0	4,6	8,8	8,8	13,4	52
T3	F. PLANA	JS2-DOM1		7,7	9	7	77%	85%	4,4	4,9	4,6	8,8	13,7	18,3	43
	F. PLANA	JS3-DOM1		10,9	13	1	0%	0%	0,0	0,0	4,6	8,8	8,8	13,4	52
	F. PLANA	JS6-DOM1		10,7	13	3	27%	0%	0,0	0,0	4,6	8,8	8,8	13,4	52
	CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	9,9	12	3	22%	0%	0,0	0,0	4,6	8,8	8,8	13,4	52
T4	F. PLANA	JS2-DOM1		7,7	9	7	89%	85%	5,1	4,9	4,6	8,8	13,7	18,3	43
	F. PLANA	JS3-DOM1		10,9	13	1	2%	0%	0,0	0,0	4,6	8,8	8,8	13,4	52
	F. PLANA	JS6-DOM1		10,7	13	3	11%	0%	0,0	0,0	4,6	8,8	8,8	13,4	52
	CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	10	12	3	0%	0%	0,0	0,0	4,6	8,8	8,8	13,4	52
T5	F. PLANA	JS2-DOM1		7,7	9	7	47%	85%	2,7	4,9	4,6	8,8	13,7	18,3	43
	F. PLANA	JS5-DOM2A		6,8	8	5	99%	99%	5,2	3,6	4,6	8,8	12,4	16,9	45
	F. PLANA	JS3-DOM1		10,9	13	1	2%	0%	0,0	0,0	4,6	8,8	8,8	13,4	52
	CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	7,7	9	7	0%	0%	0,0	4,9	4,6	8,8	13,7	18,3	43
T6	F. PLANA	JS5-DOM2A		6,8	8	5	76%	99%	4	3,6	4,6	8,8	12,4	16,9	45
	F. PLANA	JS4-DOM2B		10,3	12	6	100%	99%	6,3	3,5	4,6	8,8	12,3	16,9	45
	F. PLANA	JS3-DOM2B		7,9	10	7	64%	94%	4,4	5,6	4,6	8,8	14,4	19,0	42
	CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	6,8	8	6	0%	73%	0	4,1	4,6	8,8	12,9	17,5	44
T7	F. PLANA	JS2-DOM2A		8,3	10	4	63%	64%	1,7	1,6	4,6	8,8	10,4	15,0	49
	F. PLANA	JS4-DOM2B		10,3	12	6	99%	99%	6,2	3,5	4,6	8,8	12,3	16,9	45
	CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	7,4	9	5	96%	4%	0,2	3,6	4,6	8,8	12,4	17,0	45
	F. PLANA	JS3-DOM2B		7,9	10	7	92%	75%	5,0	5,6	4,6	8,8	14,4	19,0	42
T8	F. PLANA	JS7-DOM4		9,4	11	7	59%	99%	4,1	4,8	4,6	8,8	13,6	18,1	43
T9	F. PLANA	JS7-DOM4		9,4	11	7	100%	99%	7,0	4,8	4,6	8,8	13,6	18,1	43
	F. PLANA	JS3-DOM4		6,4	8	6	50%	72%	2,1	4,6	4,6	8,8	13,4	17,9	43
T10	F. PLANA	JS6-DOM4		11,5	14	6	90%	67%	3,4	2,2	4,6	8,8	11,0	15,6	47
	F. PLANA	JS3-DOM4		6,4	8	6	99%	72%	4,2	4,6	4,6	8,8	13,4	17,9	43
	F. PLANA	JS7-DOM4		9,4	11	7	19%	99%	1,3	4,8	4,6	8,8	13,6	18,1	43
T11	F. PLANA	JS6-DOM4		11,5	14	6	59%	67%	2,2	2,2	4,6	8,8	11,0	15,6	47
	F. PLANA	JS3-DOM4		6,4	8	6	16%	72%	0,7	4,6	4,6	8,8	13,4	17,9	43
	CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	11,1	13	8	34%	1%	0,0	4,7	4,6	8,8	13,5	18,1	43
T12	F. PLANA	JS4-DOM2		8,0	10	7	76%	87%	4,4	4,7	4,6	8,8	13,5	18,0	43
	F. PLANA	JS2-DOM3		7,1	9	5	95%	93%	4,7	3,5	4,6	8,8	12,3	16,8	45
	F. PLANA	JS6-DOM3B		8,9	11	3	49%	15%	0,2	0,0	4,6	8,8	8,8	13,4	52
	CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	6,6	8	5	53%	53%	1,5	3,9	4,6	8,8	12,7	17,2	45
T13	F. PLANA	JS6-DOM4		11,5	14	6	90%	67%	3,4	2,2	4,6	8,8	11,0	15,6	47
	F. PLANA	JS3-DOM4		6,4	8	6	99%	72%	4,2	4,6	4,6	8,8	13,4	17,9	43
	F. PLANA	JS7-DOM4		9,4	11	7	59%	99%	4,1	4,8	4,6	8,8	13,6	18,1	43
T14	F. PLANA	JS4-DOM2		8	10	7	98%	87%	5,6	4,7	4,6	8,8	13,5	18,0	43
	CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	9,9	12	1	0%	0%	0,0	0,0	4,6	8,8	8,8	13,4	52
	F. PLANA	JS3-DOM2		13,7	16	3	16%	0%	0,0	0,0	4,6	8,8	8,8	13,4	52

**Tabla 7.9:** Resultado cálculo ancho berma (A) y ángulo interrampa geométrico, banco doble

Nombre TALUD	Potenciales mecanismo inestabilidad								Cara de Banco B=75° , H=34m						
	Tipo	SISTEMA 1	SISTEMA 2	<L> [m]	L70% [m]	Descreste geométrico [m]	Prob. condición B=75° [%]	Prob. Falla B=75° [%]	Retención75%						
									Indice descreste B=75°	dB B=75° [m]	Quebradura [m]	Ancho mínimo [m]	A= Am+dB [m]	Pp [m]	Interrampa Geométrico [°]
T1	F. PLANA	JS5-DOM1		9,9	12	3	34%	53%	1,8	0,0	9,1	14,4	14,4	23,5	55
	F. PLANA	JS2-DOM2		6,6	8	5	100%	100%	6,6	3,9	9,1	14,4	18,3	27,4	51
	F. PLANA	JS4-DOM1		13	16	1	1%	0%	0,0	0,0	9,1	14,4	14,4	23,5	55
	F. PLANA	JS1-DOM1		9,9	12	1	5%	0%	0,0	0,0	9,1	14,4	14,4	23,5	55
T2	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	7,7	9	7	53%	80%	3,2	5,1	9,1	14,4	19,5	28,6	50
	F. PLANA	JS1-DOM1		10	12	1	2%	0%	0,0	0,0	9,1	14,4	14,4	23,5	55
	F. PLANA	JS2-DOM1		7,7	9	7	27%	96%	2,0	4,9	9,1	14,4	19,3	28,5	50
	F. PLANA	JS5-DOM1		9,9	12	3	42%	53%	2,2	0,0	9,1	14,4	14,4	23,5	55
T3	F. PLANA	JS2-DOM1		7,7	9	7	77%	96%	5,7	4,9	9,1	14,4	19,3	28,5	50
	F. PLANA	JS3-DOM1		10,9	13	1	0%	0%	0,0	0,0	9,1	14,4	14,4	23,5	55
	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	7,7	9	7	23%	82%	1,5	5,1	9,1	14,4	19,5	28,6	50
	CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	9,9	12	3	22%	1%	0,0	0,0	9,1	14,4	14,4	23,5	55
T4	F. PLANA	JS2-DOM1		7,7	9	7	89%	96%	6,6	4,9	9,1	14,4	19,3	28,5	50
	F. PLANA	JS3-DOM1		10,9	13	1	2%	0%	0,0	0,0	9,1	14,4	14,4	23,5	55
	F. PLANA	JS6-DOM1		10,7	13	3	11%	0%	0,0	0,0	9,1	14,4	14,4	23,5	55
	CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	10	12	3	0%	0%	0,0	0,0	9,1	14,4	14,4	23,5	55
T5	F. PLANA	JS2-DOM1		7,7	9	7	47%	96%	3,5	4,9	9,1	14,4	19,3	28,5	50
	F. PLANA	JS5-DOM2A		6,8	8	5	99%	100%	6,7	3,6	9,1	14,4	18,0	27,1	51
	F. PLANA	JS3-DOM1		10,9	13	1	2%	0%	0,0	0,0	9,1	14,4	14,4	23,5	55
	CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	7,7	9	7	0%	76%	0,0	4,9	9,1	14,4	19,3	28,5	50
T6	F. PLANA	JS5-DOM2A		6,8	8	5	76%	100%	5,2	3,6	9,1	14,4	18,0	27,1	51
	F. PLANA	JS4-DOM2B		10,3	12	6	100%	100%	10,3	3,5	9,1	14,4	17,9	27,0	51
	CUÑA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	6,8	8	5	0%	98%	0,0	3,6	9,1	14,4	18,0	27,1	51
	CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	6,8	8	6	19%	98%	1,3	4,1	9,1	14,4	18,5	27,6	51
T7	F. PLANA	JS2-DOM2A		8,3	10	4	63%	91%	4,8	1,6	9,1	14,4	16,0	25,1	54
	F. PLANA	JS4-DOM2B		10,3	12	6	99%	100%	10,1	3,5	9,1	14,4	17,9	27,0	51
	CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	7,4	9	5	96%	74%	5,2	3,6	9,1	14,4	18,0	27,1	51
	F. PLANA	JS3-DOM2B		7,9	10	7	92%	93%	6,8	5,6	9,1	14,4	20,0	29,2	49
	CUÑA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	6,8	8	5	0%	98%	0,0	3,6	9,1	14,4	18,0	27,1	51
T8	F. PLANA	JS7-DOM4		9,4	11	7	59%	100%	5,5	4,8	9,1	14,4	19,2	28,3	50
T9	F. PLANA	JS7-DOM4		9,4	11	7	100%	100%	9,4	4,8	9,1	14,4	19,2	28,3	50
	F. PLANA	JS3-DOM4		6,4	8	6	50%	88%	2,8	4,6	9,1	14,4	19,0	28,1	50
T10	F. PLANA	JS6-DOM4		11,5	14	6	90%	88%	9,1	2,2	9,1	14,4	16,6	25,8	53
	F. PLANA	JS3-DOM4		6,4	8	6	99%	88%	5,6	4,6	9,1	14,4	19,0	28,1	50
	F. PLANA	JS7-DOM4		9,4	11	7	19%	100%	1,8	4,8	9,1	14,4	19,2	28,3	50
T11	F. PLANA	JS6-DOM4		11,5	14	6	59%	88%	6,0	2,2	9,1	14,4	16,6	25,8	53
	F. PLANA	JS3-DOM4		6,4	8	6	16%	88%	0,9	4,6	9,1	14,4	19,0	28,1	50
	CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	11,1	13	8	34%	95%	3,6	4,7	9,1	14,4	19,1	28,2	50
T12	F. PLANA	JS4-DOM2		8,0	10	7	76%	96%	5,9	4,7	9,1	14,4	19,1	28,2	50
	F. PLANA	JS2-DOM3		7,1	9	5	95%	99%	6,7	3,5	9,1	14,4	17,9	27,0	52
	F. PLANA	JS6-DOM3B		8,9	11	3	49%	50%	2,2	0,0	9,1	14,4	14,4	23,5	55
	CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	6,6	8	5	53%	94%	3,3	3,9	9,1	14,4	18,3	27,4	51
T13	F. PLANA	JS6-DOM4		11,5	14	6	90%	88%	9,1	2,2	9,1	14,4	16,6	25,8	53
	F. PLANA	JS3-DOM4		6,4	8	6	99%	88%	5,6	4,6	9,1	14,4	19,0	28,1	50
	F. PLANA	JS7-DOM4		9,4	11	7	59%	100%	5,5	4,8	9,1	14,4	19,2	28,3	50
T14	F. PLANA	JS4-DOM2		8	10	7	98%	96%	7,6	4,7	9,1	14,4	19,1	28,2	50
	CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	9,9	12	1	0%	0%	0,0	0,0	9,1	14,4	14,4	23,5	55
	F. PLANA	JS3-DOM2		13,7	16	3	16%	0%	0,0	0,0	9,1	14,4	14,4	23,5	55

En las Tablas 7.10 a 7.17 se presentan los análisis para la determinación de parámetros de diseño, según ángulo cara de banco y porcentaje de retención, así como también se cumpla con los criterios de aceptabilidad. Las Tablas a presentar corresponde a:

- ✓ BS  $\beta=80^\circ$ , Ret. 80% (Tabla 7.10)
- ✓ BD  $\beta=80^\circ$ , Ret. 80% (Tabla 7.11)
- ✓ BS  $\beta=80^\circ$ , Ret. 75% (Tabla 7.12)
- ✓ BS  $\beta=80^\circ$ , Ret. 75% (Tabla 7.13)
- ✓ BS  $\beta=75^\circ$ , Ret. 80% (Tabla 7.14)
- ✓ BD  $\beta=75^\circ$ , Ret. 80% (Tabla 7.15)
- ✓ BS  $\beta=75^\circ$ , Ret. 75% (Tabla 7.16)
- ✓ BS  $\beta=75^\circ$ , Ret. 75% (Tabla 7.17)

**Tabla 7.10:** Análisis banco berma  $\beta$  80, Ret. 80%, banco simple.

BANCO SIMPLE B=80° RET=80%									
TALUD		MECANISMO DE INESTABILIDAD			PARÁMETROS DE DISEÑO				Observaciones
Nombre	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	Reten.%	Conf. B [%]	B [°]	$\alpha^\circ$	
T1	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	86%	80°	56	
		F. PLANA	JS2-DOM2		80%	70%	80°	48	
T2	1	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	82%	80°	46	
T3	1	F. PLANA	JS2-DOM1		80%	77%	80°	46	
T4	1	F. PLANA	JS2-DOM1		80%	73%	80°	46	
T5	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		80%	86%	80°	46	
		F. PLANA	JS5-DOM2A		80%	67%	80°	49	
T6	2A-2B	F. PLANA	JS4-DOM2B		80%	87%	65	42	Conf.(80°)<65%
		CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	80%	75%	80°	49	
T7	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		80%	70%	80°	52	
		F. PLANA	JS4-DOM2B		80%	87%	65	42	Conf.(80°)<65%
		CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	80%	97%	80°	49	
T8	4	F. PLANA	JS7-DOM4		80%	73%	80°	46	
T9	4	F. PLANA	JS7-DOM4		80%	67%	65	40	Conf.(80°)<65%
T10	4	F. PLANA	JS6-DOM4		80%	65%	75	47	Conf.(80°)<65%
T11	4	F. PLANA	JS6-DOM4		80%	67%	80°	50	
T12	2-3--3B	F. PLANA	JS4-DOM2		80%	74%	80°	47	
		F. PLANA	JS2-DOM3		80%	67%	80°	49	
		F. PLANA	JS6-DOM3B		80%	80%	80°	56	
T13	4	F. PLANA	JS6-DOM4		80%	65%	75	47	Conf.(80°)<65%
T14	4	F. PLANA	JS4-DOM2		80%	66%	80°	47	
		CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	80%	100%	80°	58	

**Tabla 7.11:** Análisis banco berma  $\beta$  80, Ret. 80%, banco doble.

BANCO DOBLE B=80° RET=80%									
TALUD		MECANISMO DE INESTABILIDAD			PARÁMETROS DE DISEÑO				
Nombre	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	Renten. %	Conf. B [%]	B [°]	$\alpha$ °	Observaciones
T1	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	85%	80°	60	
		F. PLANA	JS2-DOM2		80%	72%	80°	55	
T2	1	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	81%	80°	60	
T3	1	F. PLANA	JS2-DOM1		80%	73%	80°	54	
T4	1	F. PLANA	JS2-DOM1		80%	70%	80°	54	Conf.(75°)-70%
T5	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		80%	84%	80°	54	
		F. PLANA	JS5-DOM2A		80%	72%	80°	56	
T6	2A-2B	F. PLANA	JS4-DOM2B		80%	75%	65	50	Conf.(80°)<70%
		CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	80%	79%	80°	55	
T7	2A	F. PLANA	JS2-DOM2A		80%	81%	80°	58	
	2B	F. PLANA	JS4-DOM2B		80%	75%	65	50	Conf.(80°)<70%
	3A	CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	80%	75%	80°	56	
T8	4	F. PLANA	JS7-DOM4		80%	77%	80°	54	
T9	4	F. PLANA	JS7-DOM4		80%	71%	60	45	Conf.(80°)<70%
T10	4	F. PLANA	JS6-DOM4		80%	79%	70	51	Conf.(80°)<70%
T11	4	F. PLANA	JS6-DOM4		80%	75%	80°	57	
T12	2-3-3B	F. PLANA	JS2-DOM3		80%	73%	80°	56	
		F. PLANA	JS6-DOM3B		80%	82%	80°	60	
		CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	80%	74%	80°	55	
T13	4	F. PLANA	JS6-DOM4		80%	79%	70	51	Conf.(80°)<70%
T14	2	F. PLANA	JS4-DOM2		80%	70%	65	48	Conf.(80°)<70%
	2A	CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	80%	89%	80°	61	

**Tabla 7.12:** Análisis banco berma  $\beta$  80, Ret. 75%, banco simple.

BANCO SIMPLE B=80° RET=75%									
TALUD		MECANISMO DE INESTABILIDAD			PARÁMETROS DE DISEÑO				
Nombre	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	Renten. %	Conf. B [%]	B [°]	$\alpha$ °	Observaciones
T1	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		75%	86%	80°	56	
		F. PLANA	JS2-DOM2		75%	70%	80°	49	
T2	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	75%	82%	80°	46	
T3	1	F. PLANA	JS2-DOM1		75%	77%	80°	47	
T4	1	F. PLANA	JS2-DOM1		75%	73%	80°	47	
T5	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		75%	86%	80°	47	
		F. PLANA	JS5-DOM2A		75%	67%	80°	49	
T6	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		75%	75%	80°	49	
		F. PLANA	JS4-DOM2B		75%	87%	65	43	Conf.(80°)<65%
T7	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		75%	70%	80°	53	
		F. PLANA	JS4-DOM2B		75%	87%	65	43	Conf.(80°)<65%
		CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	75%	97%	80°	49	
T8		F. PLANA	JS7-DOM4		75%	73%	80°	47	
T9	4	F. PLANA	JS7-DOM4		75%	67%	65	41	Conf.(80°)<65%
T10	4	F. PLANA	JS6-DOM4		75%	65%	75	49	Conf.(80°)<65%
T11	4	F. PLANA	JS6-DOM4		75%	67%	80°	51	
T12	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		75%	74%	80°	47	
		F. PLANA	JS2-DOM3		75%	67%	80°	49	
		F. PLANA	JS6-DOM3B		75%	80%	80°	56	
T13	4	F. PLANA	JS6-DOM4		75%	65%	75	49	Conf.(80°)<65%
T14	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		75%	66%	80°	47	
		CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	75%	100%	80°	58	

**Tabla 7.13:** Análisis banco berma  $\beta$  80, Ret. 75%, banco doble.

BANCO DOBLE B=80° RET=75%									
TALUD		MECANISMO DE INESTABILIDAD			PARÁMETROS DE DISEÑO				
Nombre	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	Renten. %	Conf. B [%]	B [°]	$\alpha$ °	Observaciones
T1	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		75%	84,8%	80°	61	
		F. PLANA	JS2-DOM2		75%	71,6%	80°	57	
T2	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	75%	83,5%	80°	55	
T3	1	F. PLANA	JS2-DOM1		75%	73,3%	80°	55	
T4	1	F. PLANA	JS2-DOM1		75%	68,9%	80°	55	Conf.(75°)-70%
T5	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		75%	83,6%	80°	55	
		F. PLANA	JS5-DOM2A		75%	72,4%	80°	57	
T6	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		75%	78,9%	80°	57	
		F. PLANA	JS4-DOM2B		75%	74,6%	65°	51	Conf.(80°)<70%
T7	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		75%	81,2%	80	59	
		F. PLANA	JS4-DOM2B		75%	74,6%	65	52	Conf.(80°)<70%
		CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	75%	75,4%	80°	57	
T8	4	F. PLANA	JS7-DOM4		75%	77,0%	80°	55	
T9	4	F. PLANA	JS7-DOM4		75%	74,6%	65°	49	Conf.(80°)<70%
T10	4	F. PLANA	JS6-DOM4		75%	78,9%	70°	53	Conf.(80°)<70%
T11	4	F. PLANA	JS6-DOM4		75%	74,9%	80°	58	
		F. PLANA	JS3-DOM4		75%	95,5%	80°	56	
		CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	75%	85,9%	80°	55	
T12	2-3	F. PLANA	JS4-DOM2		75%	73,9%	80°	56	
		F. PLANA	JS2-DOM3		75%	73,0%	80°	57	
T13	4	F. PLANA	JS6-DOM4		75%	79,0%	70°	53	Conf.(80°)<70%
T14	2	F. PLANA	JS4-DOM2		75%	68,9%	65°	49	Conf.(80°)<70%
	2A	CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	75%	100,0%	80°	62	

**Tabla 7.14:** Análisis banco berma  $\beta$  75°, Ret. 80%, banco simple.

BANCO SIMPLE B=75° RET=80%									
TALUD		MECANISMO DE INESTABILIDAD			PARÁMETROS DE DISEÑO				
Nombre	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	Renten. %	Conf. B [%]	B [°]	$\alpha$ °	Observaciones
T1	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	99%	75°	52	
		F. PLANA	JS2-DOM2		80%	70%	75°	45	
T2	1	F. PLANA	JS2-DOM1		80%	92%	75°	43	
T3	1	F. PLANA	JS2-DOM1		80%	77%	75°	43	
T4	1	F. PLANA	JS2-DOM1		80%	74%	75°	43	
T5	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		80%	86%	75°	43	
		F. PLANA	JS5-DOM2A		80%	67%	75°	45	
T6	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		80%	75%	75°	45	
		F. PLANA	JS4-DOM2B		80%	87%	65	42	Conf.(75°)<65%
T7	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		80%	81%	75°	49	
		F. PLANA	JS4-DOM2B		80%	87%	65	42	Conf.(75°)<65%
		CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	80%	99%	75°	45	
T8	4	F. PLANA	JS7-DOM4		80%	73%	75°	43	
T9	4	F. PLANA	JS7-DOM4		80%	67%	65	40	Conf.(75°)<65%
T10	4	F. PLANA	JS6-DOM4		80%	65%	75°	43	Conf.(75°)-65%
T11	4	F. PLANA	JS6-DOM4		80%	77%	75°	47	
T12	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		80%	75%	75°	43	
		F. PLANA	JS2-DOM3		80%	68%	75°	45	
		F. PLANA	JS6-DOM3B		80%	96%	75°	52	
T13	4	F. PLANA	JS6-DOM4		80%	65%	75°	43	Conf.(75°)-65%
T14	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		80%	68%	75°	43	
		CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	80%	100%	75°	52	



**Tabla 7.15:** Análisis banco berma  $\beta 75^\circ$ , Ret. 80%, banco doble.

BANCO DOBLE B=75° RET=80%									
TALUD		MECANISMO DE INESTABILIDAD			PARÁMETROS DE DISEÑO				
Nombre	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	Renten. %	Conf. B [%]	B [°]	$\alpha^\circ$	Observaciones
T1	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	94%	75°	54	
		F. PLANA	JS2-DOM2		80%	72%	75°	50	
T2	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	80%	85%	75°	49	
T3	1	F. PLANA	JS2-DOM1		80%	73%	75°	49	
T4	1	F. PLANA	JS2-DOM1		80%	70%	75°	49	Conf.(75°)~70%
T5	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		80%	84%	75°	49	
		F. PLANA	JS5-DOM2A		80%	72%	75°	50	
T6	2A-2B	F. PLANA	JS4-DOM2B		80%	75%	65	50	Conf.(75°)<70%
		CUÑA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	80%	79%	75°	50	
T7	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		80%	83%	75°	52	
		F. PLANA	JS4-DOM2B		80%	75%	65°	50	Conf.(75°)<70%
		CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	80%	79%	75°	50	
T8	4	F. PLANA	JS7-DOM4		80%	77%	75°	49	
T9	4	F. PLANA	JS7-DOM4		80%	71%	60	49	Conf.(75°)<70%
T10	4	F. PLANA	JS6-DOM4		80%	79%	70°	51	Conf.(75°)<70%
T11	4	F. PLANA	JS6-DOM4		80%	79%	75°	51	
T12	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		80%	74%	75°	49	
		F. PLANA	JS2-DOM3		80%	73%	75°	50	
		F. PLANA	JS6-DOM3B		80%	93%	75°	54	
T13	4	F. PLANA	JS6-DOM4		80%	79%	70°	51	Conf.(75°)<70%
T14	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		80%	70%	65°	48	Conf.(75°)<70%
		CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	80%	100%	75°	54	

**Tabla 7.16:** Análisis banco berma  $\beta 75^\circ$ , Ret. 75%, banco simple.

BANCO SIMPLE B=75° RET=75%									
TALUD		MECANISMO DE INESTABILIDAD			PARÁMETROS DE DISEÑO				
Nombre	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	Renten. %	Conf. B [%]	B [°]	$\alpha^\circ$	Observaciones
T1	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		75%	99%	75°	53	
		F. PLANA	JS2-DOM2		75%	70%	75°	46	
T2	1	F. PLANA	JS2-DOM1		75%	92%	75°	44	
T3	1	F. PLANA	JS2-DOM1		75%	77%	75°	44	
T4	1	F. PLANA	JS2-DOM1		75%	74%	75°	44	
T5	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		75%	86%	75°	44	
		F. PLANA	JS5-DOM2A		75%	67%	75°	46	
T6	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		75%	75%	75°	46	
		F. PLANA	JS4-DOM2B		75%	87%	65	43	Conf.(75°)<65%
T7	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		75%	81%	75°	50	
		F. PLANA	JS4-DOM2B		75%	87%	65	43	Conf.(75°)<65%
		CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	75%	99%	75°	46	
T8	4	F. PLANA	JS7-DOM4		75%	73%	75°	44	
T9	4	F. PLANA	JS7-DOM4		75%	67%	65	41	Conf.(75°)<65%
T10	4	F. PLANA	JS6-DOM4		75%	65%	75°	45	Conf.(75°)~65%
T11	4	F. PLANA	JS6-DOM4		75%	77%	75°	49	
T12	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		75%	75%	75°	44	
		F. PLANA	JS2-DOM3		75%	68%	75°	47	
		F. PLANA	JS6-DOM3B		75%	96%	75°	53	
T13	4	F. PLANA	JS6-DOM4		75%	65%	75°	45	Conf.(75°)~65%
T14	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		75%	68%	75°	44	
		CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	75%	100%	75°	53	

**Tabla 7.17:** Análisis banco berma  $\beta 75^\circ$ , Ret. 75%, banco doble.

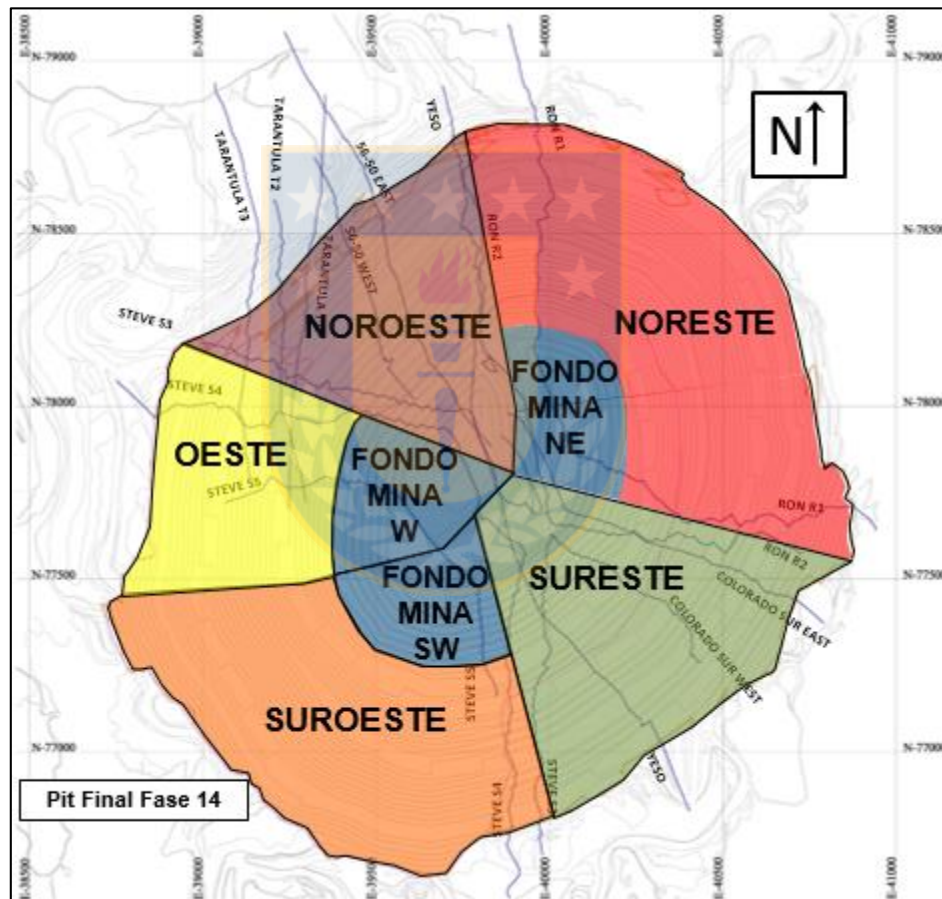
BANCO DOBLE $\beta=75^\circ$ RET=75%									
TALUD		MECANISMO DE INESTABILIDAD			PARÁMETROS DE DISEÑO				
Nombre	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	Renten. %	Conf. B [%]	B [°]	$\alpha^\circ$	Observaciones
T1	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		75%	94%	75°	55	
		F. PLANA	JS2-DOM2		75%	72%	75°	51	
T2	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	75%	85%	75°	50	
T3	1	F. PLANA	JS2-DOM1		75%	73%	75°	50	
T4	1	F. PLANA	JS2-DOM1		75%	70%	75°	50	Conf.(75°)-70%
T5	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		75%	84%	75°	50	
		F. PLANA	JS5-DOM2A		75%	72%	75°	51	
T6	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		75%	79%	75°	51	
		F. PLANA	JS4-DOM2B		75%	75%	65	51	Conf.(75°)<70%
T7	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		75%	83%	75°	54	
		F. PLANA	JS4-DOM2B		75%	75%	65	51	Conf.(75°)<70%
		CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	75%	79%	75°	51	
T8	4	F. PLANA	JS7-DOM4		75%	77%	75°	50	
T9	4	F. PLANA	JS7-DOM4		75%	71%	60°	46	Conf.(75°)<70%
T10	4	F. PLANA	JS6-DOM4		75%	79%	70°	53	Conf.(75°)<70%
T11	4	F. PLANA	JS6-DOM4		75%	79%	75°	53	
T12	2-3-3B	F. PLANA	JS2-DOM3		75%	73%	75°	52	
		F. PLANA	JS6-DOM3B		75%	93%	75°	55	
		CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	75%	74%	75°	51	
T13	4	F. PLANA	JS6-DOM4		75%	79%	70°	53	Conf.(75°)<70%
T14	2	F. PLANA	JS4-DOM2		75%	70%	65°	49	Conf.(75°)<70%
	2A	CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	75%	100%	75°	55	

Del análisis de los resultados de la determinación de confiabilidad de ángulos cara de banco se puede señalar lo siguiente:

- La confiabilidad de los ángulos cara de banco, cumple, en general con los criterios de aceptabilidad adoptados, que corresponden a 65% en banco simple y 70% en banco doble.
- Los diseños a banco doble presentan mejores confiabilidades, principalmente debido a la menor probabilidad de longitud asociada.
- En los Taludes 6 y 7, relacionados con el Dominio 2B, se reconocen confiabilidades menores al Criterio, para ángulos cara de banco de 80°, 75° y 70°. Esto motiva a que se determinen parámetros diferentes, que corresponde a 65°.
- En el Talud 9, la confiabilidad menor reconocida, está asociada a la identificación de una familia de JS secundario. Por esto no se consideró en la determinación del ángulo interrampa recomendado.
- En el Talud 14, Fondo Mina, la confiabilidad menor se reconoce asociada al Dominio 2. Dado que esta condición es menor arealmente, no se considera relevante para definir el ángulo interrampa del sector.

## 7.6 RECOMENDACIONES DE ZONAS DE DISEÑO

Los resultados obtenidos a partir del análisis de diseño banco berma basado en una zonificación del rajo por orientación de talud y los potenciales mecanismos de inestabilidad estructurales pueden presentar una alta variabilidad entre taludes adyacentes. Para facilitar la entrega de parámetros de diseño al área de planificación de la mina, se define una zonificación operativa del rajo (Figura 7.18). Esta zonificación permite una homogenización de los parámetros que se proponen, definiendo sectores de diseño más extensos.



**Figura 7.18:** Zonificación de sectores de diseño para el rajo final.

Como se observa en la Figura 7.18, se han definido 8 sectores de diseño que agrupan distintos taludes. El fondo del rajo, que corresponde a la Unidad Potásica, se ha dejado como un sector de diseño aparte, ya que permite un diseño más agresivo debido a sus propiedades geomecánicas y mayor confinamiento.

De acuerdo al análisis de confiabilidad banco berma, se recomienda la implementación de parámetros de diseño esencialmente con cara de banco de 75°, con sectores en particular con diseños de 65° y 70° (Tabla 7.18 y 7.19). No obstante lo anterior, otras alternativas de diseño pueden ser extraídas desde la Tabla 7.10 a Tabla 7.17.

**Tabla 7.18:** Tabla resumen análisis banco berma, banco simple

BANCO SIMPLE H banco=17m									
TALUD	Dominio	MECANISMO DE INESTABILIDAD		PARÁMETROS DE DISEÑO					ZONA DE DISEÑO
		Tipo	Sistema 1	Renten. %	Conf. B [%]	A (Ancho de berma) [m]	B [°]	$\alpha^\circ$	
T1	1-2	F. PLANA	JS2-DOM2	80%	70%	12,7	75°	45	NORESTE
T2	1	F. PLANA	JS5-DOM1	80%	92%	13,7	75°	43°	NORESTE
T3	1	F. PLANA	JS2-DOM1	80%	77%	13,7	75°	43°	NORESTE
T4	1	F. PLANA	JS2-DOM1	80%	74%	13,7	75°	43°	NORESTE
T5	1-2A	F. PLANA	JS5-DOM2A	80%	67%	12,4	75°	45°	NORESTE
T8	4	F. PLANA	JS7-DOM4	80%	73%	13,6	75°	43°	SUROESTE
T9	4	F. PLANA	JS7-DOM4	80%	55%	13,6	75°	43°	SUROESTE
T10	4	F. PLANA	JS6-DOM4	80%	65%	13,4	75°	43°	SUROESTE
T11	4	F. PLANA	JS6-DOM4	80%	77%	11,0	75°	47°	OESTE
T13	4	F. PLANA	JS6-DOM4	80%	65%	13,4	75°	43°	SUROESTE

**Tabla 7.19:** Tabla resumen análisis banco berma, banco doble.

BANCO DOBLE H banco=34m										
TALUD	Dominio	MECANISMO DE INESTABILIDAD			PARÁMETROS DE DISEÑO					ZONA DE DISEÑO
		Tipo	Sistema 1	Sistema 2	Renten. %	Conf. B [%]	A (Ancho de berma) [m]	B [°]	$\alpha^\circ$	
T1	1-2	F. PLANA	JS2-DOM2		75%	72%	18,3	75°	51	FONDO MINA NE
T2	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	75%	85%	19,5	75°	50	FONDO MINA NE
T3	1	F. PLANA	JS2-DOM1		75%	73%	19,3	75°	50	FONDO MINA NE
T4	1	F. PLANA	JS2-DOM1		75%	70%	19,3	75°	50	FONDO MINA NE
T5	1-2A	F. PLANA	JS5-DOM2A		75%	72%	18,0	75°	51	FONDO MINA NE
T6	2A-2B	F. PLANA	JS4-DOM2B		75%	75%	11,9	65°	51°	SURESTE
T7	2A-2B-3A	F. PLANA	JS4-DOM2B		75%	75%	11,9	65	51°	SURESTE
T8	4	F. PLANA	JS7-DOM4		80%	77%	20,6	75°	49°	FONDO MINA SW
T9	4	F. PLANA	JS7-DOM4		80%	61%	20,6	75°	49°	FONDO MINA SW
T10	4	F. PLANA	JS6-DOM4		80%	79%	14,7	70°	51°	FONDO MINA SW
T11	4	F. PLANA	JS6-DOM4		75%	79%	16,6	75°	53°	FONDO MINA W
T12	2-3-3B	F. PLANA	JS2-DOM3		75%	73%	17,9	75°	52°	NOROESTE
T13	4	F. PLANA	JS6-DOM4		80%	79%	14,7	70°	51°	FONDO MINA SW
T14	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		75%	66%	19,1	75°	50°	FONDO MINA NE

En la Tabla 7.20 y en la Figura 7.19 se muestran los resultados del análisis banco-berma para banco simple y doble, indicando los ángulos cara de banco y ángulos interrampa geométricos recomendados para cada sector de diseño en el rajo final.

**Tabla 7.20:** Recomendación de parámetros de diseño por zonas.

ZONA DE DISEÑO	BANCO SIMPLE (17m)		BANCO DOBLE (34m)	
	$\beta(^{\circ})$	$\alpha(^{\circ})$	$\beta(^{\circ})$	$\alpha(^{\circ})$
<b>NORESTE</b>	<b>75°</b>	<b>43°</b>	-	-
<b>SURESTE</b>	-		<b>65°</b>	<b>51°</b>
<b>SUROESTE</b>	<b>75°</b>	<b>43°</b>	-	-
<b>OESTE</b>	<b>75°</b>	<b>47°</b>	-	-
<b>NOROESTE</b>	-	-	<b>75°</b>	<b>52°</b>
<b>FONDO MINA NE</b>	-	-	<b>75°</b>	<b>50°</b>
<b>FONDO MINA SW</b>	-	-	<b>70°</b>	<b>49°</b>
<b>FONDO MINA W</b>	-	-	<b>75°</b>	<b>53°</b>

Dadas las consideraciones realizadas en su configuración, es importante destacar la necesidad de realizar las mejores prácticas operacionales en la construcción de los taludes y en particular en las zonas de menor confiabilidad, tales como:

- Zona Sureste, Talud 6 y 7, en Dominio 2B.
- Zona Suroeste, Talud 9, en Dominio 4
- Zona Noreste, Talud 14 Dominio 2



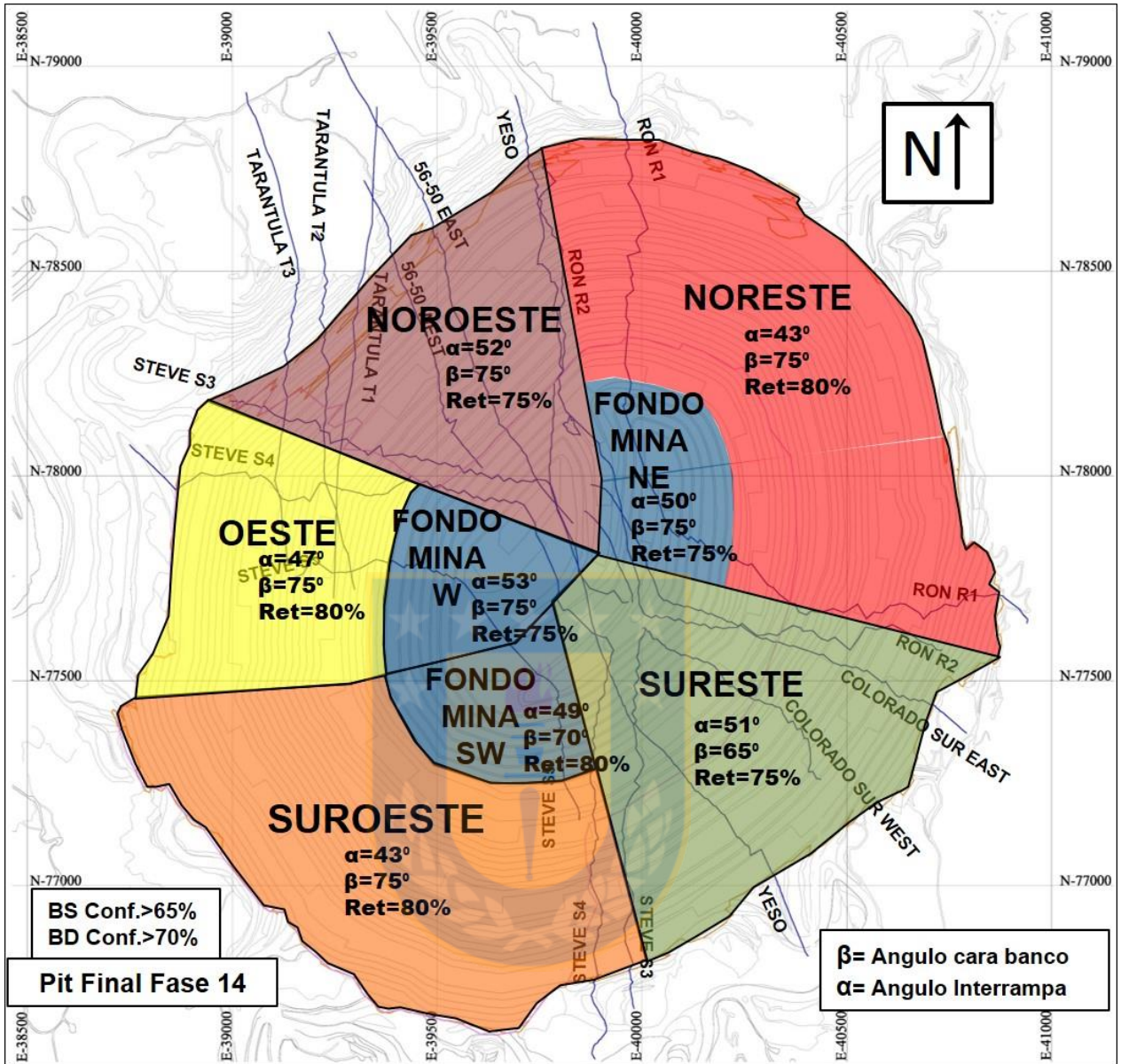


Figura 7.19: Zonas de diseño recomendadas para el rajo final.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente trabajo se ha logrado realizar un análisis de estabilidad a nivel banco berma para el pit final del rajo a del Modelo Geotécnico disponible de las unidades geotécnicas presentes en Mina La Alumbraera, presentan en general moderada a buena calidad geotécnica por la estabilidad y seguridad de los bancos, estarán afectadas por la cinemática de los bloques o cuñas, para evaluar su estabilidad se acostumbra determinar su factor de seguridad (FS) y como criterio se dice que es estable cuando este factor es mayor a 1. Sin embargo este factor no considera la variabilidad de los parámetros e incerteza bajo los cuales se realizan los análisis, no logrando indicar en términos relativos cuan cerca estamos de una condición de fallamiento.

Una forma de evaluar de esta incertidumbre y variabilidad de los datos es mediante análisis por confiabilidad por métodos probabilísticos en donde las variables o parámetros se presentan como una función de probabilidad, de esta forma se representa de mejor forma la heterogeneidad natural que tienen los macizos rocosos lo que permite que la incertidumbre pueda ser manejada de una forma más rigurosa en los procesos de diseño geotécnico. La confiabilidad de los resultados obtenidos dependerá de la cantidad y calidad de información utilizada en los análisis

Se indican a continuación los resultados de los análisis realizados

- A partir de la información disponible y las observaciones realizadas en terreno se definieron las 6 unidades geotécnicas principales. La proyección de las unidades geotécnicas en las paredes del rajo indica que la envolvente final del pit intersecta mayoritariamente unidades competentes. La presencia de Rubble o macizo de mala calidad, es escasa en la envolvente final. Esta condición conlleva a que los potenciales mecanismos de inestabilidad en las paredes finales del rajo estén asociados principalmente a fallamientos de tipo estructural (fallamiento plano o cuña). No se espera, en forma recurrente, fallamiento por macizo rocoso de tipo circular en el rajo final.
- Como resultado del proceso de análisis, se definieron 8 sectores de diseño que agrupan distintos taludes del rajo. Esta zonificación responde a una integración entre la calidad del



macizo rocoso y la orientación de los taludes, y obedece a una característica geomecánica de similar comportamiento (Figura 7.18).

- Para determinar los ángulos interrampa geométricos para los distintos sectores de diseño se realizó un análisis banco-berma para cada talud. En cada sector se estimó el ángulo interrampa que cumple con los criterios de diseño según ODOT (Oregon Department of Transportation, 2002), el cual establece un ancho de berma mínimo para contener un determinado porcentaje de caída de rocas.
- De acuerdo al análisis de confiabilidad banco berma para el rajo final, los ángulos cara de banco, cumple, en general con los criterios de aceptabilidad adoptados, que corresponden a 65% en banco simple y 70% en banco doble, por lo que se propone o recomienda la implementación de parámetros de diseño esencialmente con cara de banco de 75°, con sectores en particular con diseños de 65° y 70° y ángulos interrampa para banco simple de 43°-47°, y para banco doble de 49°-53° (Tabla 7.20), éstos ángulos deben ser contrastados con un análisis interrampa.  
Esta recomendación en los parámetros de diseño para banco simple y banco doble no quiere decir que se puedan evaluar otras combinaciones, ya que también es posible construir con distintas alternativas de diseño válidas (Tablas 7.10 a 7.17), la decisión dependerá de una evaluación que considere aspectos económico-operacionales y de riesgo.
- Para los porcentajes de retención de la berma se recomienda 80% en banco simple, en los sectores NE, SW , W y de 75% en banco doble, para los sectores NW, SE , fondo mina NE y W, debido a una mejor calidad de geotécnica a excepción del sector SW donde existe mayor cantidad de la Unidad Rubble, por lo que la retención se aumentó a 80%.

Para garantizar la continuidad operacional y mínimas desviaciones durante la materialización del proyecto, el desarrollo de una de estas alternativas, o cualquiera finalmente adoptada, requiere del cumplimiento estricto de las mejores prácticas operacionales y control geotécnico. Lo anterior incluye:

- Implementación de mejores prácticas operativas en la construcción de taludes: uso de técnicas de precorte, tronadura controlada, limpieza de bancos y saneamiento de cara de bancos.
- Planificar en forma anticipada las actividades de saneamiento de taludes, especialmente aquellas orientadas a garantizar la estabilidad en el largo plazo.
- Implementar una metodología de conciliación para evaluar las desviaciones al diseño con relación a la geometría del banco (ancho berma, línea de programa, ángulo cara de banco) y la condición geotécnica del talud. Este método permite disponer de información objetiva para identificar desviaciones en el proceso de construcción de taludes.
- Implementar un sistema de monitoreo y una rutina de proceso y análisis en línea, de tal forma de disponer de información oportuna ante un potencial evento geotécnico.
- Diseño e Implementación de canalización de aguas superficiales, las cuales son responsables del deterioro del macizo rocoso, particularmente para el sector SW.



## 9. REFERENCIAS

- Anzótegui, L.M.; Garralla, S. y Herbst, R. 2007.** Fabaceae de la Formación El Morterito (Mioceno Superior) del valle del Cajón, provincia de Catamarca, Argentina. *Ameghiniana*-. Vol **44**: 183-196. Buenos Aires.
- Ayala, F.J.; Andreu, F.J.; Fe, M.; Ferrer, M.; de Simón, A.; Fernández, I.; Olalla, C.; Gómez, J.; Sanpedro, J. y Cienfuegos, F.J. 1987.** “Manual de Taludes”. Serie Geotecnia. IGME: 456 pp. Madrid.
- Barton, N.; Lien, R. y Lunde, J. 1974.** Engineering Classification of Rock Masses for the Design of Tunnel Support. *Rock Mechanics*: Vol. **6** N°4: 189-236.
- Baecher, C. y Christian, J.T. 2003.** Reliability and Statistics in Geotechnical Engineering. *John Wiley y Sons*: 17-376. Londres.
- Bieniawski, Z. 1973.** Engineering Classification of Jointed Rock Masses. *The Transactions of the South African Institution of Civil Engineers*. Vol. **15**: 335-344.
- Bieniawski, Z. 1989.** Engineering Rock Mass Classifications. *John Wiley y Sons*: 251 pp. Nueva York.
- Bossi, G.E.; Muruaga, C.M.; Sanagua, J.G.; Hernado, A.; y Ahumada, A.L. 1993.** Geología y Estratigrafía de la cuenca Neogena Santa María Hualfin (Deptos. Santa María y Belén, Provincia de Catamarca): Congreso Geológico, XII, Argentino, Actas II: 156–165. Buenos Aires.
- Coira, B.; Davidson, J.; Mpodozis, C. y Ramos, V. 1982.** Tectonic and magmatic evolution of the Andes of northern Argentina and Chile. *Earth Science Reviews*. Vol. **18**: 303–332.
- Deere, D.; Hendron, A.; Patton, F. y Cording, E. 1967.** Design of Surface or Near Surface Excavations in Rocks. Proc. 8th U.S. Symp. Rock Mechanics: 237-302. Nueva York.
- González, O.E.; 1975.** Geología y alteración en el cobre porfídico Bajo la Alumbreira. Rep. Argentina: II. Congreso Ibero-Americano de Geología Económica: 247–270. Buenos Aires.
- González de Vallejo, L.; Ferrer, M.; Ortuño, L. y Oteo, C. 2002.** Ingeniería Geológica 1ª. Ed Prentice Hall Pearson Educación: 750 pp. Madrid.
- Gutiérrez, A. A. (2000a).** Morphotectonic Evidences of Sinistral Rotation of the Pampeanas Mountain Ranges, Argentina. *Revista Perfil*, XVII Simposio Latinoamericano de Geología: 283-285. Stuttgart.
- Gutiérrez, A.A. (2000b).** Dispersión Geoquímica Primaria y Metalogénesis de Depósitos Tipo Pórfido Cuprífero y Epitermal, Distrito Minero Agua de Dionisio, Argentina. Tesis de Magíster,

Universidad Católica del Norte, Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas (Inédito):131pp. Antofagasta.

**Gutiérrez, A. A.; Guerra S.; N. y Alderete, M. C. 2002.** Zonación geoquímica del distrito minero Agua de Dionisio (YMAD), Argentina. 11 Congreso Peruano de Geología. Actas 1: 15 p. Lima.

**Halter, W.E.; Bain, N.; Becker, K.; Heinrich, C.A.; Landtwing, M.; VonQuadt, A.; Clark, A.H.; Sasso, A.M.; Bissig, T.; y Tosdal, R.M. 2004.** From andesitic volcanism to the formation of a porphyry Cu-Au mineralizing magma chamber: the Farallón Negro Volcanic Complex, northwestern Argentina: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Vol. **136**: 1–30.

**Harris, A.; Bryan, S.E. y Holcombe R.J. 2006.** Volcanic setting of the Bajo de la Alumbreira porphyry Cu-Au deposit, Farallón Negro volcanics, Northwest Argentina. *Economic Geology*. Vol. **101**: 71-94.

**Harris, A.; Golding S, y White N. 2005.** “Bajo de la Alumbreira Copper-Gold Deposit: Stable Isotope Evidence for a Porphyry-Related Hydrothermal System Dominated by Magmatic Aqueous Fluids,” *Economic Geology* Vol. **100**: 863–886.

**Hoek, E., 1994.** Strength of Rock and Rock Masses. *ISRM News Journal*. Vol. **2** N°2: 4–16.

**Hoek, E. y Bray, J. W. (1981).** Rock slope engineering. The Institution of Mining and Metallurgy: 358pp. Londres.

**Hoek, E. y Brown, E.T. 1997.** Practical Estimates of Rock Mass Strength. *Int. J. Rock Mechanics and Mining Sciences*. Vol **34** N°8: 1.165-1.186 pp.

**Hidalgo, C. A. y Assis, A, 2011.** Evaluación de la incertidumbre en el análisis de estabilidad de un talud excavado en suelos residuales. Memorias dela XII Conferencia Panamericana de Geotecnia: 8 pp. Toronto.

**Hidalgo, C. A. y Assis, A. 2011.** Herramientas para análisis por confiabilidad en geotecnia: aplicación. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. Vol. **10**: 79-86 pp.

**Hoek, E.; Kaiser P.K. y Bawden W.F. 1995.** Support of underground excavations in hard rock. *Balkema*: 214 pp. Toronto.

**Indri, D. 1979.** Geología de la Cuesta Mina Capillitas (Catamarca): Ph. D. thesis, Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán, Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Naturales (Inédito): 58 pp. Tucumán.

**Kay, S.M.; Mpodozis, C. y Coira, B. 1999.** Magmatism, tectonism, and mineral deposits of the central Andes (22°–33°S), Skinner, B., ed., Geology and ore deposits of the central Andes. *Society of Economic Geology Special Publication*. Vol. **7**: 27–59.

**Kliche, C. 1999.** Rock Slope Stability. Society for Mining, Metallurgy and Explorations. Inc: 252 pp.

**Laubscher, D.H. 1975.** Class distinction in rock masses. South African mining, coal, gold y base minerals. Vol. **23**, N° 6: 37-50.

**Llambías, E. J. 1972.** Estructura del Grupo volcánico Farallón Negro, Catamarca, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Vol. **27** N° 2: 161 -169. Buenos Aires.

**Marinos, P y Hoek, E. 2000.** GSI – A geologically friendly tool for rock mass strength estimation. GeoEng2000 : an international conference on geotechnical y geological engineering: 1422-1442. Melbourne.

**McBride, S.L.; Caelles, J.C.; Clark, A.H.; y Farrar, E. 1976.** Paleozoic radiometric age provinces in the Andean basement, latitudes 25°–30°S. *Earth and Planetary Science Letters*. Vol. **29**: 373–383.

**Mirré, J.C. y Aceñolaza, F.G. 1972.** El hallazgo de Oldhamia sp. (traza fósil) y su valor como evidencia de edad cámbrica para el supuesto Precámbrico del borde occidental del Aconquija, Provincia de Catamarca. *Ameghiniana*. Vol. **9**: 72-78.

**Oregon Department of Transportation, 2002.** Rockfall Catchment Area Design Guide. Final Report: 91 pp. Washington.

**Palmström, A, 1982.** The Volumetric Joint Count a Useful and Simple Measure of the Degree of Rock Jointing. Proc. 4° Congress International Association of Engineering Geology. Vol. **2**: 221-228. Nueva Delhi.

**Pankhurst, R.J.; Rapela, C.W. y Fanning, C.M. 2000.** Age and origin of coeval TTG, I–and S–type granites in the Famatinian belt of NW Argentina. Transactions of the Royal Society of Edinburgh. *Earth Sciences*. Vol **91**: 151–168.

**Parra, L.E. y Morales, J.A. 2003.** Descripción e interpretación de la columna estratigráfica tipo de la serie vulcano-sedimentaria neógena del Valle del Cajón (Catamarca, Argentina). *Geogaceta*. Vol **33**: 55-58.

**Priest, S.D.; Hudson, J.A., 1981.** Estimation of discontinuity spacing and trace length using scanline surveys. *International Journal of Rock Mechanics, Mining Science y Geomechanics*. Abstracts Vol **18**: 183–197.

**Proffett, J.M., 2003.** Geology of the Bajo de la Alumbreira porphyry coppergold deposit, Argentina. *Economic Geology*. Vol. **98**: 1.535–1.574.

**Ramos, V.A. 1999.** Las provincias geológicas del territorio argentino. En: Caminos, R. (ed.) Geología Argentina, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales. Vol. **29**: 41-96, Buenos Aires.

**Read J. y Stacey P.F, 2009.** Guidelines for Open Pit Design. *CSIRO Publishing*: 497 pp, Melbourne.

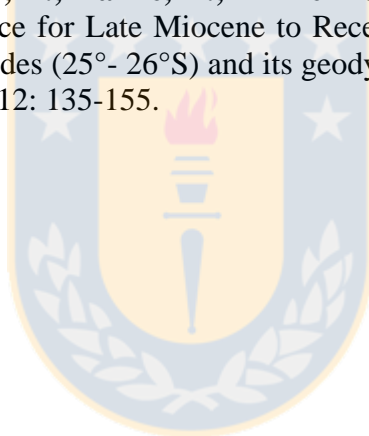
**Sasso, A.M. 1997.** Geological evolution and metallogenetic relationships of the Farallón Negro Volcanic Complex, NW Argentina: Inédito Ph.D. thesis, Queen's University: 842 pp. Kingston.

**Sasso, A.M.; y Clark, A.H. 1998.** The Farallón Negro group, northwest Argentina: Magmatic, hydrothermal and tectonic evolution and implications for Cu-Au metallogeny in the Andean back-arc: *Society of Economic Geologists Newsletter*. Vol. **34**, N°1: 8–18.

**Strecker, M.R.; Cervený, P.; Bloom, A.L.; y Malizia, D. 1989.** Late Cenozoic tectonism and landscape development in the foreland of the Andes, northern Sierras Pampeanas (26°–28°S), Argentina: *Tectonics*. Vol. **8**: 517–534.

**Turner, J.C.M. 1962.** Estratigrafía de la región al naciente de la Laguna Blanca (Catamarca): Dirección Nacional del Servicio Geológico: 71 pp. Buenos Aires.

**Trumbull, R.B.; Wittenbrink, R.; Hahne, K.; Emmermann, R.; Büsch, W.; Gerstenberger, H. y Siebel, W. 1999.** Evidence for Late Miocene to Recent contamination of arc andesites by crustal melts in the Chilean Andes (25°–26°S) and its geodynamic implications. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol 12: 135–155.







## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
<b>N° 1</b>	<b>Determinación de Dominios Estructurales e Identificación de Potenciales Mecanismo de Inestabilidad .....</b>	<b>1</b>
<b>N° 2</b>	<b>Comparación de los Dominios Estructurales 2010-2014 .....</b>	<b>18</b>
<b>N° 3</b>	<b>Resultados de Confiabilidad para Banco Simple , Banco Doble, Ancho Berma y Ángulo Interrampa Geométrico .....</b>	<b>29</b>



## ANEXO N° 1

### a) Determinación Dominios Estructurales

### b) Identificación de Potenciales Mecanismos de Inestabilidad

#### a) Determinación Dominios Estructurales

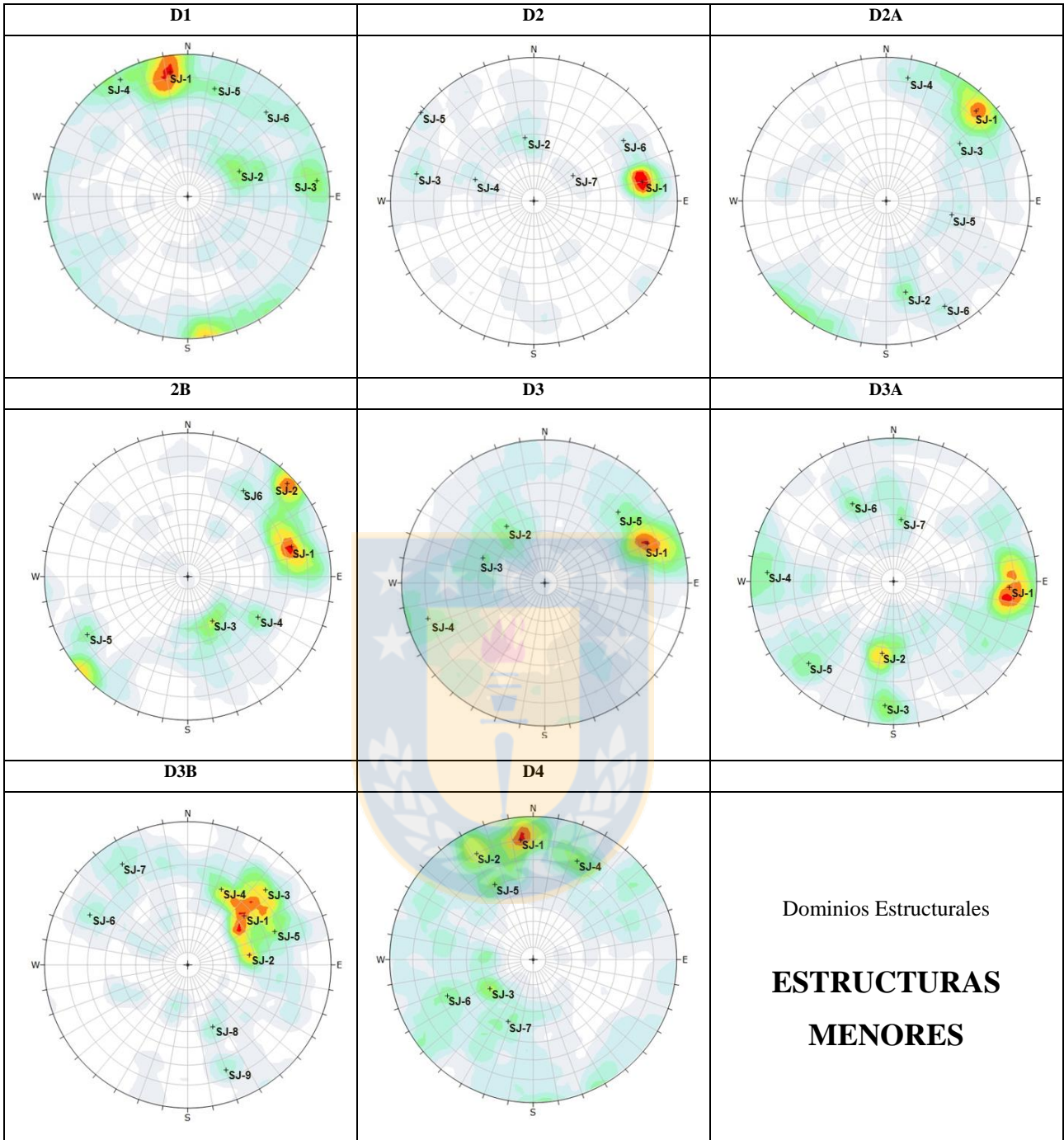
A partir del análisis de fallas menores y diaclasas de la base de datos de mapeo de celdas, se identificó la presencia de 8 dominios estructurales cuyos límites coinciden esencialmente con las fallas mayores. Cada uno de estos dominios posee sistemas de discontinuidades característicos, cuyas representaciones estereográficas se presentan en la Figura 1 y 2 y son listados en la Tabla 1.

La metodología de trabajo se describe a continuación:

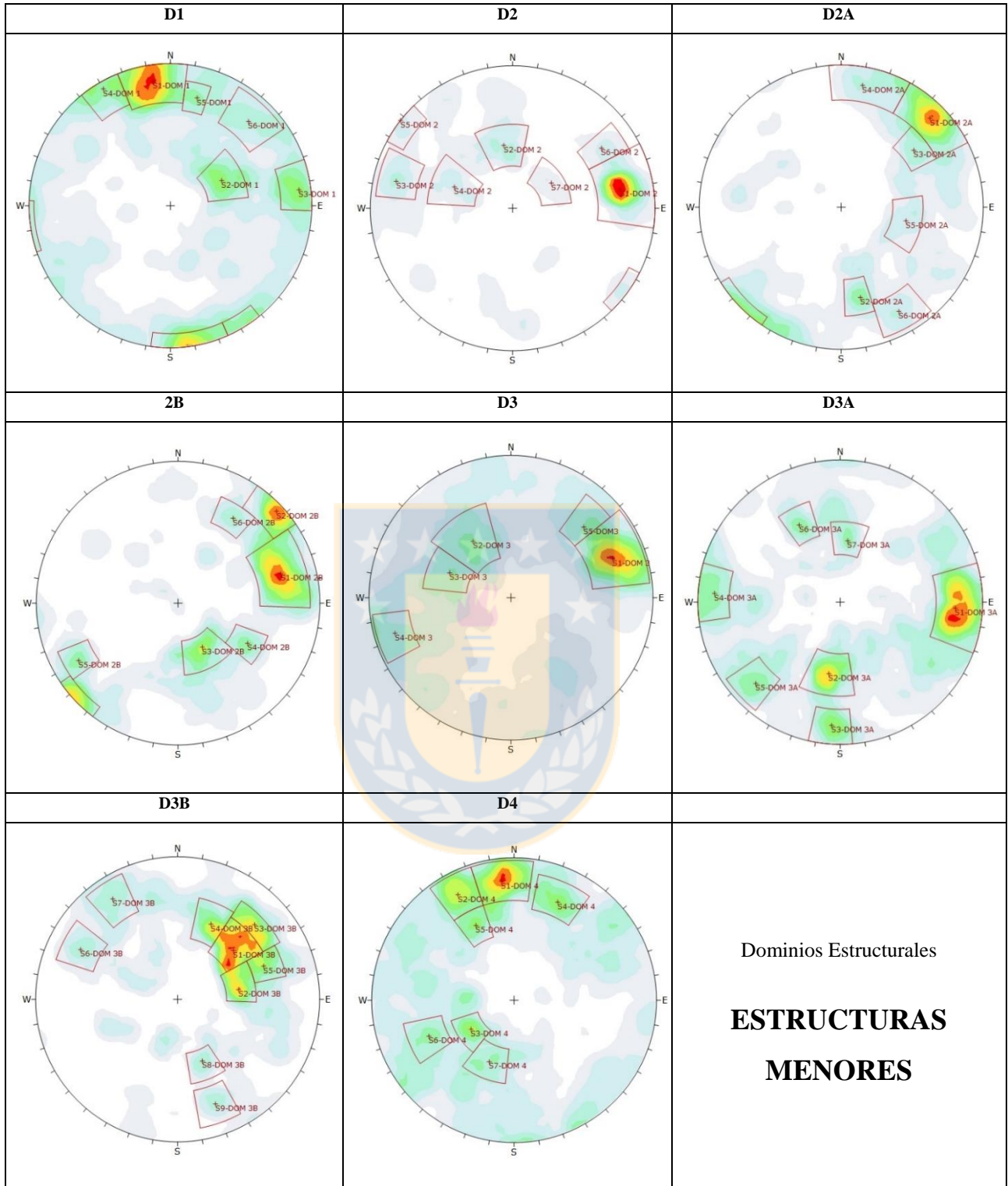
- ❖ Se realiza una revisión de estructuras menores reconocidas en la Base de Datos 2014.
- ❖ A partir de la información de Dip y Dip Direction de los sistemas de discontinuidades menores se realiza una representación estereográfica y se definen los sistemas para cada Dominio.
- ❖ Establecidos los sistemas de discontinuidades a partir del procesamiento de información suministrada en la Base de Datos del año 2014, se determinaron mediante un análisis estadístico las características de dichos sistemas como: el manteo, la dirección de manteo y la longitud media de los sistemas.

**Tabla 1:** Sistema Discontinuidades Menores Definidos el año 2014

Dominio	Sistema	Dip		Dipdir		<L> [m]
		media [°]	desv est [m]	media [°]	desv est [m]	
<b>1</b>	JS1-Dom1	83	5	172	5	10.0
	JS2-Dom1	44	7	244	15	7.7
	JS3-Dom1	85	5	263	5	10.9
	JS4-Dom1	87	5	150	8	13.0
	JS5-Dom1	76	5	194	7	9.9
	JS6-Dom1	78	5	223	9	10.7
<b>2</b>	JS1-Dom2	75	5	260	5	11.4
	JS2-Dom2	47	6	173	9	6.6
	JS3-Dom2	80	5	103	5	13.7
	JS4-Dom2	47	9	110	7	8.0
	JS5-Dom2	90	5	127	5	2.5
	JS6-Dom2	76	5	237	5	14.8
	JS7-Dom2	36	5	238	15	9.0
<b>2A</b>	JS1-Dom2A	84	5	224	9	13.4
	JS2-Dom2A	66	5	348	5	8.3
	JS3-Dom2A	66	5	232	5	13.1
	JS4-Dom2A	83	5	189	6	9.9
	JS5-Dom2A	50	7	282	10	6.8
	JS6-Dom2A	80	5	331	5	10.4
<b>2B</b>	JS1-Dom2B	74	6	254	10	11.7
	JS2-Dom2B	87	5	227	5	14.1
	JS3-Dom2B	40	5	330	14	7.9
	JS4-Dom2B	59	5	301	5	10.3
	JS5-Dom2B	78	5	60	5	11.6
	JS6-Dom2B	71	5	213	5	11.8
<b>3</b>	JS1-Dom3	75	8	249	8	13.3
	JS2-Dom3	52	10	146	11	7.1
	JS3-Dom3	50	8	112	8	7.2
	JS4-Dom3	81	5	73	5	10.0
	JS5-Dom3	71	8	226	5	13.5
<b>3A</b>	JS1-Dom3A	79	5	273	9	12.0
	JS2-Dom3A	54	7	9	8	7.4
	JS3-Dom3A	82	5	4	5	8.3
	JS4-Dom3A	83	5	94	7	8.0
	JS5-Dom3A	79	5	46	5	15.7
	JS6-Dom3A	63	5	152	5	5.8
	JS7-Dom3A	48	5	187	5	7.0
<b>3B</b>	JS1-Dom3B	55	8	230	7	13.7
	JS2-Dom3B	47	5	260	7	12.0
	JS3-Dom3B	74	5	226	9	13.1
	JS4-Dom3B	60	6	204	6	11.9
	JS5-Dom3B	66	6	249	5	13.9
	JS6-Dom3B	75	5	117	6	8.9
	JS7-Dom3B	80	6	147	5	11.0
	JS8-Dom3B	50	5	338	6	7.1
	JS9-Dom3B	76	5	340	5	4.8
<b>4</b>	JS1-Dom4	81	5	173	15	11.1
	JS2-Dom4	80	5	152	5	11.0
	JS3-Dom4	40	6	55	10	6.4
	JS4-Dom4	74	5	204	6	7.5
	JS5-Dom4	61	5	153	5	11.1
	JS6-Dom4	66	7	67	5	11.5
	JS7-Dom4	51	7	22	9	9.4



**Figura 1:** Redes estereográficas de discontinuidades menores en cada dominio estructural.



**Figura 2:** Redes estereográficas de discontinuidades menores en cada dominio estructural agrupadas en ventanas.

## b) Identificación de Potenciales Mecanismo de Inestabilidad

A partir de los sistemas de discontinuidades menores presentes en cada dominio estructural, y la orientación de las paredes, se identificaron los potenciales mecanismos de inestabilidad a escala de banco en el diseño del rajo final (Fase 14) (Figuras 4 a 24).

Dados los sistemas de discontinuidades menores y las orientaciones de los taludes principales, se identificaron los potenciales mecanismos de inestabilidad que pudiesen controlar la geometría de los bancos (Cuña o Falla Plana). A continuación, se presenta la metodología definida para identificar los mecanismos de inestabilidad, de acuerdo a las características de los sistemas y orientación de los taludes.

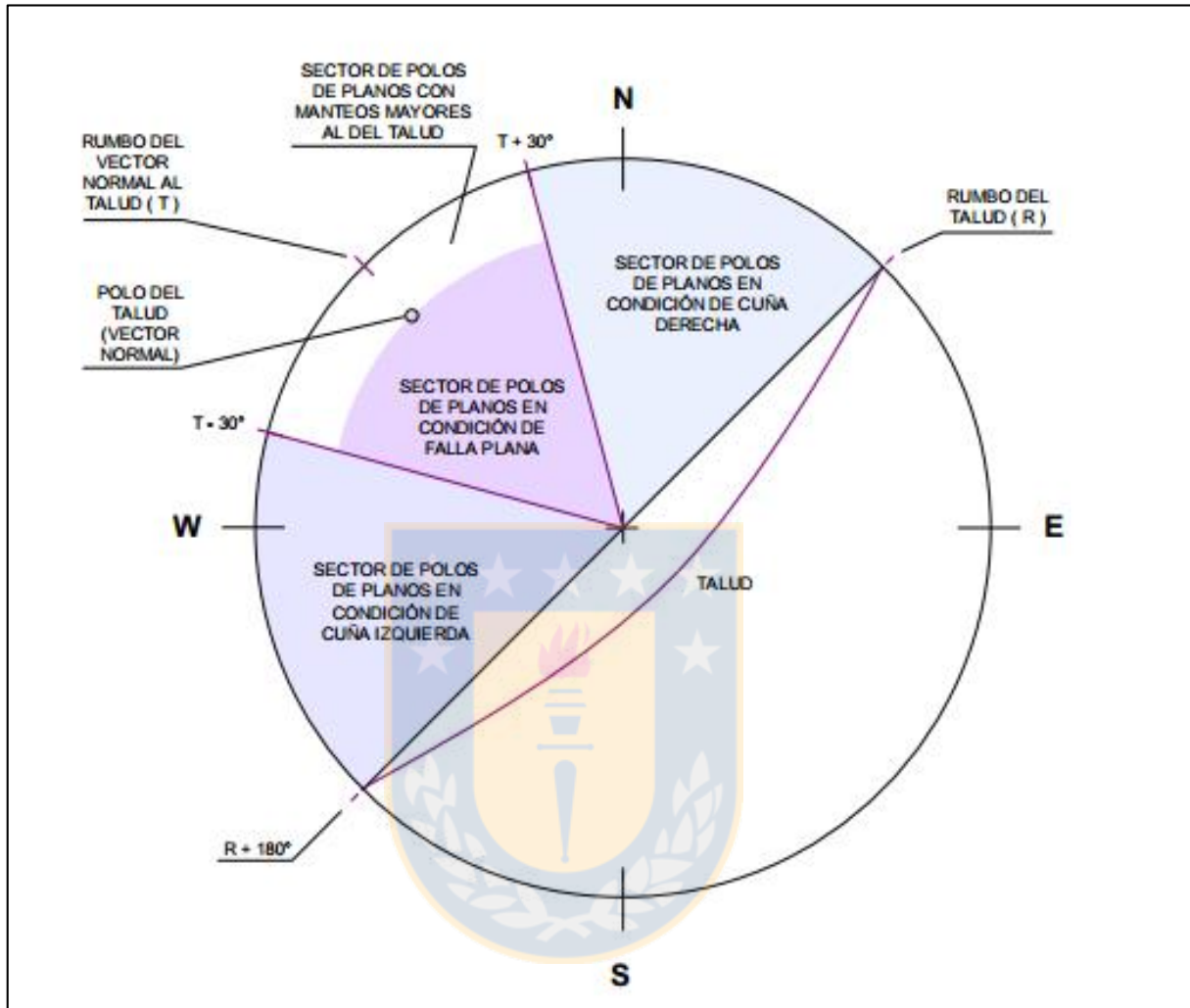
Para Mina La Alumbraera se identificaron como potenciales mecanismos de inestabilidad, la configuración de uno o más sistemas de discontinuidades menores que generen las siguientes geometrías respecto al talud:

- Un plano está en condición de falla plana respecto a un talud, si su polo se encuentra en la región comprendida entre  $T-30^\circ$  y  $T+30^\circ$ ; siendo T el rumbo del vector normal al talud. Además, se debe cumplir que el manteo del plano sea menor que el manteo del talud.
- Para la formación de una cuña, como potencial mecanismo de inestabilidad, son necesarios un plano en condición de cuña derecha y otro en condición de cuña izquierda. Además, se requiere que la inclinación (buzamiento) del vector intersección sea menor que el manteo del talud. Siendo T el rumbo del vector normal al talud y R el rumbo del talud, tenemos que un plano está en condición de cuña derecha respecto a un talud, si su polo se encuentra en la región comprendida entre  $T+30^\circ$  y R.

A su vez, un plano está en condición de cuña izquierda respecto a un talud, si su polo se encuentra en la región comprendido entre  $R+180^\circ$  y  $T-30^\circ$ .



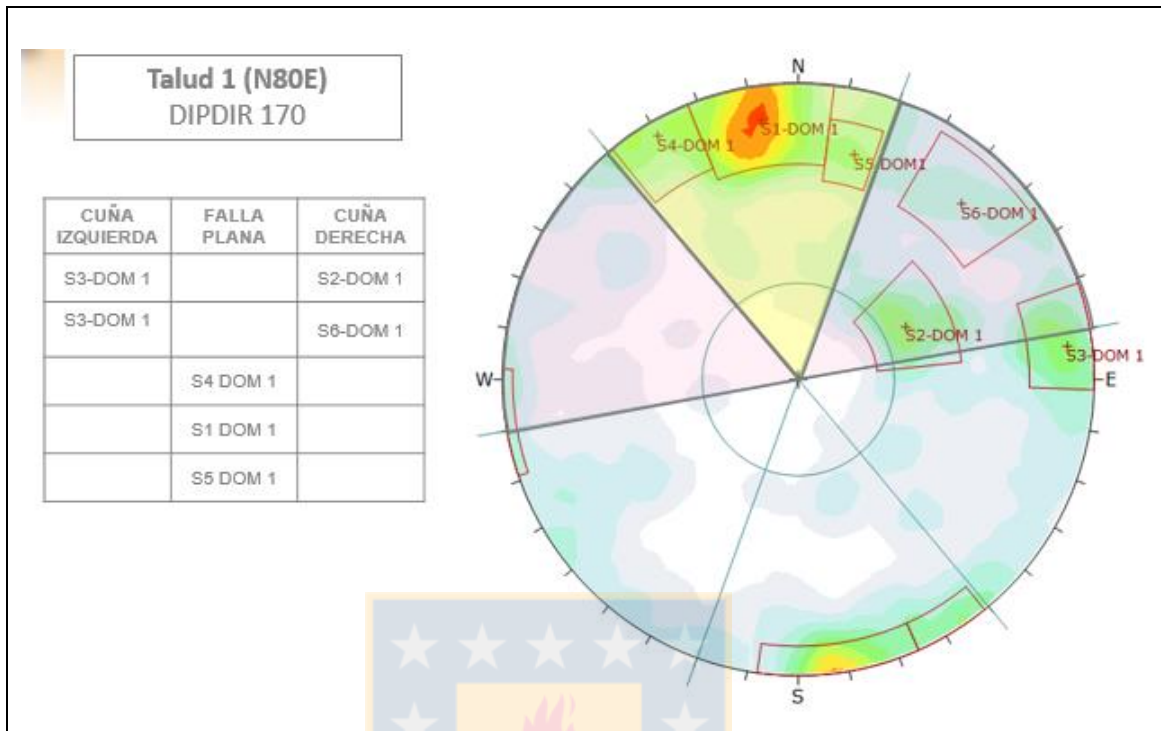
En Figura 3 se representa en una red estereográfica el criterio para definir cuándo un sistema de estructuras (o una estructura) está en condición de falla plana, cuña derecha o cuña izquierda.



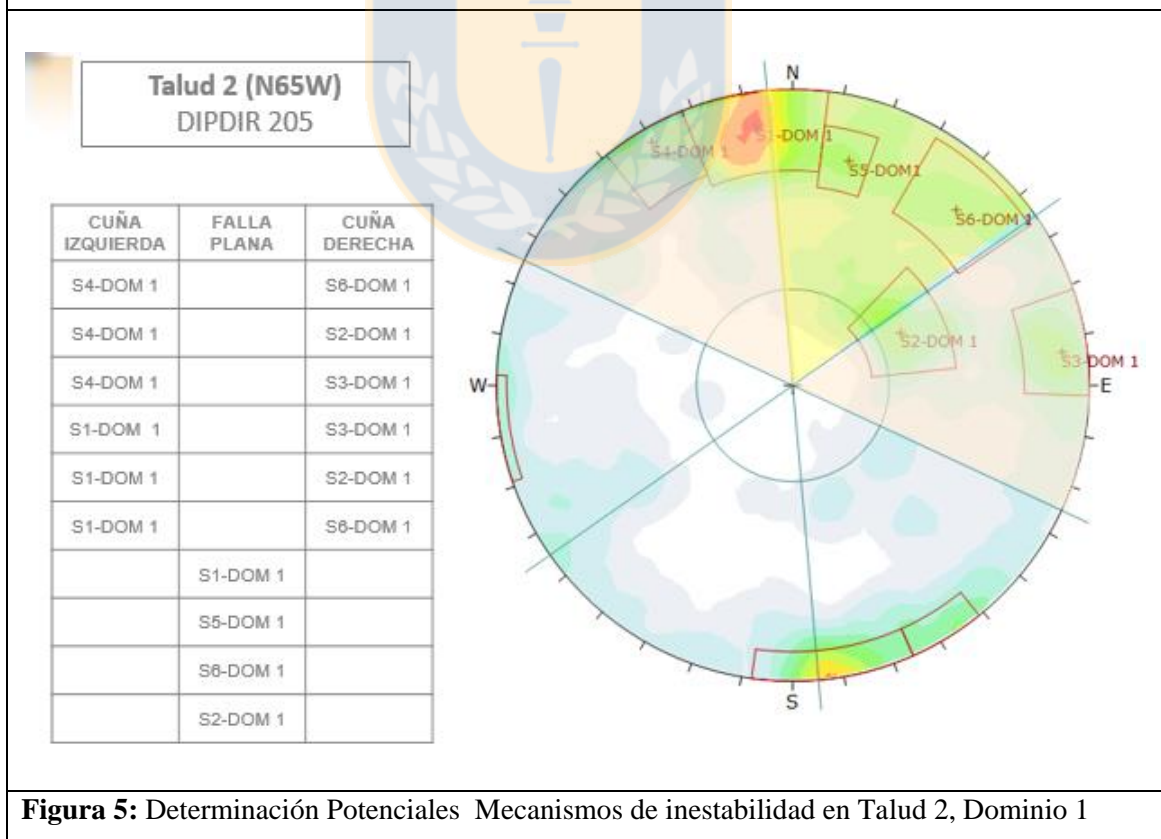
**Figura 3:** Metodología usada para la determinación de potenciales mecanismo de inestabilidad del tipo falla plana y cuña mediante uso de la red estéreo-



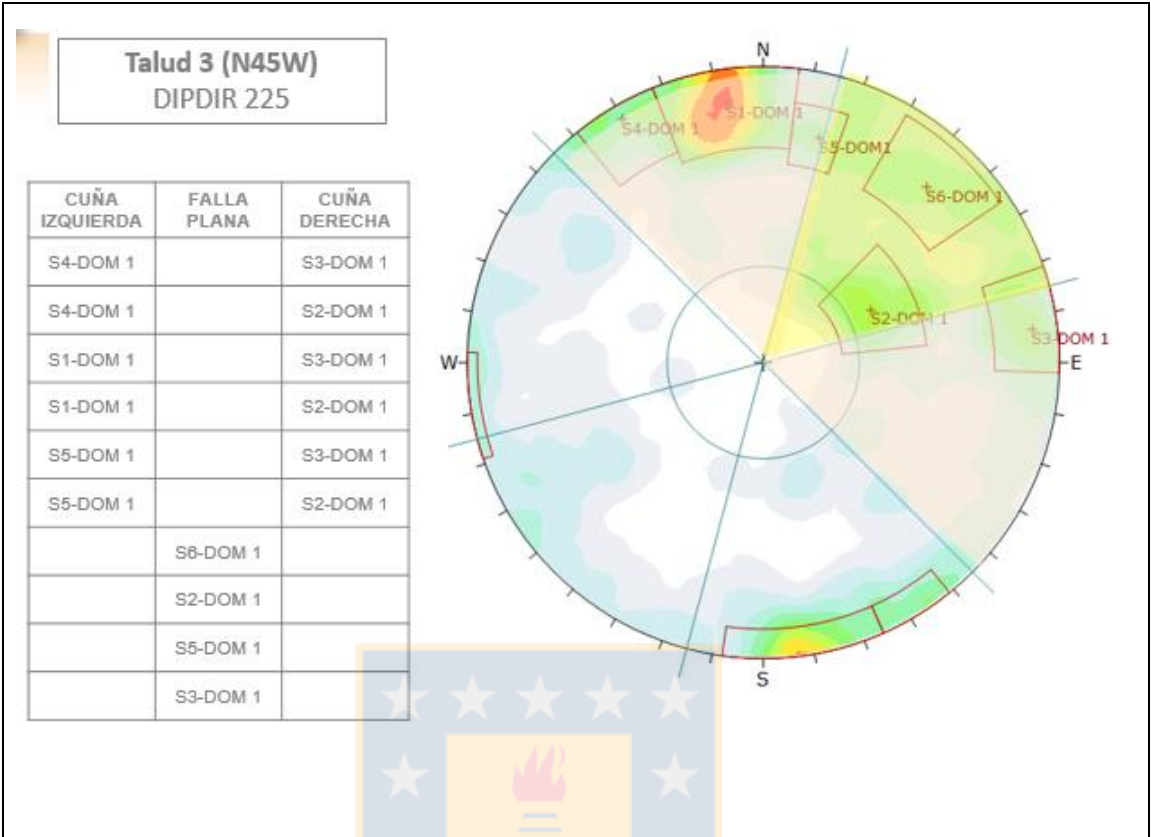
**ANÁLISIS MECANISMOS DE INESTABILIDAD EN FASE 14**



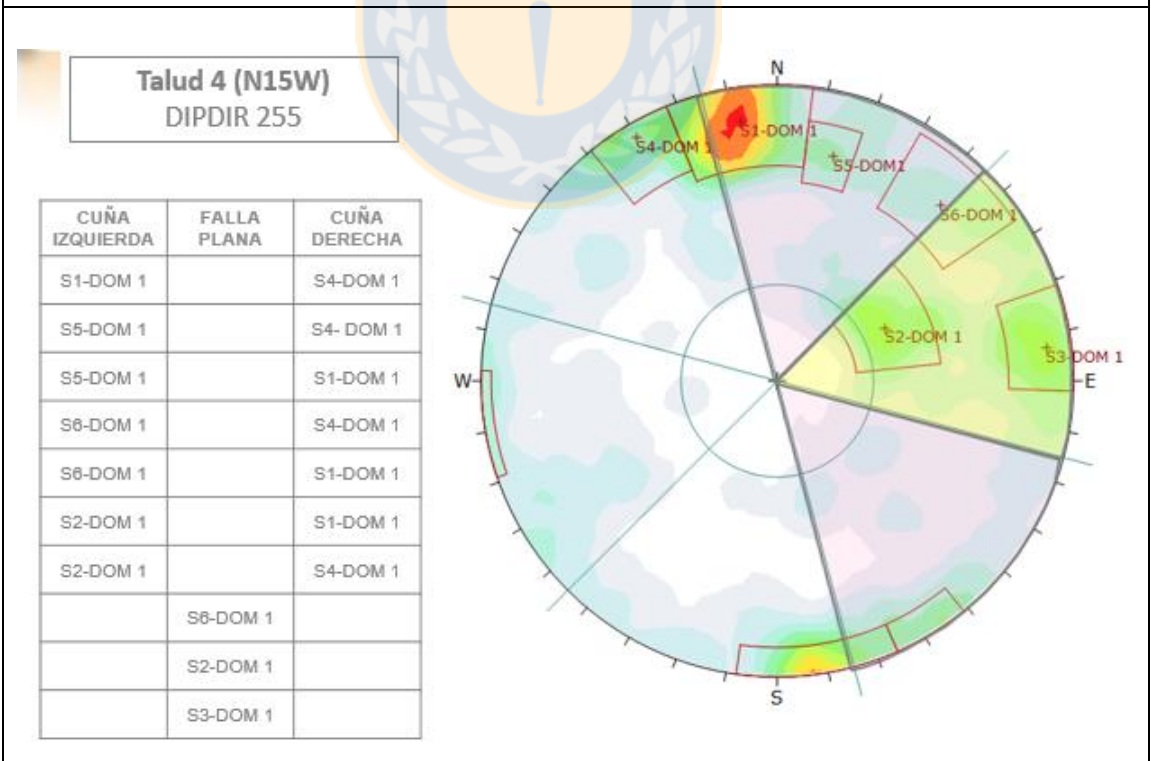
**Figura 4:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 1, Dominio 1



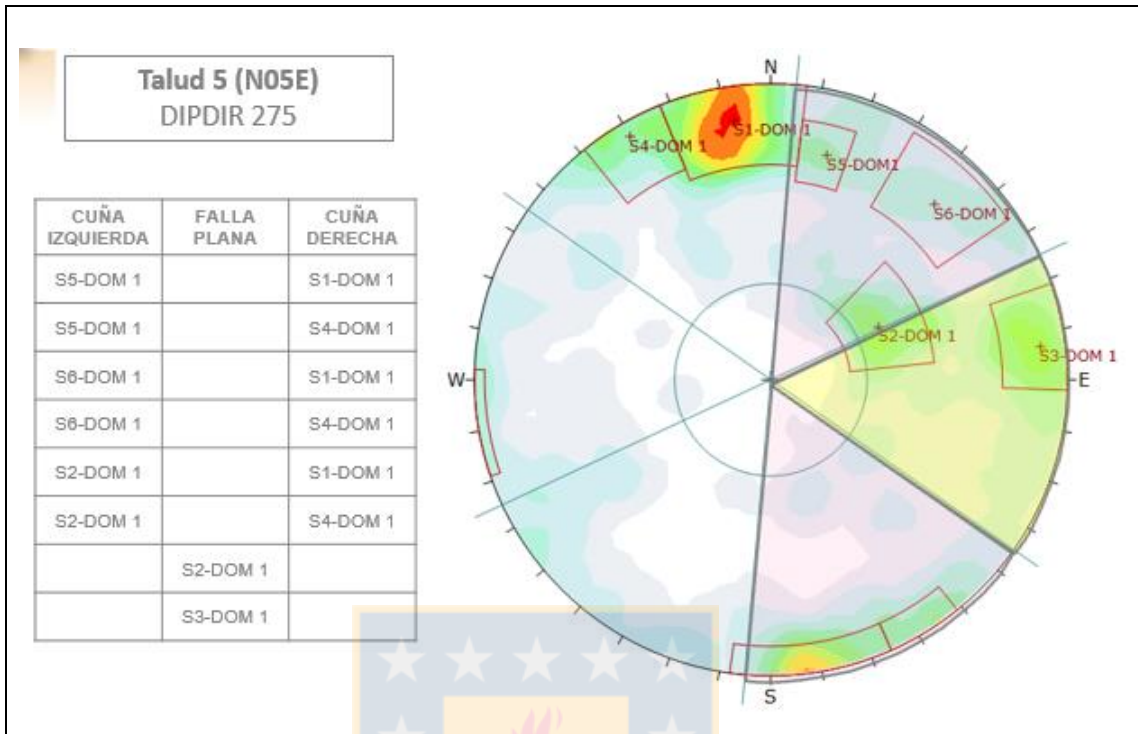
**Figura 5:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 2, Dominio 1



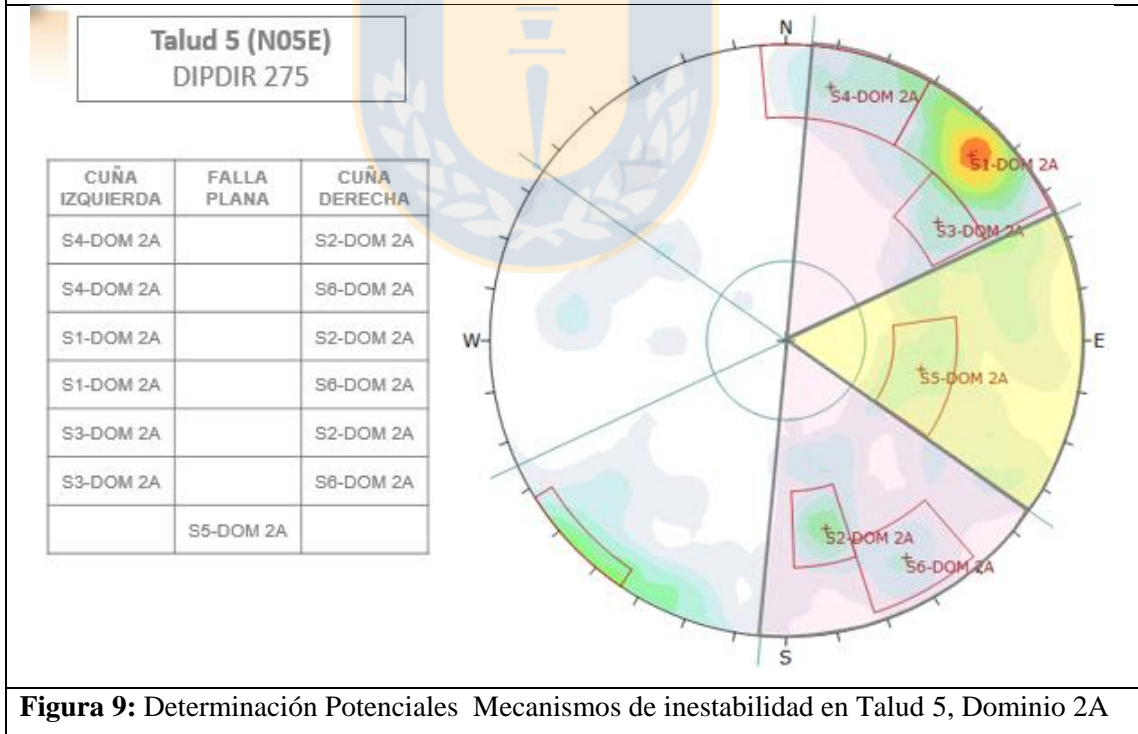
**Figura 6:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 3, Dominio 1



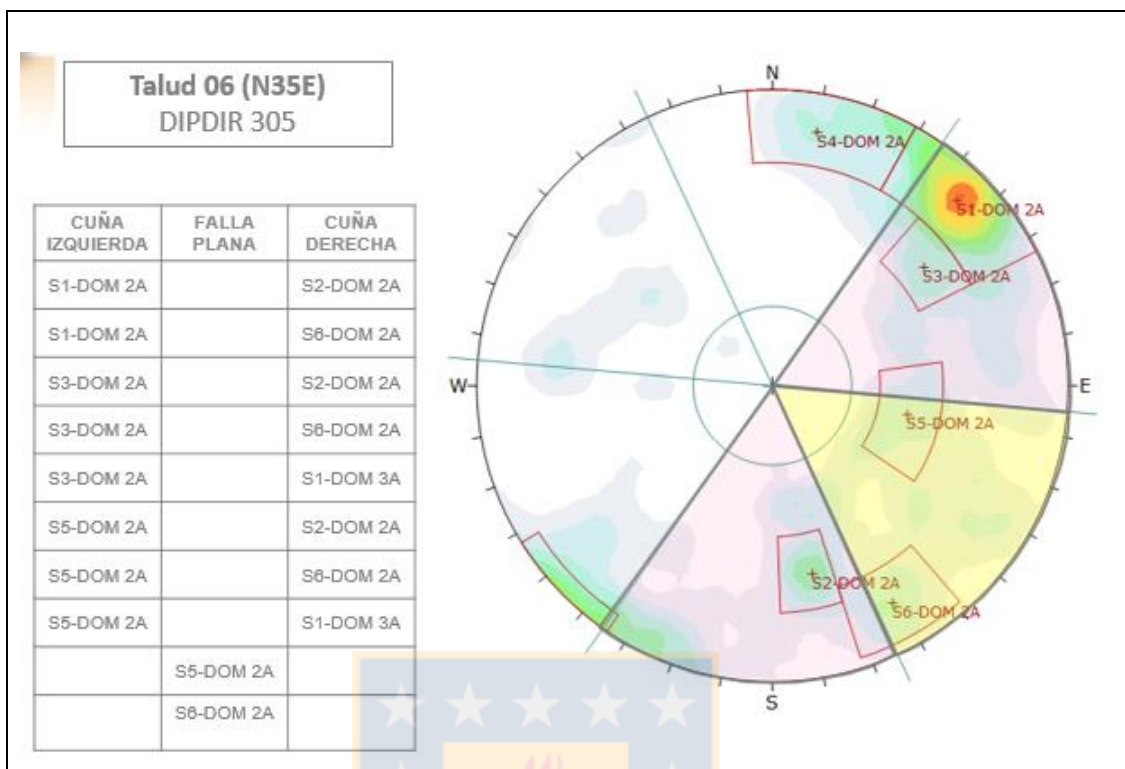
**Figura 7:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 4, Dominio 1



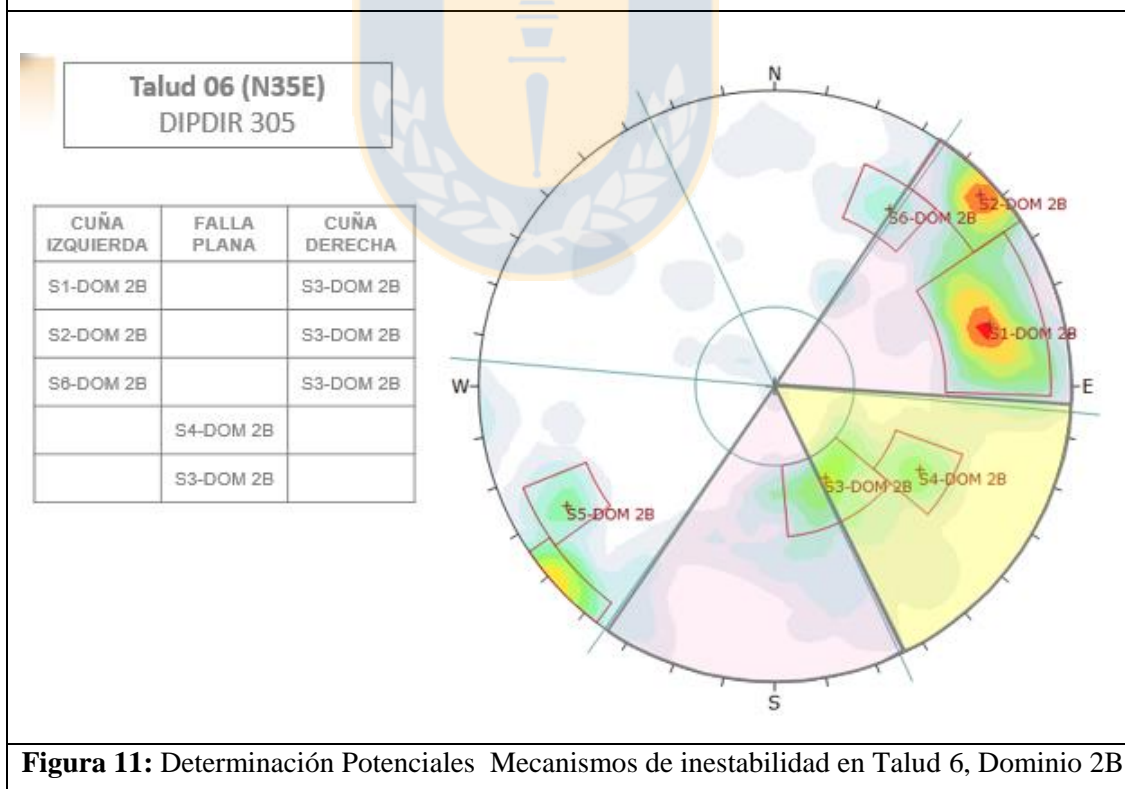
**Figura 8:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 5, Dominio 1



**Figura 9:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 5, Dominio 2A

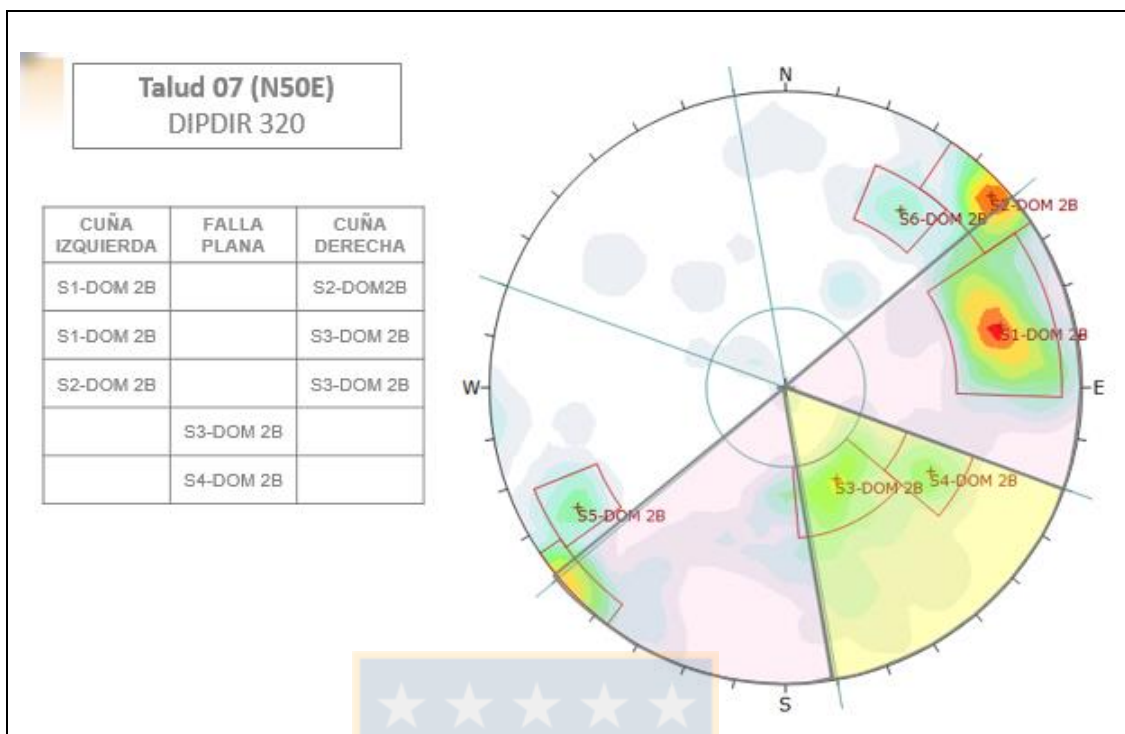


**Figura 10:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 6, Dominio 2A

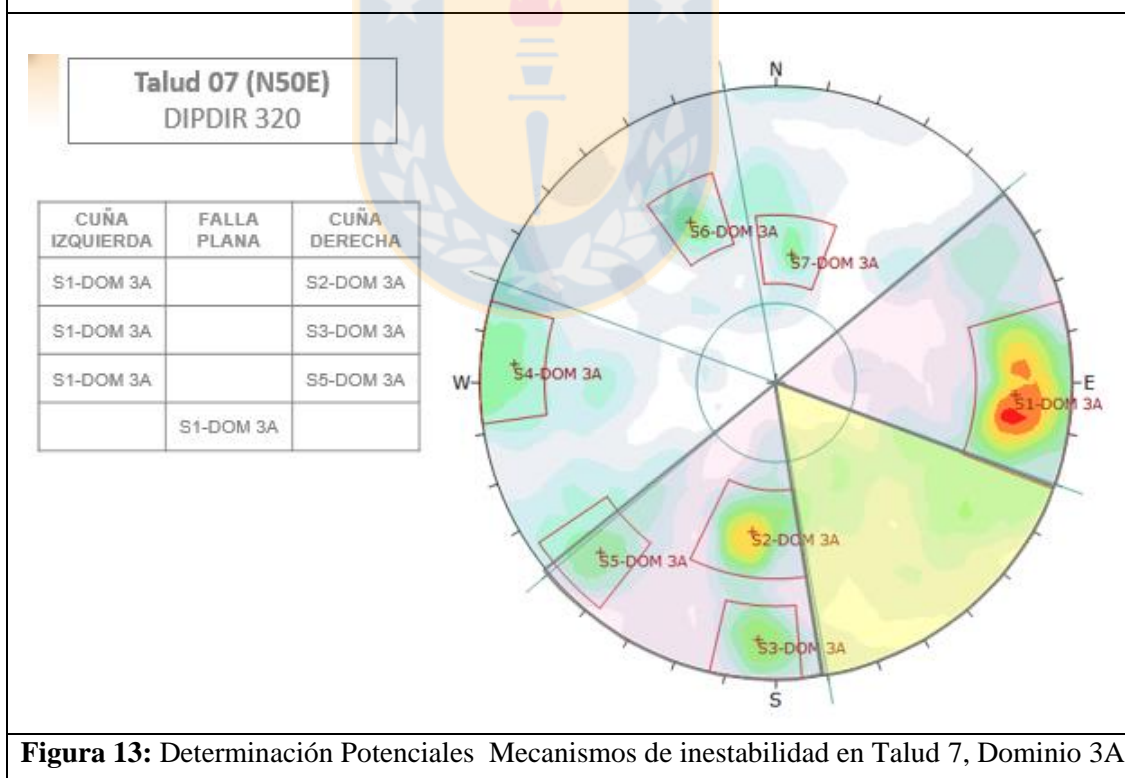


**Figura 11:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 6, Dominio 2B

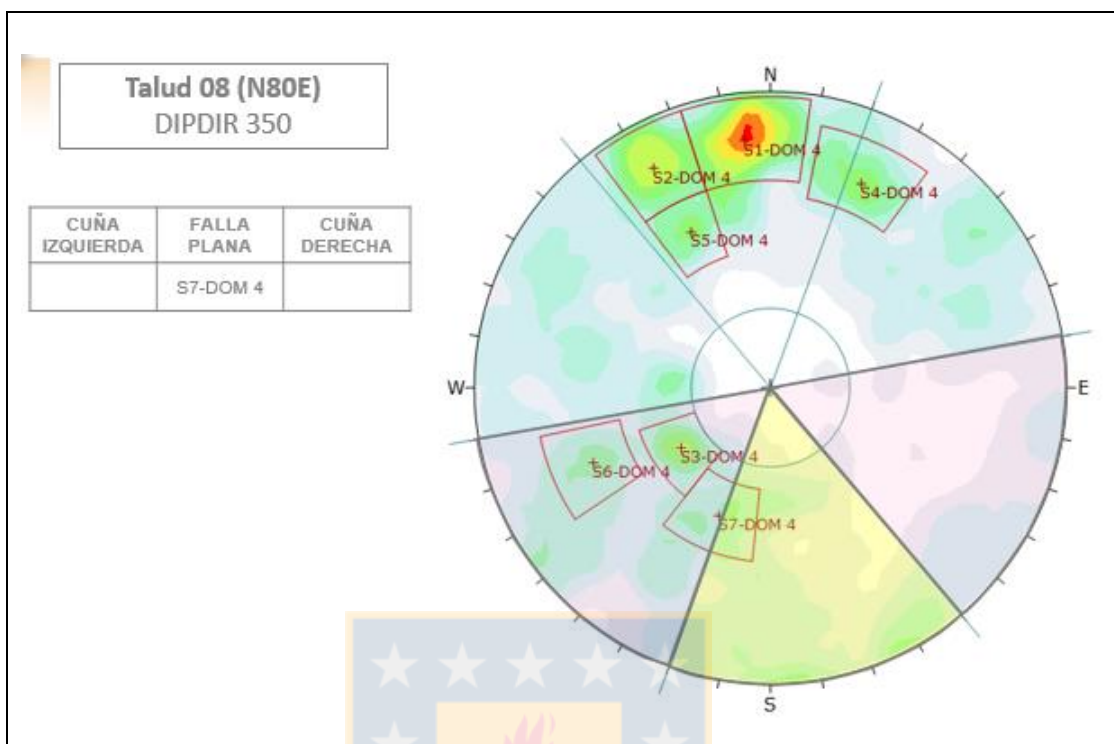




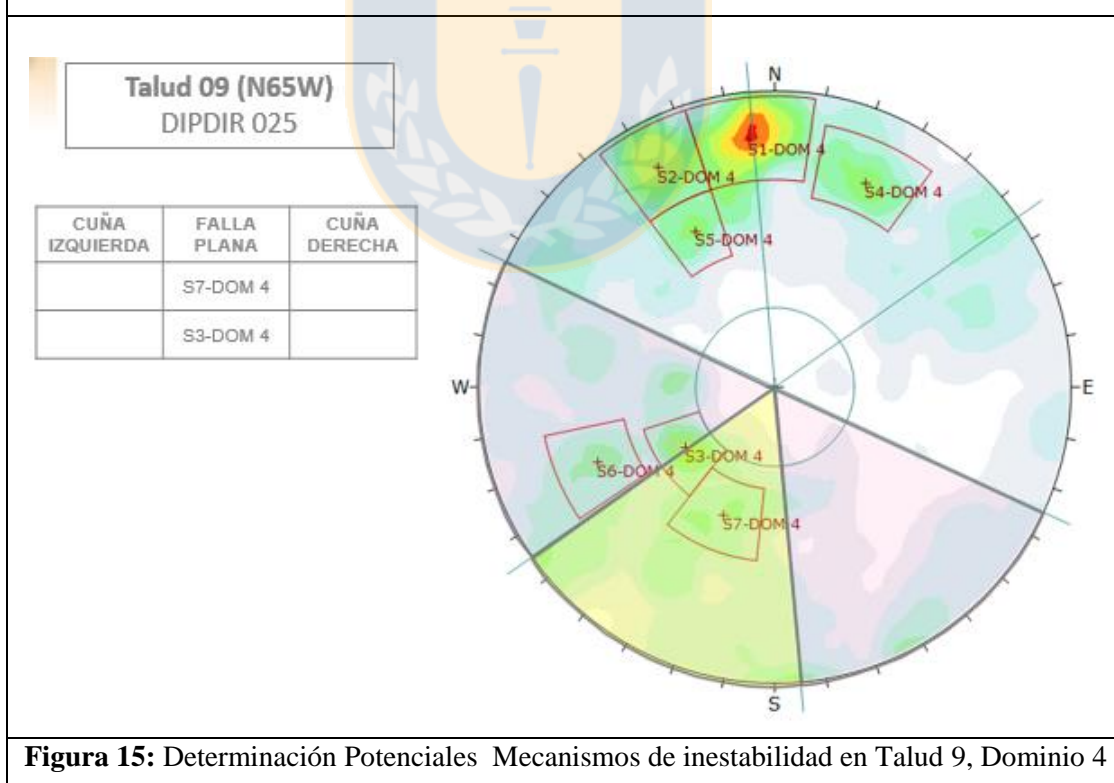
**Figura 12:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 7, Dominio 2B



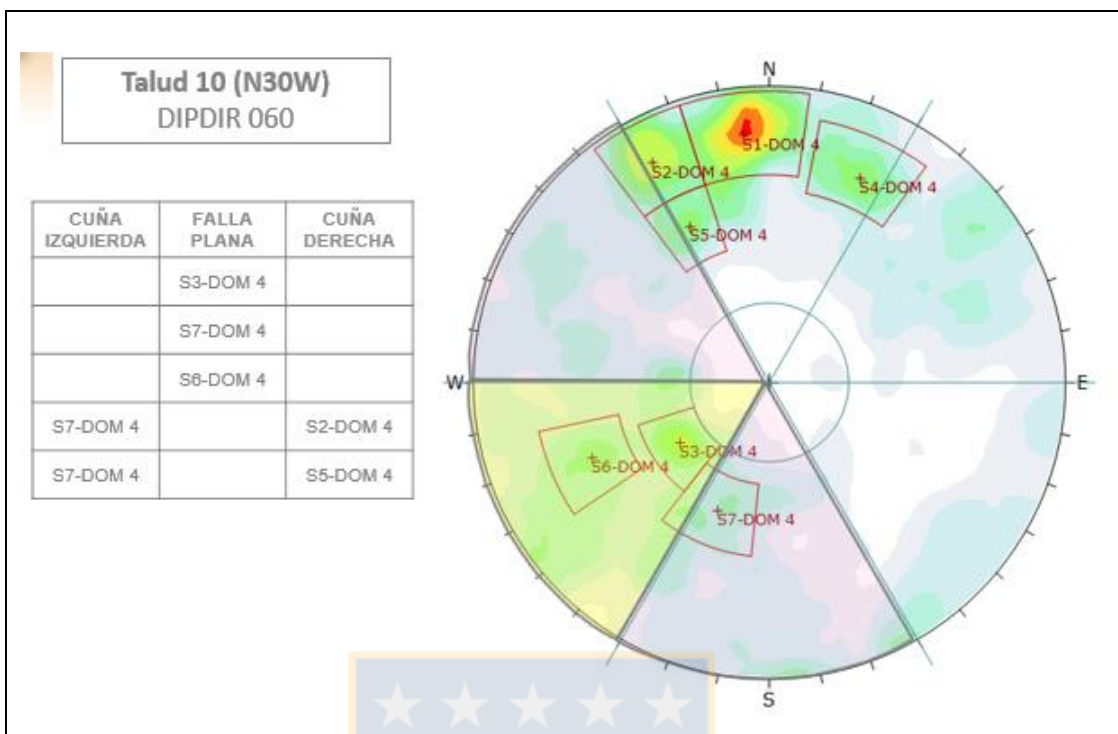
**Figura 13:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 7, Dominio 3A



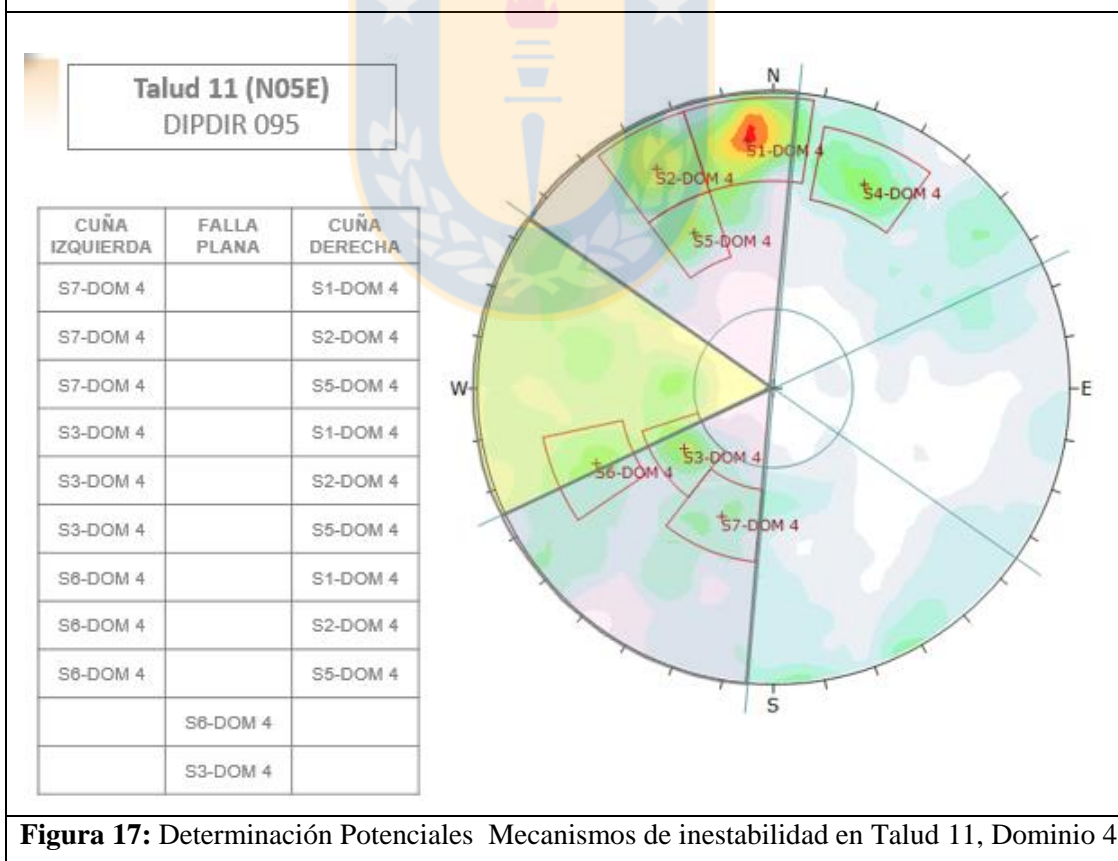
**Figura 14:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 8, Dominio 4



**Figura 15:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 9, Dominio 4

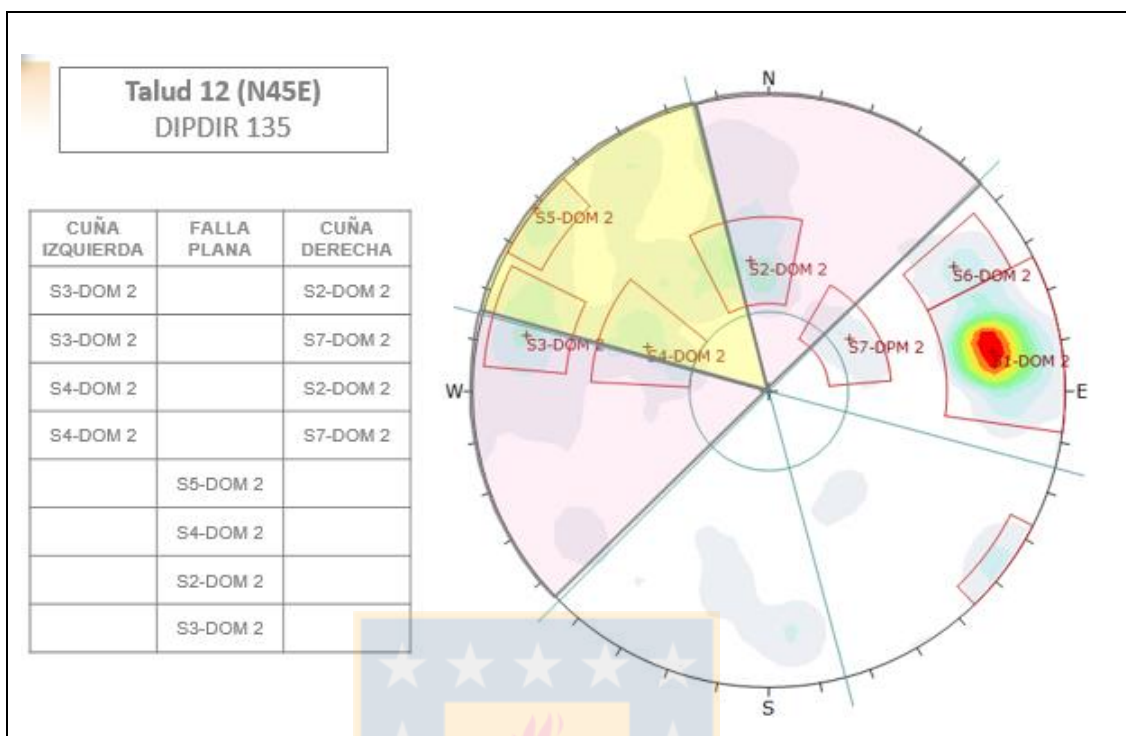


**Figura 16:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 10, Dominio 4

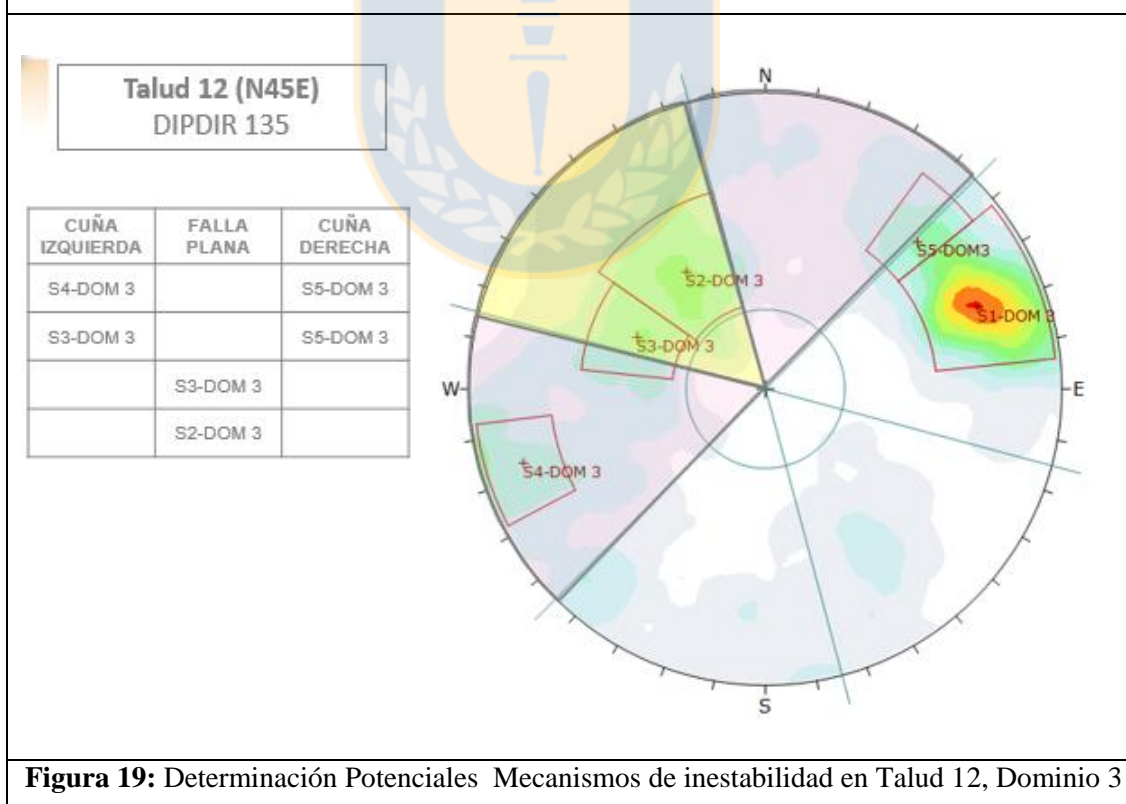


**Figura 17:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 11, Dominio 4

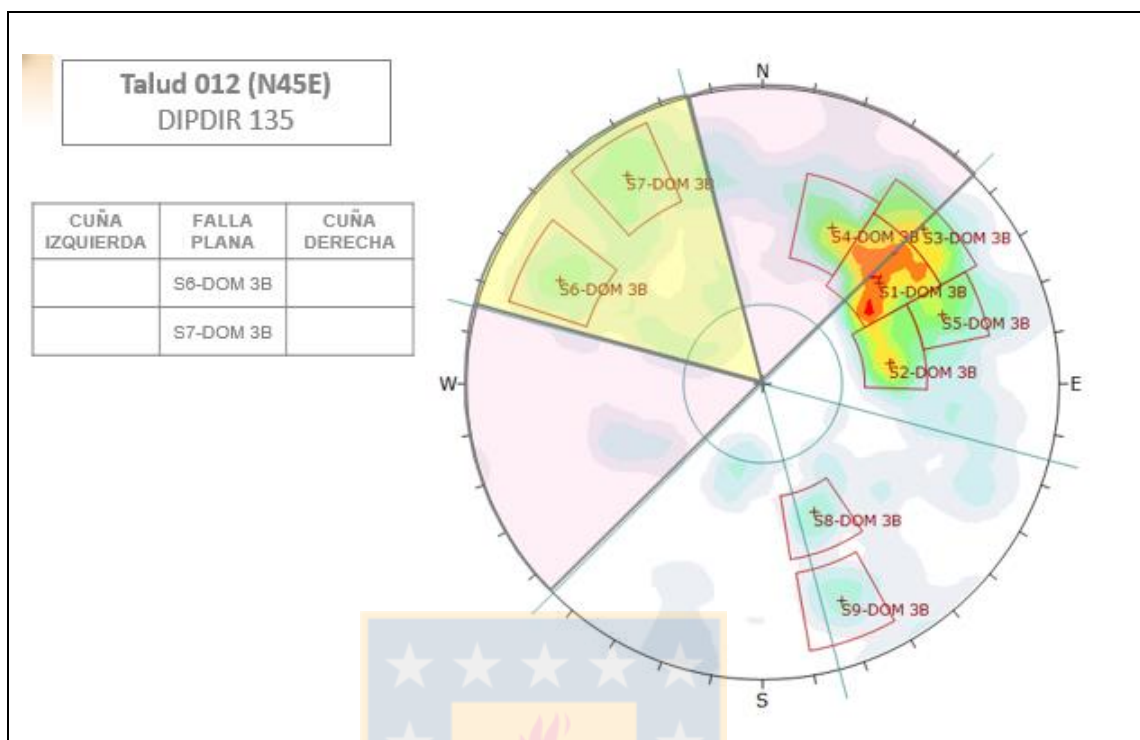




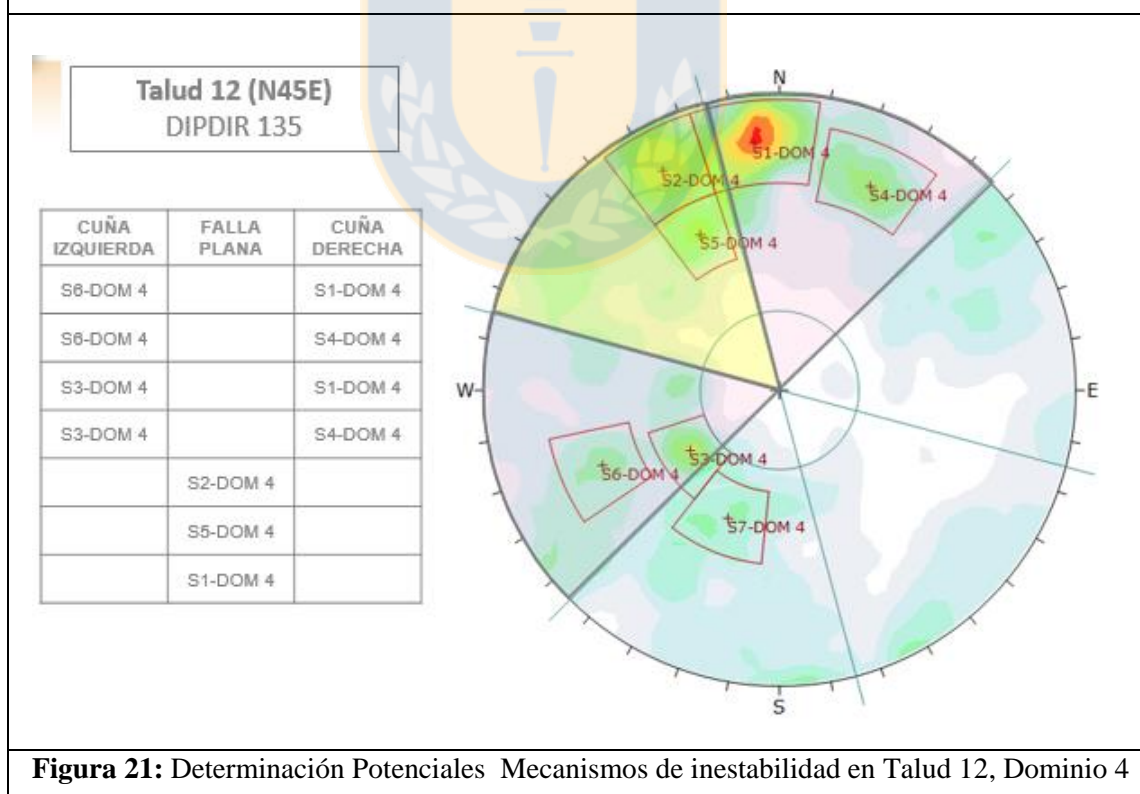
**Figura 18:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 12, Dominio 2



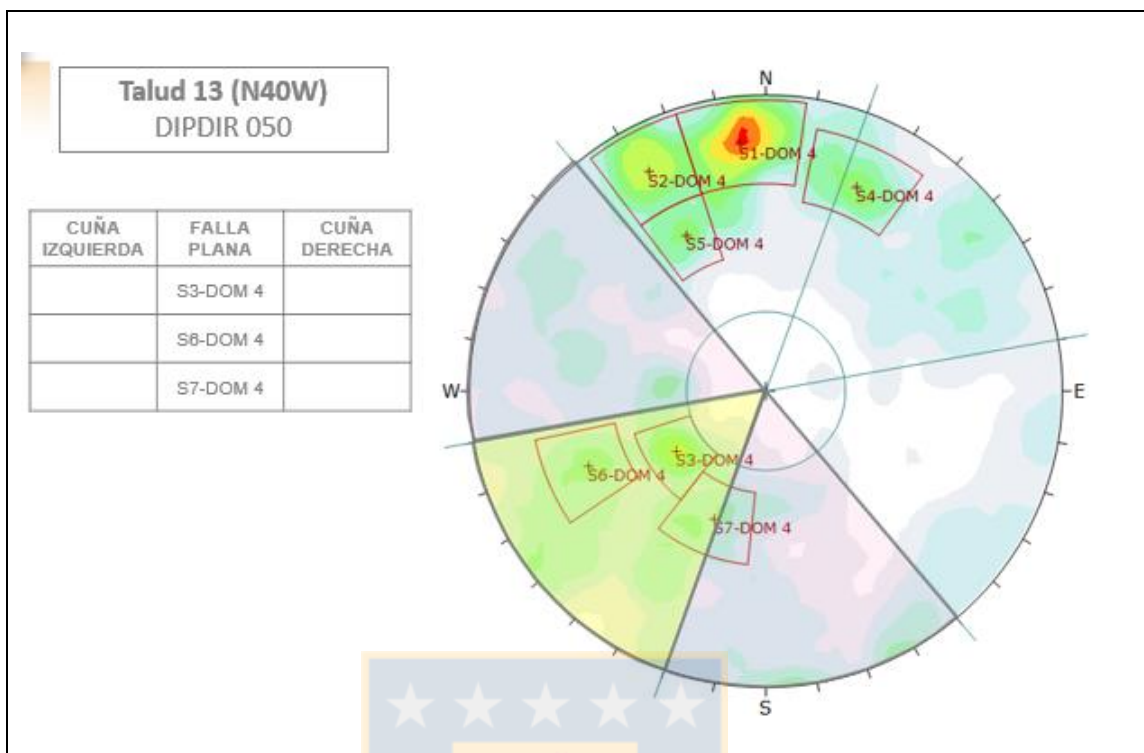
**Figura 19:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 12, Dominio 3



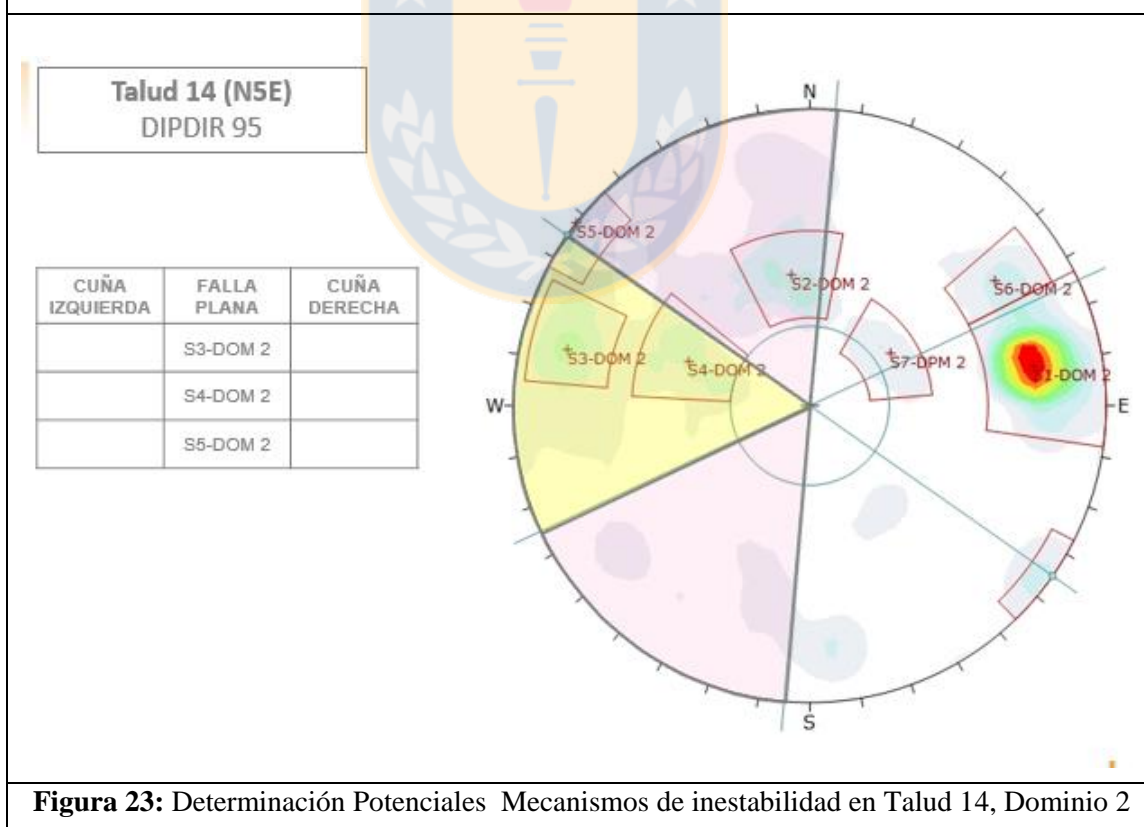
**Figura 20:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 12, Dominio 3B



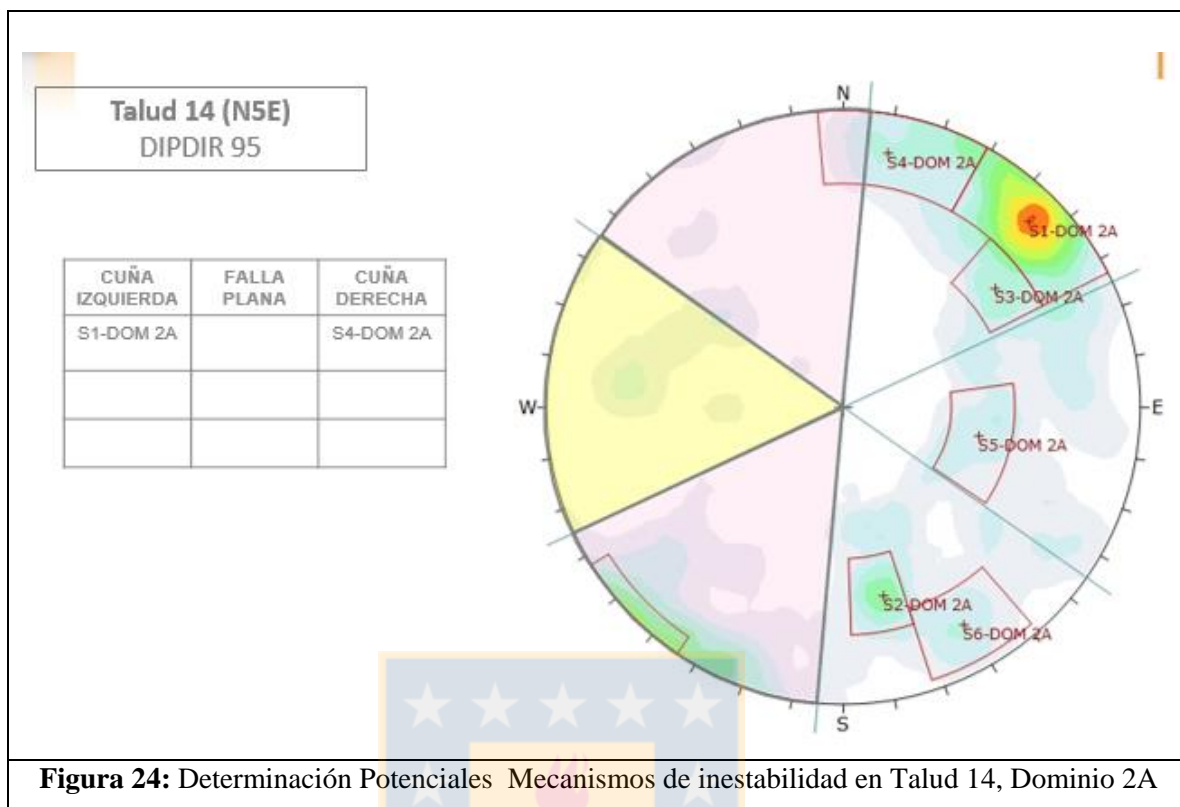
**Figura 21:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 12, Dominio 4



**Figura 22:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 13, Dominio 4



**Figura 23:** Determinación Potenciales Mecanismos de inestabilidad en Talud 14, Dominio 2



## ANEXO N°2

### – Comparación de los Dominios Estructurales 2010-2014

La revisión de la base de datos de discontinuidades menores indica en general un aumento de las celdas en las base de datos, lo cual ha motivado la revisión de los sistemas o familias de cada uno de los dominios estructurales.

La comparación de los dominios estructurales se realizó de acuerdo a la siguiente metodología.

- ❖ Se realiza una revisión de los sistemas de discontinuidades menores reconocidas en la Base de Datos 2014.
- ❖ A partir de la información de Dip y Dip Direction de los sistemas de discontinuidades menores se realiza una representación estereográfica y se definen los sistemas para cada Dominio. No se reconocen cambios lo suficientemente severos que determinen la redefinición de un dominio estructural, sino que se ha generado una redefinición de la importancia de algunos sistemas, así como también la presencia de algunos sistemas secundarios nuevos.
- ❖ Se realizó una comparación de las familias de los dominios estructurales definidos con la base de datos del año 2010 y la familias definidas con las base de datos años 2014.

En la Tabla 1 se muestra la comparación de las familias de los dominios estructurales. En las Figuras 1 a 8, se muestra el detalle de las representaciones estereográficas de los dominios estructurales para las bases de datos de los años 2010 y 2014 y se realiza una comparación.

**Tabla 1: Comparación de Sistemas Estructurales Menores 2010 – 2014.**

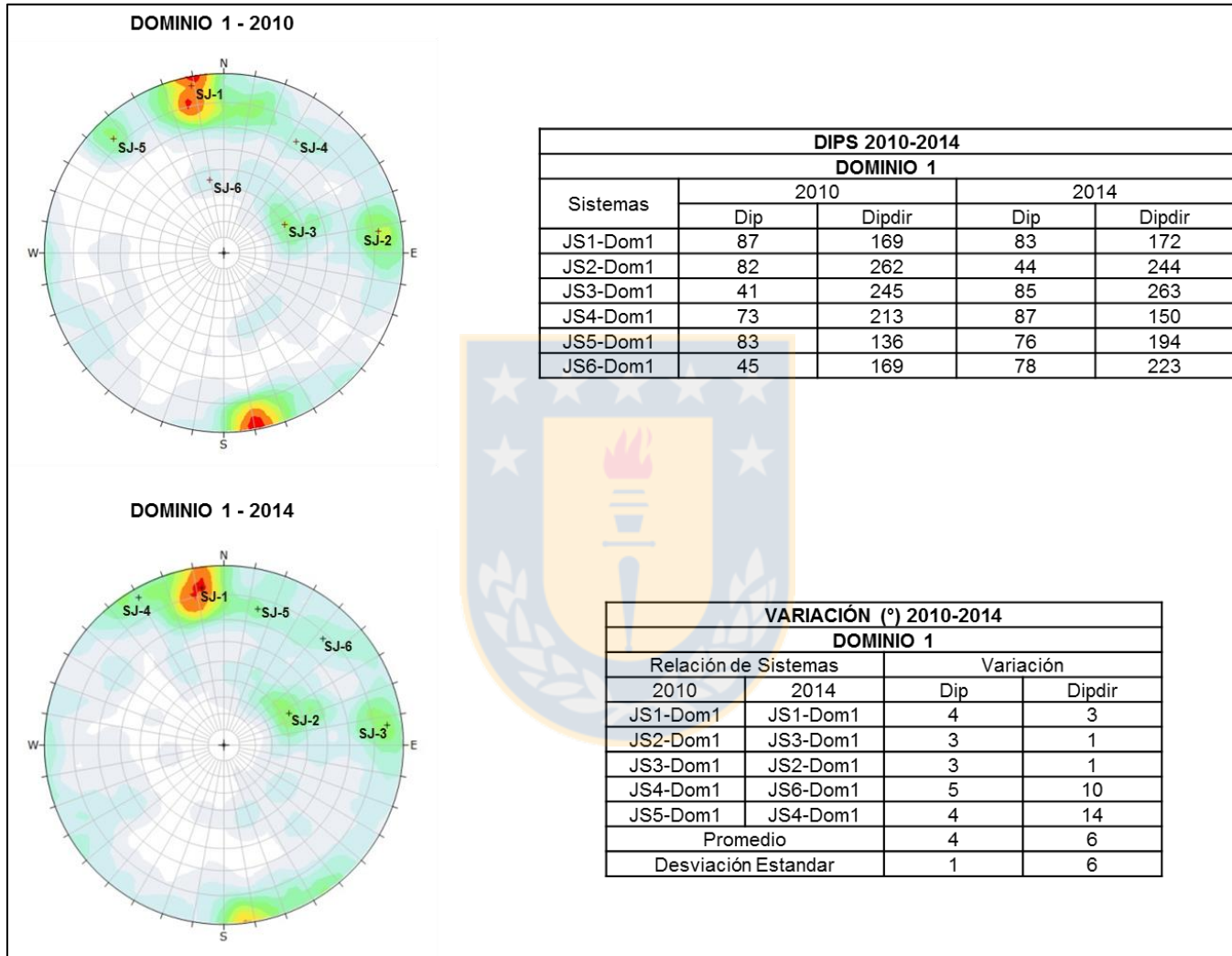
Dominio	Sistema	2010		Sistema	2014		variacion		Observaciones
		Dip	Dipdir		Dip	Dipdir	Dip	Dipdir	
1	JS1-Dom1	87	169	JS1-Dom1	83	172	4	3	1) La variación promedio en el dip es 4 2) La variación promedio en el dipdir es 6 3) Este dominio no presenta una variación significativa en el Dip/Dipdir entre los años 2010 y 2014 4) Se identifica un nuevo sistema JS5-Dom 1 5) Desaparece un sistema JS6- Dom1
	JS2-Dom1	82	262	JS3-Dom1	85	263	3	1	
	JS3-Dom1	41	245	JS2-Dom1	44	244	3	1	
	JS4-Dom1	73	213	JS6-Dom1	78	223	5	10	
	JS5-Dom1	83	136	JS4-Dom1	87	150	4	14	
	JS6-Dom1	45	169						
				JS5-Dom1	76	194			
	Promedio					4	6		
	Desvest					1	6		
2	JS1-Dom2	88	125	JS5-Dom2	90	127	2	2	1) La variación promedio en el Dip es 4 2) La variación promedio en el Dipdir es 3 3) Este dominio no presenta una variación significativa en el Dip/Dipdir entre los años 2010 y 2014 4) Se identifica dos nuevos sistemas JS4-Dom 2 y JS6 DOM 2 5) Desaparecen dos sistema JS6-Dom 2 y JS5-DOM2
	JS2-Dom2	52	178	JS2-Dom2	47	173	5	5	
	JS3-Dom2	33	238	JS7-Dom2	36	238	3	0	
	JS4-Dom2	80	260	JS1-Dom2	75	260	5	0	
	JS5-Dom2	77	53						
	JS6-Dom2	77	177						
	JS7-Dom2	83	97	JS3-Dom2	80	103	3	6	
				JS4-Dom2	47	110			
			JS6-Dom2	76	237				
	Promedio					4	3		
	Desvest					1	3		
2A	JS1-Dom2A	83	224	JS1-Dom2A	84	224	1	0	1) La variación promedio en el dip es 3 2) La variación promedio en el dipdir es 2 3) Este dominio no presenta una variación significativa en el Dip/Dipdir entre los años 2010 y 2014 4) Se identifican dos nuevos sistemas JS4-Dom 2 JS6 DOM 2 5) Desaparece un sistema JS3- Dom 2A
	JS2-Dom2A	64	231	JS3-Dom2A	66	232	2	1	
	JS3-Dom2A	81	291						
	JS4-Dom2A	46	286	JS5-Dom2A	50	282	4	4	
	JS5-Dom2A	65	347	JS2-Dom2A	66	348	4	4	
				JS4-Dom2A	83	189			
				JS6-Dom2A	80	331			
	Promedio					3	2		
	Desvest					2	2		
2B	JS1-Dom2B	74	257	JS1-Dom2B	74	254	0	3	1) La variación promedio en el dip es 4 2) La variación promedio en el dipdir es 3 3) Este dominio no presenta una variación significativa en el Dip/Dipdir entre los años 2010 y 2014 4) Se identifica dos nuevos sistema JS2-Dom 2B y JS6 DOM 2B 5) Desaparecen 3 sistemas JS4- Dom 2B, JS5 DOM2B y JS7 DOM 2B
	JS2-Dom2B	59	298	JS4-Dom2B	59	301	0	3	
	JS3-Dom2B	80	60	JS5-Dom2B	78	60	0	3	
	JS4-Dom2B	60	70						
	JS5-Dom2B	45	232						
	JS6-Dom2B	25	329	JS3-Dom2B	40	330	15	1	
	JS7-Dom2B	88	32						
				JS6-Dom2B	71	213			
			JS2-Dom2B	87	227				
	Promedio					4	3		
	Desvest					8	1		
3	JS1-Dom3	78	247	JS1-Dom3	75	249	3	2	1) La variación promedio en el dip es 2 2) La variación promedio en el dipdir es 4 3) Este dominio no presenta una variación significativa en el Dip/Dipdir entre los años 2010 y 2014 4) Se identifica dos nuevos sistema JS4-Dom 3 5) Desaparece un sistema JS4-DOM3
	JS2-Dom3	80	66	JS4-Dom3	81	73	1	7	
	JS3-Dom3	51	109	JS3-Dom3	50	112	1	3	
	JS4-Dom3	27	135						
				JS2-Dom3	52	146			
				JS5-Dom3	71	226			
	Promedio					2	4		
	Desvest					1	3		
3A	JS1-Dom3A	78	278	JS1-Dom3A	79	273	1	5	1) La variación promedio en el dip es 2 2) La variación promedio en el dipdir es 3 3) Este dominio no presenta una variación significativa en el Dip/Dipdir entre los años 2010 y 2014 4) Se identifica dos nuevos sistema JS6-Dom 3A JS7 Dom 3A 5) Desaparece una familia JS5- Dom 3A
	JS2-Dom3A	85	89	JS4-Dom3A	83	94	2	5	
	JS3-Dom3A	83	2	JS3-Dom3A	82	4	1	2	
	JS4-Dom3A	57	12	JS2-Dom3A	54	9	3	3	
	JS5-Dom3A	31	9						
	JS6-Dom3A	80	44	JS5-Dom3A	79	46	1	2	
				JS6-Dom3A	63	152			
				JS7-Dom3A	48	187			
	Promedio					2	3		
	Desvest					1	2		

Continuación Tabla 1.

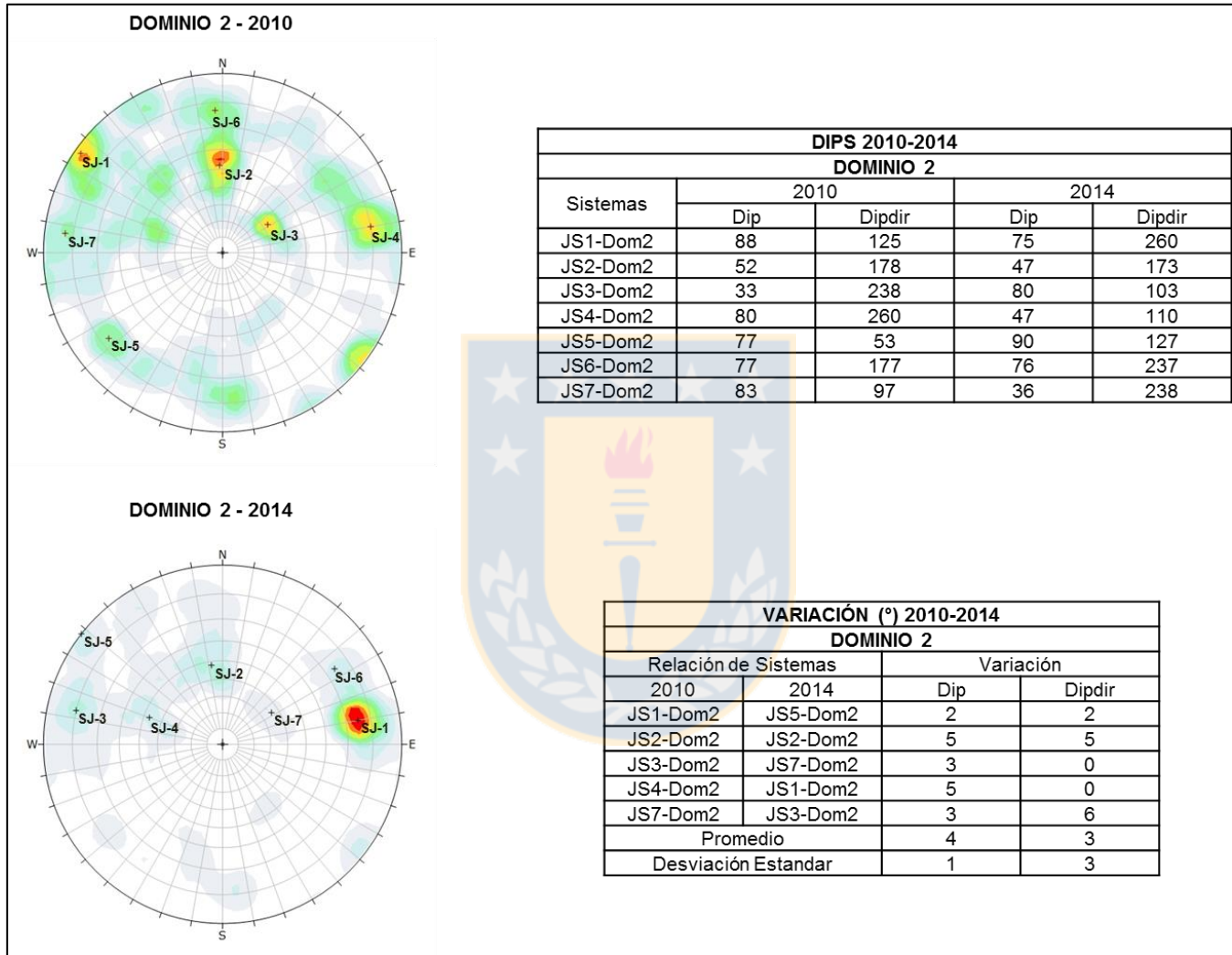
Dominio	Sistema	2010		Sistema	2014		variacion		Observaciones
		Dip	Dipdir		Dip	Dipdir	Dip	Dipdir	
3B	JS1-Dom3B	61	233	JS1-Dom3B	55	230	6	3	1) La variación promedio en el dip es 3
	JS2-Dom3B	82	147	JS7-Dom3B	80	147	2	0	2) La variación promedio en el dipdir es 1
	JS3-Dom3B	76	339	JS9-Dom3B	76	340	0	1	3) Este dominio no presenta una variación significativa en el Dip/Dipdir entre los años 2010 y 2014
	JS4-Dom3B	40	18						4) Se identifica seis nuevos sistema JS2-Dom 3B, JS3-Dom 3B, JS4-Dom 3B, JS5-Dom 3B, JS6-Dom 3B y JS8-Dom 3B
	JS5-Dom3B	48	161						5) Desaparece dos sistemas JS4-Dom 3B y JS5-Dom 3B
				JS2-Dom3B	47	260			
				JS3-Dom3B	74	226			
				JS4-Dom3B	60	204			
				JS5-Dom3B	66	249			
				JS6-Dom3B	75	117			
				JS8-Dom3B	50	338			
	Promedio					3	1		
	Desv est					3	2		
4	JS1-Dom4	78	167	JS1-Dom4	81	173	3	6	1) La variación promedio en el dip es 5
	JS2-Dom4	85	17						2) La variación promedio en el dipdir es 4
	JS3-Dom4	89	231						3) Este dominio no presenta una variación significativa en el Dip/Dipdir entre los años 2010 y 2014
	JS4-Dom4	67	65	JS6-Dom4	66	67	1	2	4) Se identifica tres nuevos sistema JS2-Dom 4, JS3-Dom 4 y JS4-Dom 4
	JS5-Dom4	37	91						5) Desaparece cinco sistemas JS2-Dom 4, JS3-Dom 4, JS5-Dom 4, JS8-Dom 4 y JS9-Dom 4
	JS6-Dom4	35	19	JS7-Dom4	51	22	16	3	
	JS7-Dom4	61	150	JS5-Dom4	61	153	0	3	
	JS8-Dom5	47	232						
	JS9-Dom5	81	256						
				JS2-Dom4	80	152			
				JS3-Dom4	40	55			
			JS4-Dom4	74	204				
	Promedio					5	4		
	Desv est					7	2		



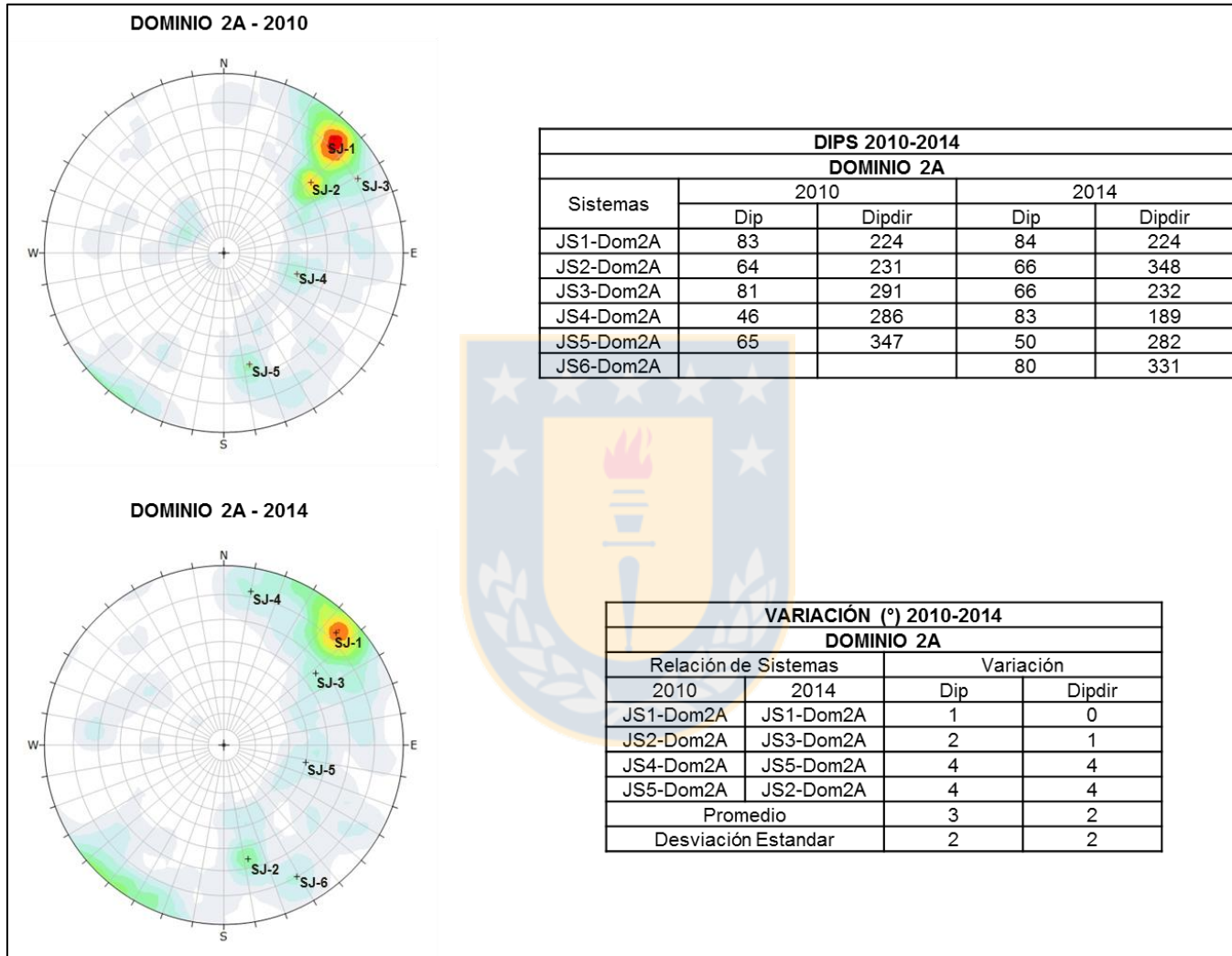




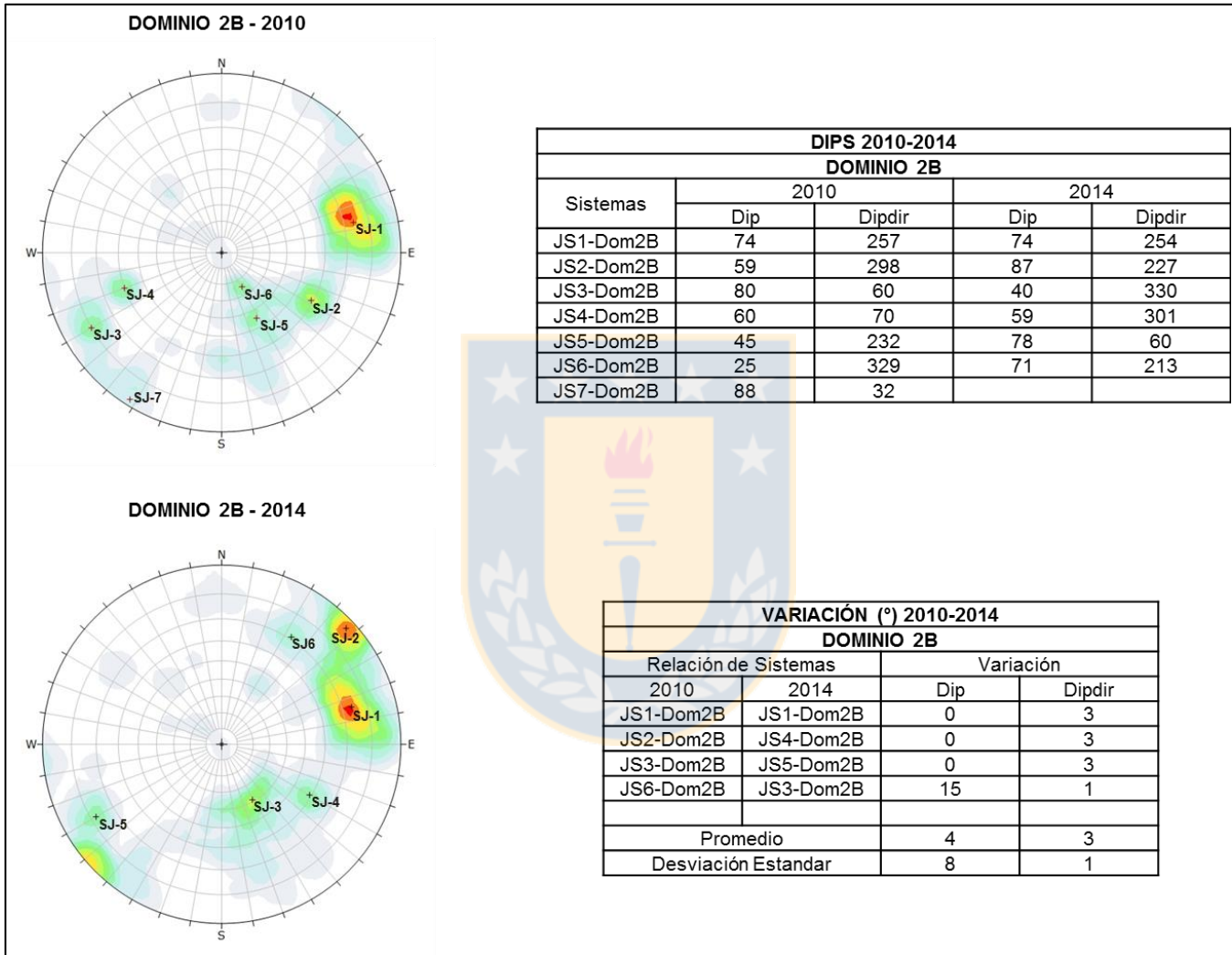
**Figura 1:** Cuadro de Comparación Sistemas Estructurales 2010-2014, Dominio1.



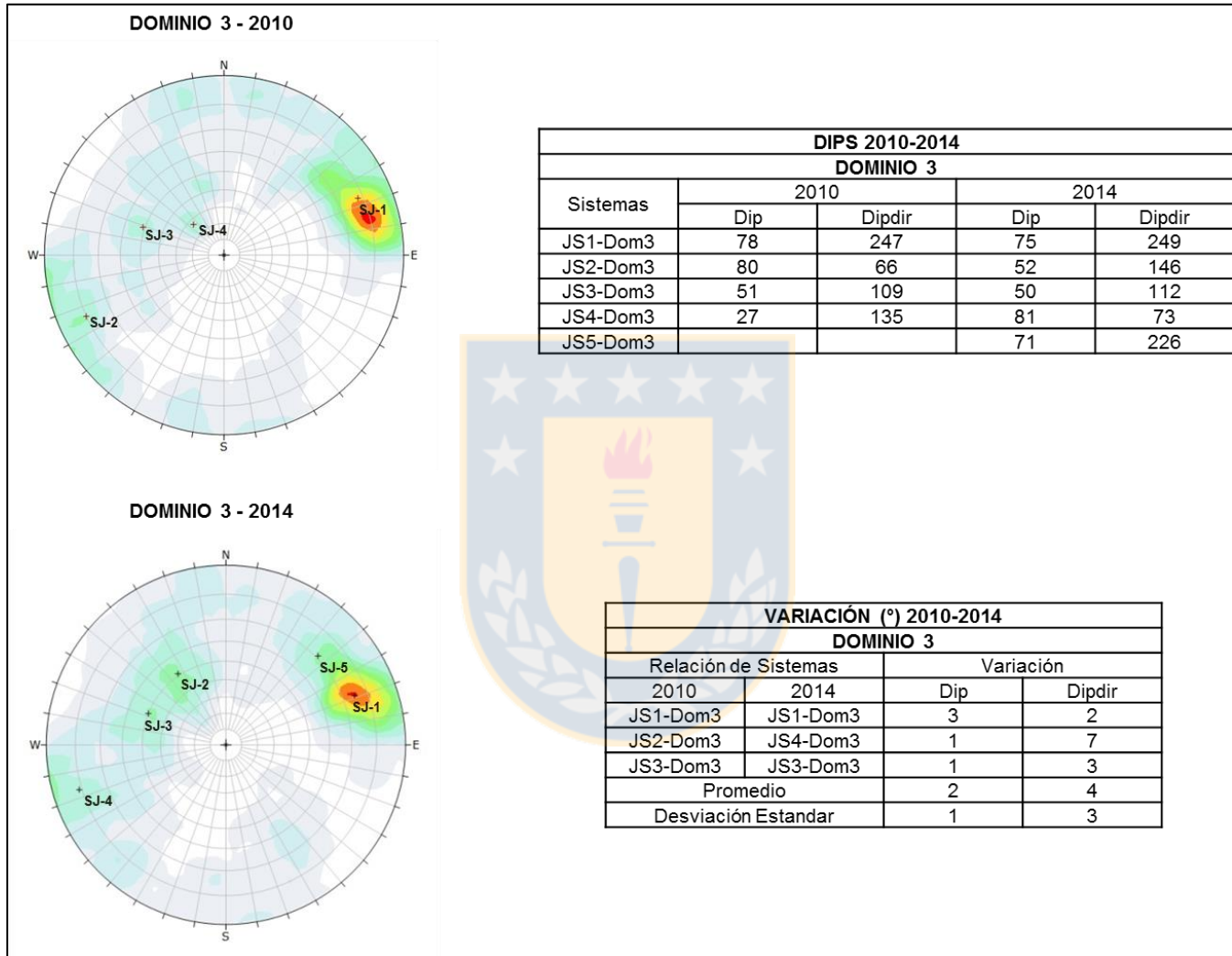
**Figura 2:** Cuadro de Comparación Sistemas Estructurales 2010-2014, Dominio 2.



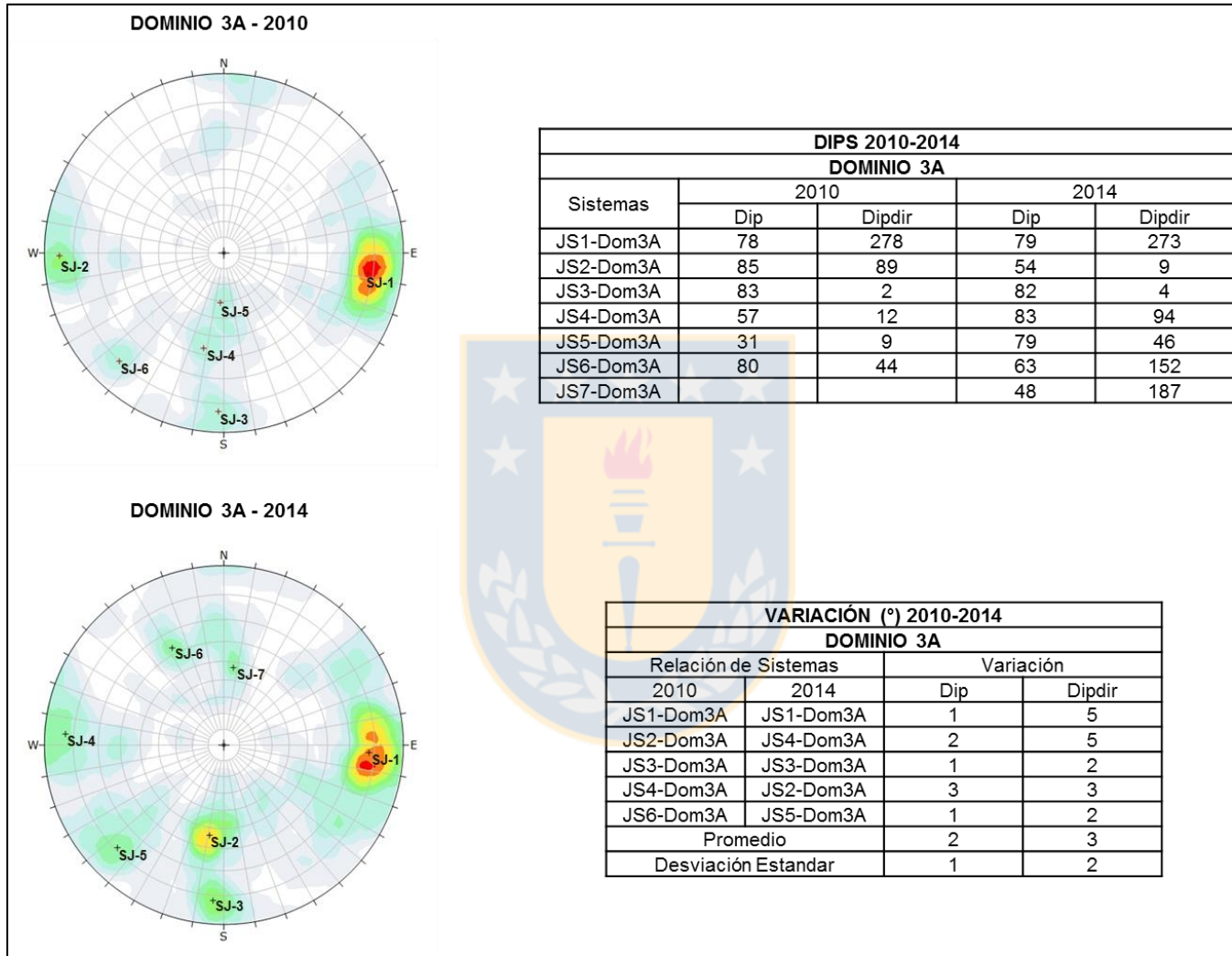
**Figura 2:** Cuadro de Comparación Sistemas Estructurales 2010-2014, Dominio2A.



**Figura 3:** Cuadro de Comparación Sistemas Estructurales 2010-2014, Dominio 2B.

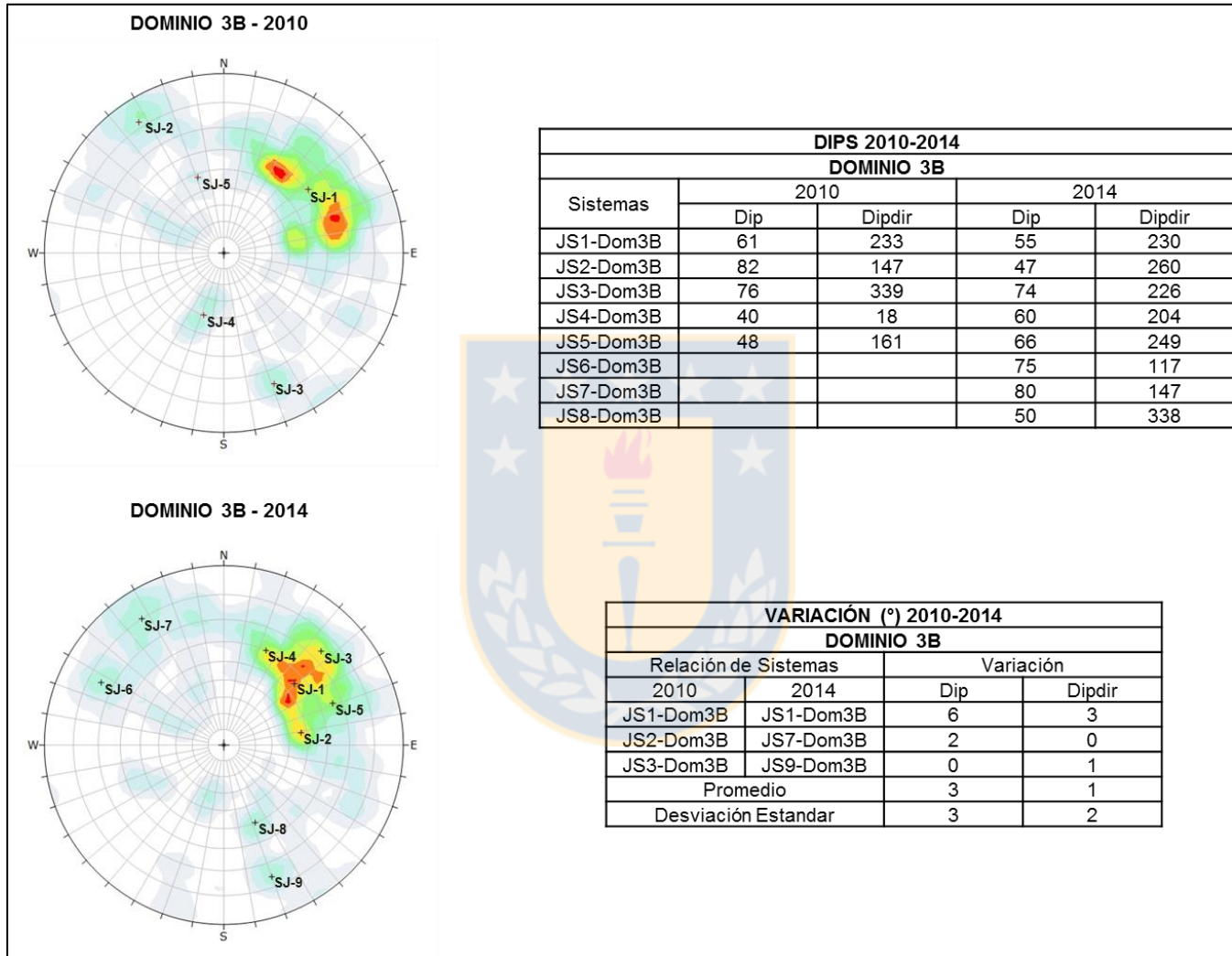


**Figura 4:** Cuadro de Comparación Sistemas Estructurales 2010-2014, Dominio 3.



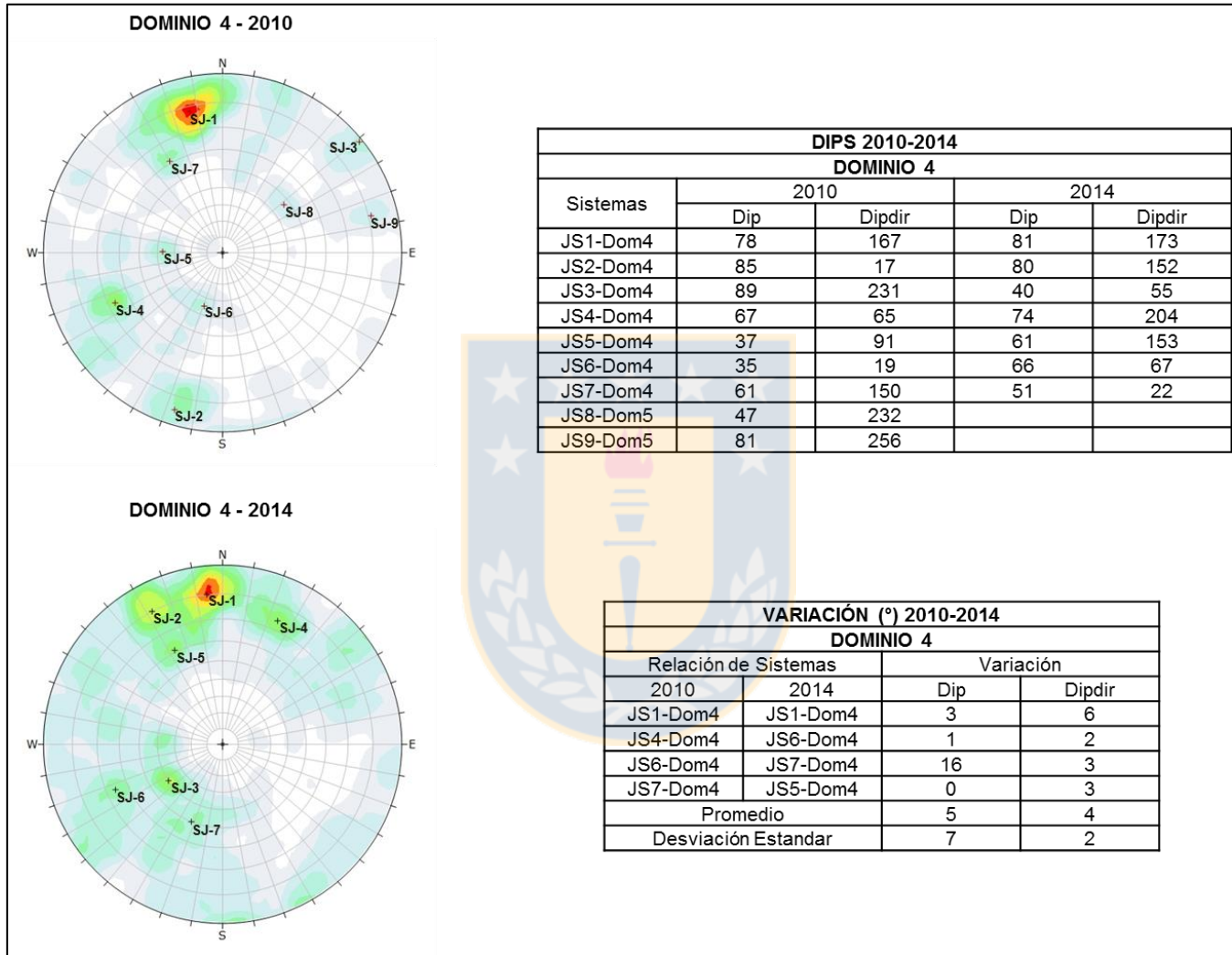
**Figura 5:** Cuadro de Comparación Sistemas Estructurales 2010-2014, Dominio3A.





**Figura 6:** Cuadro de Comparación Sistemas Estructurales 2010-2014, Dominio3B.





**Figura 7:** Cuadro de Comparación Sistemas Estructurales 2010-2014, Dominio4.

## ANEXO N° 3

### ANÁLISIS BANCO BERMA

- **Resultados de Confiabilidad para Banco Simple y Banco Doble**
- **Resultados Cálculo Ancho Berma y Ángulo Interrampa Geométrico**



**Tabla 1:** Confiabilidad Banco Berma Para Banco Simple  $\beta=60^0, H=17m$ .

Talud			Potenciales Mecanismo de Inestabilidad			Probabilidad Condición [%]			Probabilidad de Longitud [%]				Prob Falla B=60° H=17m [%]	Conf B= 60° [%]
Nom bre Talud	Ddir	Dom inio	Tipo	Sistem a 1	Sistem a 2	Prob DipDir [%]	Prob Dip B=60° [%]	Prob Condición B=60° [%]	Altura Banco [m]	Long promedio Sistema [m]	Long Crítica [m]	Prob Long. Crítica [%]		
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	0%	0%	17	9,9	5,8	55%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM2		100%	98%	98%	17	6,6	7,7	31%	28%	92%
			F. PLANA	JS4-DOM1		89%	0%	0%	17	13	5,7	65%	0%	100%
			F. PLANA	JS1-DOM1		100%	0%	0%	17	9,9	5,7	56%	0%	100%
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	53%	99%	52%	17	7,7	8,3	34%	0%	100%
			F. PLANA	JS1-DOM1		27%	0%	0%	17	10	5,7	57%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM1		27%	99%	27%	17	7,7	8,2	35%	26%	98%
			F. PLANA	JS5-DOM1		100%	0%	0%	17	9,9	5,8	55%	0%	100%
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		77%	99%	76%	17	7,7	8,2	35%	26%	93%
			F. PLANA	JS3-DOM1		5%	0%	0%	17	10,9	5,7	59%	0%	100%
			F. PLANA	JS6-DOM1		100%	0%	0%	17	10,7	5,8	58%	0%	100%
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	53%	0%	0%	17	9,9	5,8	55%	0%	100%
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		89%	99%	88%	17	7,7	8,2	35%	26%	92%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	0%	0%	17	10,9	5,7	59%	0%	100%
			F. PLANA	JS6-DOM1		41%	0%	0%	17	10,7	5,8	58%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	0%	22%	0%	17	10	5,8	56%	0%	100%
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		47%	99%	47%	17	7,7	8,2	35%	26%	96%
			F. PLANA	JS5-DOM2A		99%	92%	91%	17	6,8	7,4	34%	21%	94%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	0%	0%	17	10,9	5,7	59%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	0%	99%	0%	17	7,7	8,2	35%	0%	100%
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		76%	92%	70%	17	6,8	7,4	34%	21%	95%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		100%	58%	58%	17	10,3	6,6	53%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		64%	100%	64%	17	7,9	8,8	33%	35%	93%
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	94%	0%	17	6,8	7,9	31%	0%	100%
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		66%	12%	8%	17	8,3	6,2	47%	0%	100%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		99%	58%	57%	17	10,3	6,6	53%	0%	100%
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	96%	87%	84%	17	7,4	7,2	38%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		92%	100%	92%	17	7,9	8,8	33%	25%	92%
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		59%	90%	53%	17	9,4	7,3	46%	19%	95%
T9	25	4	F. PLANA	JS7-DOM4		100%	90%	90%	17	9,4	7,3	46%	19%	92%
	25		F. PLANA	JS3-DOM4		50%	100%	50%	17	6,4	8,8	25%	24%	97%
T10	60	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	20%	20%	17	11,5	6,2	58%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	17	6,4	8,8	25%	24%	94%
			F. PLANA	JS7-DOM4		19%	90%	17%	17	9,4	7,3	46%	19%	98%
T11	95	4	F. PLANA	JS6-DOM4		66%	20%	13%	17	11,5	6,2	58%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM4		16%	100%	16%	17	6,4	8,8	25%	24%	99%
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	34%	84%	29%	17	11,1	6,9	54%	0%	100%
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		76%	93%	71%	17	8,0	7,7	38%	20%	95%
			F. PLANA	JS2-DOM3		96%	79%	75%	17	7,1	7,2	36%	18%	95%
			F. PLANA	JS6-DOM3B		98%	0%	0%	17	8,9	5,9	52%	0%	100%
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	53%	98%	52%	17	6,6	7,7	31%	0%	100%
T13	50	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	20%	19%	17	11,5	6,2	58%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	17	6,4	8,8	25%	24%	94%
			F. PLANA	JS7-DOM4		59%	90%	53%	17	9,4	7,3	46%	19%	95%
T14	95	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		98%	93%	91%	17	8	7,7	38%	20%	93%
			CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	0%	2%	0%	17	9,9	5,7	56%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2		100%	0%	0%	17	13,7	5,8	66%	0%	100%

**Tabla 2:** Confiabilidad Banco Berma Para Banco Simple  $\beta=65^{\circ}$ ,  $H=17m$ .

Talud			Potenciales Mecanismo de Inestabilidad			Probabilidad Condición [%]			Probabilidad de Longitud [%]				Prob Falla B=60° H=17m [%]	Conf B= 60° [%]
Nom bre Talud	Ddir	Dom inio	Tipo	Sistem a 1	Sistem a 2	Prob DipDir [%]	Prob Dip B=60° [%]	Prob Condición B=60° [%]	Altura Banco [m]	Long promedio Sistema [m]	Long Crítica [m]	Prob Long. Crítica [%]		
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	0%	0%	17	9,9	5,8	55%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM2		100%	98%	98%	17	6,6	7,7	31%	28%	92%
			F. PLANA	JS4-DOM1		89%	0%	0%	17	13	5,7	65%	0%	100%
			F. PLANA	JS1-DOM1		100%	0%	0%	17	9,9	5,7	56%	0%	100%
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	53%	99%	52%	17	7,7	8,3	34%	0%	100%
			F. PLANA	JS1-DOM1		27%	0%	0%	17	10	5,7	57%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM1		27%	99%	27%	17	7,7	8,2	35%	26%	98%
			F. PLANA	JS5-DOM1		100%	0%	0%	17	9,9	5,8	55%	0%	100%
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		77%	99%	76%	17	7,7	8,2	35%	26%	93%
			F. PLANA	JS3-DOM1		5%	0%	0%	17	10,9	5,7	59%	0%	100%
			F. PLANA	JS6-DOM1		100%	0%	0%	17	10,7	5,8	58%	0%	100%
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	53%	0%	0%	17	9,9	5,8	55%	0%	100%
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		89%	99%	88%	17	7,7	8,2	35%	26%	92%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	0%	0%	17	10,9	5,7	59%	0%	100%
			F. PLANA	JS6-DOM1		41%	0%	0%	17	10,7	5,8	58%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	0%	22%	0%	17	10	5,8	56%	0%	100%
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		47%	99%	47%	17	7,7	8,2	35%	26%	96%
			F. PLANA	JS5-DOM2A		99%	92%	91%	17	6,8	7,4	34%	21%	94%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	0%	0%	17	10,9	5,7	59%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	0%	99%	0%	17	7,7	8,2	35%	0%	100%
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		76%	92%	70%	17	6,8	7,4	34%	21%	95%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		100%	58%	58%	17	10,3	6,6	53%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		64%	100%	64%	17	7,9	8,8	33%	35%	93%
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	94%	0%	17	6,8	7,9	31%	0%	100%
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		66%	12%	8%	17	8,3	6,2	47%	0%	100%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		99%	58%	57%	17	10,3	6,6	53%	0%	100%
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	96%	87%	84%	17	7,4	7,2	38%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		92%	100%	92%	17	7,9	8,8	33%	25%	92%
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		59%	90%	53%	17	9,4	7,3	46%	19%	95%
T9	25	4	F. PLANA	JS7-DOM4		100%	90%	90%	17	9,4	7,3	46%	19%	92%
	25		F. PLANA	JS3-DOM4		50%	100%	50%	17	6,4	8,8	25%	24%	97%
T10	60	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	20%	20%	17	11,5	6,2	58%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	17	6,4	8,8	25%	24%	94%
			F. PLANA	JS7-DOM4		19%	90%	17%	17	9,4	7,3	46%	19%	98%
T11	95	4	F. PLANA	JS6-DOM4		66%	20%	13%	17	11,5	6,2	58%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM4		16%	100%	16%	17	6,4	8,8	25%	24%	99%
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	34%	84%	29%	17	11,1	6,9	54%	0%	100%
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		76%	93%	71%	17	8,0	7,7	38%	20%	95%
			F. PLANA	JS2-DOM3		96%	79%	75%	17	7,1	7,2	36%	18%	95%
			F. PLANA	JS6-DOM3B		98%	0%	0%	17	8,9	5,9	52%	0%	100%
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	53%	98%	52%	17	6,6	7,7	31%	0%	100%
T13	50	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	20%	19%	17	11,5	6,2	58%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	17	6,4	8,8	25%	24%	94%
			F. PLANA	JS7-DOM4		59%	90%	53%	17	9,4	7,3	46%	19%	95%
T14	95	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		98%	93%	91%	17	8	7,7	38%	20%	93%
			CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	0%	2%	0%	17	9,9	5,7	56%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2		100%	0%	0%	17	13,7	5,8	66%	0%	100%

**Tabla 3: Confiabilidad Banco Berma Para Banco Simple  $\beta=70^{\circ}$ ,  $H=17m$ .**

Talud			Potenciales Mecanismo de Inestabilidad			Probabilidad Condición [%]			Probabilidad de Longitud [%]				Prob Falla B=70° H=17m [%]	Conf B= 70° [%]
Nom bre Talud	Ddir	Dom inio	Tipo	Sistema 1	Sistem a 2	Prob DipDir [%]	Prob Dip B=70° [%]	Prob Condición B=70° [%]	Altura Banco [m]	Long promedio Sistema [m]	Long Critica [m]	Prob Long. Critica [%]		
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	12%	9%	17	9,9	5,8	55%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM2		100%	100%	100%	17	6,6	7,7	31%	97%	70%
			F. PLANA	JS4-DOM1		89%	0%	0%	17	13	5,7	65%	0%	100%
			F. PLANA	JS1-DOM1		100%	0%	0%	17	9,9	5,7	56%	0%	100%
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	53%	100%	53%	17	7,7	8,3	34%	4%	99%
			F. PLANA	JS1-DOM1		27%	0%	0%	17	10	5,7	57%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM1		27%	100%	27%	17	7,7	8,2	35%	83%	92%
			F. PLANA	JS5-DOM1		100%	12%	11%	17	9,9	5,8	55%	0%	100%
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		77%	100%	77%	17	7,7	8,2	35%	83%	78%
			F. PLANA	JS3-DOM1		5%	0%	0%	17	10,9	5,7	59%	0%	100%
			F. PLANA	JS6-DOM1		100%	5%	5%	17	10,7	5,8	58%	0%	100%
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	53%	12%	6%	17	9,9	5,8	55%	0%	100%
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		89%	100%	89%	17	7,7	8,2	35%	83%	74%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	0%	0%	17	10,9	5,7	59%	0%	100%
			F. PLANA	JS6-DOM1		41%	5%	2%	17	10,7	5,8	58%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	0%	36%	0%	17	10	5,8	56%	0%	100%
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		47%	100%	47%	17	7,7	8,2	35%	83%	86%
			F. PLANA	JS5-DOM2A		99%	100%	99%	17	6,8	7,4	34%	96%	68%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	0%	0%	17	10,9	5,7	59%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	0%	100%	0%	17	7,7	8,2	35%	4%	100%
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		76%	100%	76%	17	6,8	7,4	34%	96%	75%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		100%	99%	99%	17	10,3	6,6	53%	75%	61%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		64%	100%	64%	17	7,9	8,8	33%	91%	81%
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	100%	0%	17	6,8	7,9	31%	15%	100%
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		66%	79%	52%	17	8,3	6,2	47%	28%	93%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		99%	99%	97%	17	10,3	6,6	53%	75%	62%
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	96%	99%	96%	17	7,4	7,2	38%	1%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		92%	100%	92%	17	7,9	8,8	33%	69%	79%
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	59%	17	9,4	7,3	46%	97%	74%
T9	25	4	F. PLANA	JS7-DOM4		100%	100%	100%	17	9,4	7,3	46%	97%	56%
	25		F. PLANA	JS3-DOM4		50%	100%	50%	17	6,4	8,8	25%	67%	92%
T10	60	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	72%	72%	17	11,5	6,2	58%	41%	83%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	17	6,4	8,8	25%	67%	83%
			F. PLANA	JS7-DOM4		19%	100%	19%	17	9,4	7,3	46%	97%	92%
T11	95	4	F. PLANA	JS6-DOM4		66%	72%	47%	17	11,5	6,2	58%	41%	89%
			F. PLANA	JS3-DOM4		16%	100%	16%	17	6,4	8,8	25%	67%	97%
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	34%	100%	34%	17	11,1	6,9	54%	0%	100%
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		76%	99%	76%	17	8,0	7,7	38%	83%	76%
			F. PLANA	JS2-DOM3		96%	96%	92%	17	7,1	7,2	36%	83%	72%
			F. PLANA	JS6-DOM3B		98%	16%	16%	17	8,9	5,9	52%	0%	100%
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	53%	100%	53%	17	6,6	7,7	31%	13%	98%
T13	50	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	72%	71%	17	11,5	6,2	58%	41%	83%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	17	6,4	8,8	25%	67%	83%
			F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	59%	17	9,4	7,3	46%	97%	74%
T14	95	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		98%	99%	98%	17	8	7,7	38%	83%	69%
			CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	0%	12%	0%	17	9,9	5,7	56%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2		100%	2%	2%	17	13,7	5,8	66%	0%	100%

**Tabla 4:** Confiabilidad Banco Berma Para Banco Simple  $\beta=75^0$ ,  $H=17m$ .

Talud			Potenciales Mecanismo de Inestabilidad			Probabilidad Condición [%]			Probabilidad de Longitud [%]				Prob Falla B=75° H=17m [%]	Conf B= 75° [%]
Nombre Talud	Ddir	Dom inio	Tipo	Sistem a 1	Sistem a 2	Prob DipDir [%]	Prob Dip B=75° [%]	Prob Condición B=75° [%]	Altura Banco [m]	Long promedio Sistema [m]	Long Critica [m]	Prob Long. Critica [%]		
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	42%	34%	17	9,9	5,8	55%	8%	99%
			F. PLANA	JS2-DOM2		100%	100%	100%	17	6,6	7,7	31%	96%	70%
			F. PLANA	JS4-DOM1		89%	1%	1%	17	13	5,7	65%	0%	100%
			F. PLANA	JS1-DOM1		100%	5%	5%	17	9,9	5,7	56%	0%	100%
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	53%	100%	53%	17	7,7	8,3	34%	31%	94%
			F. PLANA	JS1-DOM1		27%	5%	2%	17	10	5,7	57%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM1		27%	100%	27%	17	7,7	8,2	35%	85%	92%
			F. PLANA	JS5-DOM1		100%	42%	42%	17	9,9	5,8	55%	8%	98%
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		77%	100%	77%	17	7,7	8,2	35%	85%	77%
			F. PLANA	JS3-DOM1		5%	2%	0%	17	10,9	5,7	59%	0%	100%
			F. PLANA	JS6-DOM1		100%	27%	27%	17	10,7	5,8	58%	0%	100%
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	53%	42%	22%	17	9,9	5,8	55%	0%	100%
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		89%	100%	89%	17	7,7	8,2	35%	85%	74%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	2%	2%	17	10,9	5,7	59%	0%	100%
			F. PLANA	JS6-DOM1		41%	27%	11%	17	10,7	5,8	58%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	0%	45%	0%	17	10	5,8	56%	0%	100%
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		47%	100%	47%	17	7,7	8,2	35%	85%	86%
			F. PLANA	JS5-DOM2A		99%	100%	99%	17	6,8	7,4	34%	99%	67%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	2%	2%	17	10,9	5,7	59%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	0%	100%	0%	17	7,7	8,2	35%	25%	100%
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		76%	100%	76%	17	6,8	7,4	34%	99%	75%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		100%	100%	100%	17	10,3	6,6	53%	99%	48%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		64%	100%	64%	17	7,9	8,8	33%	94%	80%
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	100%	0%	17	6,8	7,9	31%	73%	100%
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		66%	96%	63%	17	8,3	6,2	47%	64%	81%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		99%	100%	99%	17	10,3	6,6	53%	99%	49%
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	96%	100%	96%	17	7,4	7,2	38%	4%	99%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		92%	100%	92%	17	7,9	8,8	33%	75%	77%
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	59%	17	9,4	7,3	46%	99%	73%
T9	25	4	F. PLANA	JS7-DOM4		100%	100%	100%	17	9,4	7,3	46%	99%	55%
	25		F. PLANA	JS3-DOM4		50%	100%	50%	17	6,4	8,8	25%	72%	91%
T10	60	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	90%	90%	17	11,5	6,2	58%	67%	65%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	17	6,4	8,8	25%	72%	82%
			F. PLANA	JS7-DOM4		19%	100%	19%	17	9,4	7,3	46%	99%	91%
T11	95	4	F. PLANA	JS6-DOM4		66%	90%	59%	17	11,5	6,2	58%	67%	77%
			F. PLANA	JS3-DOM4		16%	100%	16%	17	6,4	8,8	25%	72%	97%
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	34%	100%	34%	17	11,1	6,9	54%	1%	100%
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		76%	100%	76%	17	8,0	7,7	38%	87%	75%
			F. PLANA	JS2-DOM3		96%	99%	95%	17	7,1	7,2	36%	93%	68%
			F. PLANA	JS6-DOM3B		98%	50%	49%	17	8,9	5,9	52%	15%	96%
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	53%	100%	53%	17	6,6	7,7	31%	53%	91%
T13	50	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	90%	90%	17	11,5	6,2	58%	67%	65%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	17	6,4	8,8	25%	72%	82%
			F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	59%	17	9,4	7,3	46%	99%	73%
T14	95	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		98%	100%	98%	17	8	7,7	38%	87%	68%
			CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	0%	23%	0%	17	9,9	5,7	56%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2		100%	16%	16%	17	13,7	5,8	66%	0%	100%



**Tabla 5:** Confiabilidad Banco Berma Para Banco Simple  $\beta=80^\circ$ ,  $H=17m$ 

Talud			Potenciales Mecanismo de Inestabilidad			Probabilidad Condición [%]			Probabilidad de Longitud [%]				Prob Falla $B=80^\circ$ $H=17m$ [%]	Conf $B=80^\circ$ [%]
Nom bre Talud	Ddir	Dom inio	Tipo	Sistem a 1	Sistem a 2	Prob DipDir [%]	Prob Dip $B=80^\circ$ [%]	Prob Condición $B=80^\circ$ [%]	Altura Banco [m]	Long promedio Sistem a [m]	Long Critica [m]	Prob Long. Critica [%]		
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	79%	63%	17	9,9	5,8	55%	41%	86%
			F. PLANA	JS2-DOM2		100%	100%	100%	17	6,6	7,7	31%	99%	70%
			F. PLANA	JS4-DOM1		89%	8%	7%	17	13	5,7	65%	0%	100%
			F. PLANA	JS1-DOM1		100%	27%	27%	17	9,9	5,7	56%	0%	100%
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	53%	100%	53%	17	7,7	8,3	34%	53%	91%
			F. PLANA	JS1-DOM1		27%	27%	8%	17	10	5,7	57%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM1		27%	100%	27%	17	7,7	8,2	35%	87%	92%
			F. PLANA	JS5-DOM1		100%	79%	79%	17	9,9	5,8	55%	41%	82%
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		77%	100%	77%	17	7,7	8,2	35%	87%	77%
			F. PLANA	JS3-DOM1		5%	16%	1%	17	10,9	5,7	59%	0%	100%
			F. PLANA	JS6-DOM1		100%	66%	65%	17	10,7	5,8	58%	30%	89%
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	53%	79%	41%	17	9,9	5,8	55%	6%	99%
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		89%	100%	89%	17	7,7	8,2	35%	87%	73%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	16%	16%	17	10,9	5,7	59%	0%	100%
			F. PLANA	JS6-DOM1		41%	66%	27%	17	10,7	5,8	58%	30%	95%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	0%	53%	0%	17	10	5,8	56%	0%	100%
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		47%	100%	47%	17	7,7	8,2	35%	87%	86%
			F. PLANA	JS5-DOM2A		99%	100%	99%	17	6,8	7,4	34%	100%	67%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	16%	16%	17	10,9	5,7	59%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	0%	100%	0%	17	7,7	8,2	35%	43%	100%
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		76%	100%	76%	17	6,8	7,4	34%	100%	75%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		100%	100%	100%	17	10,3	6,6	53%	100%	47%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		64%	100%	64%	17	7,9	8,8	33%	97%	80%
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	100%	0%	17	6,8	7,9	31%	95%	100%
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		66%	100%	65%	17	8,3	6,2	47%	96%	70%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		99%	100%	99%	17	10,3	6,6	53%	100%	48%
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	96%	100%	96%	17	7,4	7,2	38%	9%	97%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		92%	100%	92%	17	7,9	8,8	33%	79%	76%
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	59%	17	9,4	7,3	46%	100%	73%
T9	25	4	F. PLANA	JS7-DOM4		100%	100%	100%	17	9,4	7,3	46%	100%	54%
	25		F. PLANA	JS3-DOM4		50%	100%	50%	17	6,4	8,8	25%	75%	91%
T10	60	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	98%	98%	17	11,5	6,2	58%	89%	49%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	17	6,4	8,8	25%	75%	81%
			F. PLANA	JS7-DOM4		19%	100%	19%	17	9,4	7,3	46%	100%	91%
T11	95	4	F. PLANA	JS6-DOM4		66%	98%	64%	17	11,5	6,2	58%	89%	67%
			F. PLANA	JS3-DOM4		16%	100%	16%	17	6,4	8,8	25%	75%	97%
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	34%	100%	34%	17	11,1	6,9	54%	32%	94%
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		76%	100%	76%	17	8,0	7,7	38%	90%	74%
			F. PLANA	JS2-DOM3		96%	100%	96%	17	7,1	7,2	36%	97%	67%
			F. PLANA	JS6-DOM3B		98%	84%	82%	17	8,9	5,9	52%	47%	80%
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	53%	100%	53%	17	6,6	7,7	31%	71%	88%
T13	50	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	98%	97%	17	11,5	6,2	58%	89%	50%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	17	6,4	8,8	25%	75%	81%
			F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	59%	17	9,4	7,3	46%	100%	73%
T14	95	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		98%	100%	98%	17	8	7,7	38%	90%	66%
			CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	0%	39%	0%	17	9,9	5,7	56%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2		100%	50%	50%	17	13,7	5,8	66%	20%	93%



**Tabla 6:** Confiabilidad Banco Berma Para Banco Doble  $\beta=60^0, H=34m$ 

Talud			Inestabilidad			Probabilidad Condición [%]			Probabilidad de Longitud [%]				Prob Falla B=60° H=34m [%]	Conf B= 60° [%]
Nom bre Talud	Ddir	Dom inio	Tipo	Sistem a 1	Sistem a 2	Prob DipDir [%]	Prob Dip B=60° [%]	Prob Condición B=60° [%]	Altura Banco [m]	Long promedio Sistema [m]	Long Crítica [m]	Prob Long. Crítica [%]		
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	0%	0%	34	9,9	11,0	33%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM2		100%	98%	98%	34	6,6	8,3	28%	95%	74%
			F. PLANA	JS4-DOM1		89%	0%	0%	34	13	11,3	42%	0%	100%
			F. PLANA	JS1-DOM1		100%	0%	0%	34	9,9	11,2	32%	0%	100%
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	53%	99%	52%	34	7,7	7,9	36%	4%	99%
			F. PLANA	JS1-DOM1		27%	0%	0%	34	10	11,2	32%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM1		27%	99%	27%	34	7,7	7,9	36%	91%	91%
			F. PLANA	JS5-DOM1		100%	0%	0%	34	9,9	11,0	33%	0%	100%
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		77%	99%	76%	34	7,7	7,9	36%	91%	75%
			F. PLANA	JS3-DOM1		5%	0%	0%	34	10,9	11,3	35%	0%	100%
			CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	23%	99%	23%	34	7,7	7,9	36%	37%	97%
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	53%	0%	0%	34	9,9	11,3	32%	0%	100%
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		89%	99%	88%	34	7,7	7,9	36%	91%	71%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	0%	0%	34	10,9	11,3	35%	0%	100%
			F. PLANA	JS6-DOM1		41%	0%	0%	34	10,7	11,1	35%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	0%	22%	0%	34	10	11,3	32%	0%	100%
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		47%	99%	47%	34	7,7	7,9	36%	91%	85%
			F. PLANA	JS5-DOM2A		99%	92%	91%	34	6,8	8,7	28%	85%	78%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	0%	0%	34	10,9	11,3	35%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	0%	99%	0%	34	7,7	11,3	23%	14%	100%
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		76%	92%	70%	34	6,8	8,7	28%	85%	83%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		100%	58%	58%	34	10,3	9,7	39%	42%	90%
			CUÑA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	95%	0%	34	6,8	10,4	22%	26%	100%
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	19%	94%	18%	34	6,8	11,2	19%	3%	100%
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		66%	12%	8%	34	8,3	10,4	29%	0%	100%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		99%	58%	57%	34	10,3	9,7	39%	42%	91%
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	96%	87%	84%	34	7,4	9,2	29%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		92%	100%	92%	34	7,9	7,3	40%	88%	68%
			CUÑA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	95%	0%	34	6,8	10,4	22%	18%	100%
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		59%	90%	53%	34	9,4	8,8	39%	81%	83%
			F. PLANA	JS7-DOM4		100%	90%	90%	34	9,4	8,8	39%	81%	71%
T9	25	4	F. PLANA	JS3-DOM4		50%	100%	50%	34	6,4	7,3	32%	83%	87%
			F. PLANA	JS3-DOM4		100%	20%	20%	34	11,5	10,4	41%	0%	100%
T10	60	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	20%	20%	34	11,5	10,4	41%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	34	6,4	7,3	32%	83%	73%
			F. PLANA	JS7-DOM4		19%	90%	17%	34	9,4	8,8	39%	81%	95%
T11	95	4	F. PLANA	JS6-DOM4		66%	20%	13%	34	11,5	10,4	41%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM4		16%	100%	16%	34	6,4	7,3	32%	83%	96%
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	34%	84%	29%	34	11,1	9,9	41%	0%	100%
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		76%	93%	71%	34	8,0	8,3	35%	83%	79%
			F. PLANA	JS2-DOM3		96%	79%	75%	34	7,1	8,9	28%	78%	83%
			F. PLANA	JS6-DOM3B		98%	0%	0%	34	8,9	10,9	29%	0%	100%
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	53%	98%	52%	34	6,6	8,3	28%	2%	100%
T13	50	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	20%	19%	34	11,5	10,4	41%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	34	6,4	7,3	32%	83%	73%
			F. PLANA	JS7-DOM4		59%	90%	53%	34	9,4	8,8	39%	81%	83%
T14	95	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		98%	93%	91%	34	8	8,3	35%	83%	73%
			CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	0%	2%	0%	34	9,9	11,2	32%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2		100%	0%	0%	34	13,7	11,2	44%	0%	100%

**Tabla 7:** Confiabilidad Banco Berma Para Banco Doble  $\beta=65^0, H=34m$ 

Talud			Inestabilidad			Probabilidad Condición [%]			Probabilidad de Longitud [%]				Prob Falla B=65° H=34m [%]	Conf B= 65° [%]
Nom bre Talud	Ddir	Dom inio	Tipo	Sistem a 1	Sistem a 2	Prob DipDir [%]	Prob Dip B=65° [%]	Prob Condición B=65° [%]	Altura Banco [m]	Long promedio Sistem a [m]	Long Crítica [m]	Prob Long. Crítica [%]	Prob Falla B=65° H=34m [%]	Conf B= 65° [%]
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	1%	1%	34	9,9	11,0	33%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM2		100%	100%	100%	34	6,6	8,3	28%	100%	72%
			F. PLANA	JS4-DOM1		89%	0%	0%	34	13	11,3	42%	0%	100%
			F. PLANA	JS1-DOM1		100%	0%	0%	34	9,9	11,2	32%	0%	100%
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	53%	100%	53%	34	7,7	7,9	36%	31%	94%
			F. PLANA	JS1-DOM1		27%	0%	0%	34	10	11,2	32%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM1		27%	100%	27%	34	7,7	7,9	36%	95%	91%
			F. PLANA	JS5-DOM1		100%	1%	1%	34	9,9	11,0	33%	0%	100%
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		77%	100%	77%	34	7,7	7,9	36%	95%	74%
			F. PLANA	JS3-DOM1		5%	0%	0%	34	10,9	11,3	35%	0%	100%
			CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	23%	100%	23%	34	7,7	7,9	36%	66%	95%
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	53%	1%	1%	34	9,9	11,3	32%	0%	100%
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		89%	100%	89%	34	7,7	7,9	36%	95%	70%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	0%	0%	34	10,9	11,3	35%	0%	100%
			F. PLANA	JS6-DOM1		41%	0%	0%	34	10,7	11,1	35%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	0%	29%	0%	34	10	11,3	32%	0%	100%
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		47%	100%	47%	34	7,7	7,9	36%	95%	84%
			F. PLANA	JS5-DOM2A		99%	98%	97%	34	6,8	8,7	28%	97%	74%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	0%	0%	34	10,9	11,3	35%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	0%	100%	0%	34	7,7	11,3	23%	44%	100%
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		76%	98%	75%	34	6,8	8,7	28%	97%	80%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		100%	88%	88%	34	10,3	9,7	39%	74%	75%
			CUÑA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	99%	0%	34	6,8	10,4	22%	76%	100%
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	19%	98%	19%	34	6,8	11,2	19%	33%	99%
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		66%	42%	28%	34	8,3	10,4	29%	400%	68%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		99%	88%	87%	34	10,3	9,7	39%	74%	75%
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	96%	97%	93%	34	7,4	9,2	29%	3%	99%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		92%	100%	92%	34	7,9	7,3	40%	91%	67%
			CUÑA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	99%	0%	34	6,8	10,4	22%	56%	100%
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		59%	98%	57%	34	9,4	8,8	39%	95%	79%
T9	25	4	F. PLANA	JS7-DOM4		100%	98%	98%	34	9,4	8,8	39%	95%	64%
			F. PLANA	JS3-DOM4		50%	100%	50%	34	6,4	7,3	32%	86%	86%
T10	60	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	44%	44%	34	11,5	10,4	41%	50%	91%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	34	6,4	7,3	32%	86%	73%
			F. PLANA	JS7-DOM4		19%	98%	18%	34	9,4	8,8	39%	95%	93%
T11	95	4	F. PLANA	JS6-DOM4		66%	44%	29%	34	11,5	10,4	41%	50%	94%
			F. PLANA	JS3-DOM4		16%	100%	16%	34	6,4	7,3	32%	86%	96%
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	34%	98%	34%	34	11,1	9,9	41%	15%	98%
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		76%	98%	75%	34	8,0	8,3	35%	91%	76%
			F. PLANA	JS2-DOM3		96%	90%	87%	34	7,1	8,9	28%	89%	78%
			F. PLANA	JS6-DOM3B		98%	2%	2%	34	8,9	10,9	29%	0%	100%
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	53%	100%	53%	34	6,6	8,3	28%	28%	96%
T13	50	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	44%	44%	34	11,5	10,4	41%	50%	91%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	34	6,4	7,3	32%	86%	73%
			F. PLANA	JS7-DOM4		59%	98%	57%	34	9,4	8,8	39%	95%	79%
T14	95	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		98%	98%	96%	34	8	8,3	35%	91%	69%
			CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	0%	5%	0%	34	9,9	11,2	32%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2		100%	0%	0%	34	13,7	11,2	44%	0%	100%

**Tabla 8:** Confiabilidad Banco Berma Para Banco Doble  $\beta=70^0, H=34m$ 

Talud			Inestabilidad			Probabilidad Condición [%]			Probabilidad de Longitud [%]				Prob	Conf
Nom bre Talud	Ddir	Dom inio	Tipo	Sistem a 1	Sistem a 2	Prob DipDir [%]	Prob Dip B=70° [%]	Prob Condición B=70° [%]	Altura Banco [m]	Long promedio Sistema [m]	Long Crítica [m]	Prob Long. Crítica [%]	Falla B=70° H=34m [%]	B= 70° [%]
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	12%	9%	34	9,9	11,0	33%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM2		100%	100%	100%	34	6,6	8,3	28%	100%	72%
			F. PLANA	JS4-DOM1		89%	0%	0%	34	13	11,3	42%	0%	100%
			F. PLANA	JS1-DOM1		100%	0%	0%	34	9,9	11,2	32%	0%	100%
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	53%	100%	53%	34	7,7	7,9	36%	63%	88%
			F. PLANA	JS1-DOM1		27%	0%	0%	34	10	11,2	32%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM1		27%	100%	27%	34	7,7	7,9	36%	96%	91%
			F. PLANA	JS5-DOM1		100%	12%	11%	34	9,9	11,0	33%	0%	100%
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		77%	100%	77%	34	7,7	7,9	36%	96%	74%
			F. PLANA	JS3-DOM1		5%	0%	0%	34	10,9	11,3	35%	0%	100%
			CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	23%	100%	23%	34	7,7	7,9	36%	78%	93%
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	53%	12%	6%	34	9,9	11,3	32%	0%	100%
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		89%	100%	89%	34	7,7	7,9	36%	96%	69%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	0%	0%	34	10,9	11,3	35%	0%	100%
			F. PLANA	JS6-DOM1		41%	5%	2%	34	10,7	11,1	35%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	0%	36%	0%	34	10	11,3	32%	0%	100%
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		47%	100%	47%	34	7,7	7,9	36%	96%	84%
			F. PLANA	JS5-DOM2A		99%	100%	99%	34	6,8	8,7	28%	100%	72%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	0%	0%	34	10,9	11,3	35%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	0%	100%	0%	34	7,7	11,3	23%	66%	100%
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		76%	100%	76%	34	6,8	8,7	28%	100%	79%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		100%	99%	99%	34	10,3	9,7	39%	96%	63%
			CUÑA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	100%	0%	34	6,8	10,4	22%	97%	100%
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	19%	100%	19%	34	6,8	11,2	19%	81%	97%
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		66%	79%	52%	34	8,3	10,4	29%	67%	90%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		99%	99%	97%	34	10,3	9,7	39%	96%	64%
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	96%	99%	96%	34	7,4	9,2	29%	31%	91%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		92%	100%	92%	34	7,9	7,3	40%	92%	66%
			CUÑA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	100%	0%	34	6,8	10,4	22%	94%	100%
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	59%	34	9,4	8,8	39%	100%	77%
			F. PLANA	JS7-DOM4		100%	100%	100%	34	9,4	8,8	39%	100%	61%
T9	25	4	F. PLANA	JS3-DOM4		50%	100%	50%	34	6,4	7,3	32%	87%	86%
			F. PLANA	JS6-DOM4		100%	72%	72%	34	11,5	10,4	41%	73%	79%
T10	60	4	F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	34	6,4	7,3	32%	87%	72%
			F. PLANA	JS7-DOM4		19%	100%	19%	34	9,4	8,8	39%	100%	93%
			F. PLANA	JS6-DOM4		66%	72%	47%	34	11,5	10,4	41%	73%	86%
T11	95	4	F. PLANA	JS3-DOM4		16%	100%	16%	34	6,4	7,3	32%	87%	96%
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	34%	100%	34%	34	11,1	9,9	41%	64%	91%
			F. PLANA	JS4-DOM2		76%	99%	76%	34	8,0	8,3	35%	96%	74%
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS2-DOM3		96%	96%	92%	34	7,1	8,9	28%	95%	75%
			F. PLANA	JS6-DOM3B		98%	16%	16%	34	8,9	10,9	29%	0%	100%
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	53%	100%	53%	34	6,6	8,3	28%	72%	89%
			F. PLANA	JS6-DOM4		100%	72%	71%	34	11,5	10,4	41%	73%	79%
T13	50	4	F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	34	6,4	7,3	32%	87%	72%
			F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	59%	34	9,4	8,8	39%	100%	77%
			F. PLANA	JS4-DOM2		98%	99%	98%	34	8	8,3	35%	96%	67%
T14	95	2-2A	CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	0%	12%	0%	34	9,9	11,2	32%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2		100%	2%	2%	34	13,7	11,2	44%	0%	100%

**Tabla 9:** Confiabilidad Banco Berma Para Banco Doble  $\beta=75^0$ , H=34m

Talud			Inestabilidad			Probabilidad Condición [%]			Probabilidad de Longitud [%]				Prob Falla	Conf
Nom bre Talud	Ddir	Dom inio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	Prob DipDir [%]	Prob Dip B=75° [%]	Prob Condición B=75° [%]	Altura Banco [m]	Long promedio Sistema [m]	Long Crítica [m]	Prob Long. Crítica [%]	H=34m [%]	B= 75° [%]
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	42%	34%	34	9,9	11,0	33%	53%	94%
			F. PLANA	JS2-DOM2		100%	100%	100%	34	6,6	8,3	28%	100%	72%
			F. PLANA	JS4-DOM1		89%	1%	1%	34	13	11,3	42%	0%	100%
			F. PLANA	JS1-DOM1		100%	5%	5%	34	9,9	11,2	32%	0%	100%
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	53%	100%	53%	34	7,7	7,9	36%	80%	85%
			F. PLANA	JS1-DOM1		27%	5%	2%	34	10	11,2	32%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM1		27%	100%	27%	34	7,7	7,9	36%	96%	90%
			F. PLANA	JS5-DOM1		100%	42%	42%	34	9,9	11,0	33%	53%	93%
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		77%	100%	77%	34	7,7	7,9	36%	96%	73%
			F. PLANA	JS3-DOM1		5%	2%	0%	34	10,9	11,3	35%	0%	100%
			CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	23%	100%	23%	34	7,7	7,9	36%	82%	93%
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	53%	42%	22%	34	9,9	11,3	32%	1%	100%
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		89%	100%	89%	34	7,7	7,9	36%	96%	69%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	2%	2%	34	10,9	11,3	35%	0%	100%
			F. PLANA	JS6-DOM1		41%	27%	11%	34	10,7	11,1	35%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	0%	45%	0%	34	10	11,3	32%	0%	100%
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		47%	100%	47%	34	7,7	7,9	36%	96%	84%
			F. PLANA	JS5-DOM2A		99%	100%	99%	34	6,8	8,7	28%	100%	72%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	2%	2%	34	10,9	11,3	35%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	0%	100%	0%	34	7,7	11,3	23%	76%	100%
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		76%	100%	76%	34	6,8	8,7	28%	100%	79%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		100%	100%	100%	34	10,3	9,7	39%	100%	61%
			CUÑA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	100%	0%	34	6,8	10,4	22%	98%	100%
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	19%	100%	19%	34	6,8	11,2	19%	98%	96%
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		66%	96%	63%	34	8,3	10,4	29%	91%	83%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		99%	100%	99%	34	10,3	9,7	39%	100%	62%
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	96%	100%	96%	34	7,4	9,2	29%	74%	79%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		92%	100%	92%	34	7,9	7,3	40%	93%	66%
			CUÑA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	100%	0%	34	6,8	10,4	22%	98%	100%
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	59%	34	9,4	8,8	39%	100%	77%
T9	25	4	F. PLANA	JS7-DOM4		100%	100%	100%	34	9,4	8,8	39%	100%	61%
			F. PLANA	JS3-DOM4		50%	100%	50%	34	6,4	7,3	32%	88%	86%
T10	60	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	90%	90%	34	11,5	10,4	41%	88%	68%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	34	6,4	7,3	32%	88%	72%
			F. PLANA	JS7-DOM4		19%	100%	19%	34	9,4	8,8	39%	100%	93%
T11	95	4	F. PLANA	JS6-DOM4		66%	90%	59%	34	11,5	10,4	41%	88%	79%
			F. PLANA	JS3-DOM4		16%	100%	16%	34	6,4	7,3	32%	88%	96%
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	34%	100%	34%	34	11,1	9,9	41%	95%	87%
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		76%	100%	76%	34	8,0	8,3	35%	96%	74%
			F. PLANA	JS2-DOM3		96%	99%	95%	34	7,1	8,9	28%	99%	73%
			F. PLANA	JS6-DOM3B		98%	50%	49%	34	8,9	10,9	29%	50%	93%
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	53%	100%	53%	34	6,6	8,3	28%	94%	86%
T13	50	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	90%	90%	34	11,5	10,4	41%	88%	68%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	34	6,4	7,3	32%	88%	72%
			F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	59%	34	9,4	8,8	39%	100%	77%
T14	95	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		98%	100%	98%	34	8	8,3	35%	96%	66%
			CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	0%	23%	0%	34	9,9	11,2	32%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2		100%	16%	16%	34	13,7	11,2	44%	0%	100%

**Tabla 10:** Confiabilidad Banco Berma Para Banco Doble  $\beta=80^\circ, H=34m$ 

Nombre Talud	Talud		Inestabilidad			Probabilidad Condición [%]			Probabilidad de Longitud [%]			Prob Falla B=80° H=34m [%]	Conf B= 80° [%]	
	Ddir	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	Prob DipDir [%]	Prob Dip B=80° [%]	Prob Condición B=80° [%]	Altura Banco [m]	Long promedio Sistema [m]	Long Critica [m]			Prob Long. Critica [%]
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		80%	79%	63%	34	9,9	11,0	33%	73%	85%
			F. PLANA	JS2-DOM2		100%	100%	100%	34	6,6	8,3	28%	100%	72%
			F. PLANA	JS4-DOM1		89%	8%	7%	34	13	11,3	42%	0%	100%
			F. PLANA	JS1-DOM1		100%	27%	27%	34	9,9	11,2	32%	0%	100%
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	53%	100%	53%	34	7,7	7,9	36%	87%	83%
			F. PLANA	JS1-DOM1		27%	27%	8%	34	10	11,2	32%	0%	100%
			F. PLANA	JS2-DOM1		27%	100%	27%	34	7,7	7,9	36%	97%	90%
			F. PLANA	JS5-DOM1		100%	79%	79%	34	9,9	11,0	33%	73%	81%
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		77%	100%	77%	34	7,7	7,9	36%	97%	73%
			F. PLANA	JS3-DOM1		5%	16%	1%	34	10,9	11,3	35%	0%	100%
			CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	23%	100%	23%	34	7,7	7,9	36%	84%	93%
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	53%	79%	41%	34	9,9	11,3	32%	25%	97%
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		89%	100%	89%	34	7,7	7,9	36%	97%	69%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	16%	16%	34	10,9	11,3	35%	0%	100%
			F. PLANA	JS6-DOM1		41%	66%	27%	34	10,7	11,1	35%	64%	94%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	0%	53%	0%	34	10	11,3	32%	0%	100%
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		47%	100%	47%	34	7,7	7,9	36%	97%	84%
			F. PLANA	JS5-DOM2A		99%	100%	99%	34	6,8	8,7	28%	100%	72%
			F. PLANA	JS3-DOM1		100%	16%	16%	34	10,9	11,3	35%	0%	100%
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	0%	100%	0%	34	7,7	11,3	23%	82%	100%
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		76%	100%	76%	34	6,8	8,7	28%	100%	79%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		100%	100%	100%	34	10,3	9,7	39%	100%	61%
			CUÑA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	100%	0%	34	6,8	10,4	22%	99%	100%
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	19%	100%	19%	34	6,8	11,2	19%	100%	96%
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		66%	100%	65%	34	8,3	10,4	29%	100%	81%
			F. PLANA	JS4-DOM2B		99%	100%	99%	34	10,3	9,7	39%	100%	62%
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	96%	100%	96%	34	7,4	9,2	29%	88%	75%
			F. PLANA	JS3-DOM2B		92%	100%	92%	34	7,9	7,3	40%	94%	65%
			CUÑA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	0%	100%	0%	34	6,8	10,4	22%	99%	100%
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	59%	34	9,4	8,8	39%	100%	77%
T9	25	4	F. PLANA	JS7-DOM4		100%	100%	100%	34	9,4	8,8	39%	100%	61%
			F. PLANA	JS3-DOM4		50%	100%	50%	34	6,4	7,3	32%	89%	86%
T10	60	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	98%	98%	34	11,5	10,4	41%	97%	62%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	34	6,4	7,3	32%	89%	72%
			F. PLANA	JS7-DOM4		19%	100%	19%	34	9,4	8,8	39%	100%	93%
T11	95	4	F. PLANA	JS6-DOM4		66%	98%	64%	34	11,5	10,4	41%	97%	75%
			F. PLANA	JS3-DOM4		16%	100%	16%	34	6,4	7,3	32%	89%	95%
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	34%	100%	34%	34	11,1	9,9	41%	100%	86%
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		76%	100%	76%	34	8,0	8,3	35%	97%	74%
			F. PLANA	JS2-DOM3		96%	100%	96%	34	7,1	8,9	28%	99%	73%
			F. PLANA	JS6-DOM3B		98%	84%	82%	34	8,9	10,9	29%	76%	82%
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	53%	100%	53%	34	6,6	8,3	28%	98%	85%
T13	50	4	F. PLANA	JS6-DOM4		100%	98%	97%	34	11,5	10,4	41%	97%	62%
			F. PLANA	JS3-DOM4		99%	100%	99%	34	6,4	7,3	32%	89%	72%
			F. PLANA	JS7-DOM4		59%	100%	59%	34	9,4	8,8	39%	100%	77%
T14	95	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		98%	100%	98%	34	8	8,3	35%	97%	66%
			CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	0%	39%	0%	34	9,9	11,2	32%	0%	100%
			F. PLANA	JS3-DOM2		100%	50%	50%	34	13,7	11,2	44%	50%	89%



**Tabla 11:** Resultado Cálculo Ancho Berma y Ángulo Interrampa Geométrico, Banco Simple  $\beta=60^\circ$ ,  $H=17m$ .

Talud			Potenciales Mecanismo de Inestabilidad			Cálculo Índice descreste					dB ( $\beta=60^\circ$ ) [m]			Ancho mínimo Am [m]			A = Am+dB [m]			Quebradura [m]			Pp [m]			Interrampa geométrico [°]		
Nombre Talud	Ddir	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	L 70% [m]	DG [m]	Prob condición B=60° [%]	Prob falla B=60° H=17m	Índice de descreste B=60°	Porcentaje de Retención [%]																	
											75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%			
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		12	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
			F. PLANA	JS2-DOM2		8	5	98%	28%	1,5	2,1	2,1	2,1	9,5	10,2	11,2	11,6	12,3	13,3	9,8	9,8	9,8	21,4	22,1	23,1	38	38	36
			F. PLANA	JS4-DOM1		16	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
			F. PLANA	JS1-DOM1		12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	9	7	52%	0%	0,0	3,1	3,1	3,1	9,5	10,2	11,2	12,6	13,3	14,3	9,8	9,8	9,8	22,4	23,1	24,1	37	36	35
			F. PLANA	JS1-DOM1		12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
			F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	27%	26%	0,5	3,0	3,0	3,0	9,5	10,2	11,2	12,5	13,2	14,2	9,8	9,8	9,8	22,3	23,0	24,0	37	37	35
			F. PLANA	JS5-DOM1		12	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	76%	26%	1,3	3,0	3,0	3,0	9,5	10,2	11,2	12,5	13,2	14,2	9,8	9,8	9,8	22,3	23,0	24,0	37	37	35
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
			F. PLANA	JS6-DOM1		13	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	12	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	88%	26%	1,5	3,0	3,0	3,0	9,5	10,2	11,2	12,5	13,2	14,2	9,8	9,8	9,8	22,3	23,0	24,0	37	37	35
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
			F. PLANA	JS6-DOM1		13	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	12	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	47%	26%	0,8	3,0	3,0	3,0	9,5	10,2	11,2	12,5	13,2	14,2	9,8	9,8	9,8	22,3	23,0	24,0	37	37	35
			F. PLANA	JS5-DOM2A		8	5	91%	21%	1,0	1,6	1,6	1,6	9,5	10,2	11,2	11,1	11,8	12,8	9,8	9,8	9,8	21,0	21,7	22,7	39	38	37
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	9	7	0%	0%	0,0	3,0	3,0	3,0	9,5	10,2	11,2	12,5	13,2	14,2	9,8	9,8	9,8	22,3	23,0	24,0	37	37	35
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		8	5	70%	21%	0,8	1,6	1,6	1,6	9,5	10,2	11,2	11,1	11,8	12,8	9,8	9,8	9,8	21,0	21,7	22,7	39	38	37
			F. PLANA	JS4-DOM2B		12	6	58%	0%	0,0	0,2	0,2	0,2	9,5	10,2	11,2	9,7	10,4	11,4	9,8	9,8	9,8	19,6	20,3	21,3	41	40	39
			F. PLANA	JS3-DOM2B		10	7	64%	35%	1,6	3,8	3,8	3,8	9,5	10,2	11,2	13,3	14,0	15,0	9,8	9,8	9,8	23,1	23,8	24,8	36	36	34
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	8	6	0%	0%	0,0	2,3	2,3	2,3	9,5	10,2	11,2	11,8	12,5	13,5	9,8	9,8	9,8	21,6	22,3	23,3	38	37	36
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		10	4	8%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
			F. PLANA	JS4-DOM2B		12	6	57%	0%	0,0	0,2	0,2	0,2	9,5	10,2	11,2	9,7	10,4	11,4	9,8	9,8	9,8	19,6	20,3	21,3	41	40	39
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	9	5	84%	0%	0,0	1,4	1,4	1,4	9,5	10,2	11,2	10,9	11,6	12,6	9,8	9,8	9,8	20,7	21,4	22,4	39	38	37
			F. PLANA	JS3-DOM2B		10	7	92%	25%	1,7	3,8	3,8	3,8	9,5	10,2	11,2	13,3	14,0	15,0	9,8	9,8	9,8	23,1	23,8	24,8	36	36	34
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	53%	19%	0,7	2,0	2,0	2,0	9,5	10,2	11,2	11,5	12,2	13,2	9,8	9,8	9,8	21,4	22,1	23,1	39	38	36
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	90%	19%	1,2	2,0	2,0	2,0	9,5	10,2	11,2	11,5	12,2	13,2	9,8	9,8	9,8	21,4	22,1	23,1	39	38	36
T9	25	4	F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	50%	24%	0,7	3,0	3,0	3,0	9,5	10,2	11,2	12,5	13,2	14,2	9,8	9,8	9,8	22,4	23,1	24,1	37	36	35
			F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	20%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
T10	60	4	F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	99%	24%	1,4	3,0	3,0	3,0	9,5	10,2	11,2	12,5	13,2	14,2	9,8	9,8	9,8	22,4	23,1	24,1	37	36	35
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	17%	19%	0,2	2,0	2,0	2,0	9,5	10,2	11,2	11,5	12,2	13,2	9,8	9,8	9,8	21,4	22,1	23,1	39	38	36
			F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	13%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
T11	95	4	F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	16%	24%	0,2	3,0	3,0	3,0	9,5	10,2	11,2	12,5	13,2	14,2	9,8	9,8	9,8	22,4	23,1	24,1	37	36	35
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	13	8	29%	0%	0,0	1,3	1,3	1,3	9,5	10,2	11,2	10,8	11,5	12,5	9,8	9,8	9,8	20,7	21,4	22,4	39	39	37
			F. PLANA	JS4-DOM2		10	7	71%	20%	0,9	2,5	2,5	2,5	9,5	10,2	11,2	12,0	12,7	13,7	9,8	9,8	9,8	21,8	22,5	23,5	38	37	36
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS2-DOM3		9	5	75%	18%	0,7	1,4	1,4	1,4	9,5	10,2	11,2	10,9	11,6	12,6	9,8	9,8	9,8	20,7	21,4	22,4	39	38	37
			F. PLANA	JS6-DOM3B		11	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	8	5	52%	0%	0,0	2,1	2,1	2,1	9,5	10,2	11,2	11,6	12,3	13,3	9,8	9,8	9,8	21,4	22,1	23,1	38	38	36
T13	50	4	F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	19%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	99%	24%	1,4	3,0	3,0	3,0	9,5	10,2	11,2	12,5	13,2	14,2	9,8	9,8	9,8	22,4	23,1	24,1	37	36	35
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	53%	19%	0,7	2,0	2,0	2,0	9,5	10,2	11,2	11,5	12,2	13,2	9,8	9,8	9,8	21,4	22,1	23,1	39	38	36
T14	95	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		10	7	91%	20%	1,2	2,5	2,5	2,5	9,5	10,2	11,2	12,0	12,7	13,7	9,8	9,8	9,8	21,8	22,5	23,5	38	37	36
			CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39
			F. PLANA	JS3-DOM2		16	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	10,2	11,2	9,5	10,2	11,2	9,8	9,8	9,8	19,3	20,0	21,0	41	40	39

**Tabla 12:** Resultado Cálculo Ancho Berma y Ángulo Interrampa Geométrico, Banco Simple  $\beta=65^\circ$ ,  $H=17m$ .

Talud			Potenciales Mecanismo de Inestabilidad			Cálculo índice descreste					dB ( $\beta=65^\circ$ ) [m]			Ancho mínimo Am [m]			A = Am+dB [m]			Quebradura [m]			Pp [m]			Interrampa geométrico [°]								
Nombre Talud	Ddir	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	L 70% [m]	DG [m]	Prob condición B=65° [%]	Prob falla B=65° H=17m	Índice de descreste B=65°	Porcentaje de Retención [%]																							
											75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%			
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		12	3	1%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
			F. PLANA	JS2-DOM2		8	5	100%	88%	4,7	2,7	2,7	2,7	8,8	9,5	10,6	11,5	12,2	13,3	7,9	7,9	7,9	19,4	20,1	21,2	41	40	39						
			F. PLANA	JS4-DOM1		16	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
			F. PLANA	JS1-DOM1		12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	9	7	53%	0%	0,0	3,8	3,8	3,8	8,8	9,5	10,6	12,6	13,3	14,4	7,9	7,9	7,9	20,6	21,3	22,4	40	39	37						
			F. PLANA	JS1-DOM1		12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
			F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	27%	75%	1,4	3,7	3,7	3,7	8,8	9,5	10,6	12,5	13,2	14,3	7,9	7,9	7,9	20,4	21,1	22,2	40	39	37						
			F. PLANA	JS5-DOM1		12	3	1%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	77%	75%	3,9	3,7	3,7	3,7	8,8	9,5	10,6	12,5	13,2	14,3	7,9	7,9	7,9	20,4	21,1	22,2	40	39	37						
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
			F. PLANA	JS6-DOM1		13	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	12	3	1%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	89%	75%	4,5	3,7	3,7	3,7	8,8	9,5	10,6	12,5	13,2	14,3	7,9	7,9	7,9	20,4	21,1	22,2	40	39	37						
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
			F. PLANA	JS6-DOM1		13	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	12	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	47%	75%	2,4	3,7	3,7	3,7	8,8	9,5	10,6	12,5	13,2	14,3	7,9	7,9	7,9	20,4	21,1	22,2	40	39	37						
			F. PLANA	JS5-DOM2A		8	5	97%	78%	4,0	2,3	2,3	2,3	8,8	9,5	10,6	11,1	11,8	12,9	7,9	7,9	7,9	19,1	19,8	20,9	42	41	39						
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	9	7	0%	0%	0,0	3,7	3,7	3,7	8,8	9,5	10,6	12,5	13,2	14,3	7,9	7,9	7,9	20,4	21,1	22,2	40	39	37						
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		8	5	75%	78%	3,1	2,3	2,3	2,3	8,8	9,5	10,6	11,1	11,8	12,9	7,9	7,9	7,9	19,1	19,8	20,9	42	41	39						
			F. PLANA	JS4-DOM2B		12	6	88%	29%	1,6	1,4	1,4	1,4	8,8	9,5	10,6	10,2	10,9	12,0	7,9	7,9	7,9	18,2	18,9	20,0	43	42	40						
			F. PLANA	JS3-DOM2B		10	7	64%	85%	4,0	4,4	4,4	4,4	8,8	9,5	10,6	13,2	13,9	15,0	7,9	7,9	7,9	21,2	21,9	23,0	39	38	37						
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	8	6	0%	0%	0,0	2,9	2,9	2,9	8,8	9,5	10,6	11,7	12,4	13,5	7,9	7,9	7,9	19,7	20,4	21,5	41	40	38						
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		10	4	28%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
			F. PLANA	JS4-DOM2B		12	6	87%	29%	1,6	1,4	1,4	1,4	8,8	9,5	10,6	10,2	10,9	12,0	7,9	7,9	7,9	18,2	18,9	20,0	43	42	40						
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	9	5	93%	0%	0,0	2,2	2,2	2,2	8,8	9,5	10,6	11,0	11,7	12,8	7,9	7,9	7,9	18,9	19,6	20,7	42	41	39						
			F. PLANA	JS3-DOM2B		10	7	92%	59%	4,0	4,4	4,4	4,4	8,8	9,5	10,6	13,2	13,9	15,0	7,9	7,9	7,9	21,2	21,9	23,0	39	38	37						
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	57%	74%	3,0	3,0	3,0	3,0	8,8	9,5	10,6	11,8	12,5	13,6	7,9	7,9	7,9	19,7	20,4	21,5	41	40	38						
T9	25	4	F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	98%	74%	5,1	3,0	3,0	3,0	8,8	9,5	10,6	11,8	12,5	13,6	7,9	7,9	7,9	19,7	20,4	21,5	41	40	38						
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	50%	58%	1,7	3,6	3,6	3,6	8,8	9,5	10,6	12,4	13,1	14,2	7,9	7,9	7,9	20,3	21,0	22,1	40	39	38						
T10	60	4	F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	44%	18%	0,4	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	99%	58%	3,4	3,6	3,6	3,6	8,8	9,5	10,6	12,4	13,1	14,2	7,9	7,9	7,9	20,3	21,0	22,1	40	39	38						
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	18%	74%	1,0	3,0	3,0	3,0	8,8	9,5	10,6	11,8	12,5	13,6	7,9	7,9	7,9	19,7	20,4	21,5	41	40	38						
T11	95	4	F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	29%	18%	0,3	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	16%	58%	0,5	3,6	3,6	3,6	8,8	9,5	10,6	12,4	13,1	14,2	7,9	7,9	7,9	20,3	21,0	22,1	40	39	38						
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	13	8	34%	0%	0,0	2,6	2,6	2,6	8,8	9,5	10,6	11,4	12,1	13,2	7,9	7,9	7,9	19,3	20,0	21,1	41	40	39						
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		10	7	75%	68%	3,3	3,3	3,3	3,3	8,8	9,5	10,6	12,1	12,8	13,9	7,9	7,9	7,9	20,0	20,7	21,8	40	39	38						
			F. PLANA	JS2-DOM3		9	5	87%	62%	2,8	2,1	2,1	2,1	8,8	9,5	10,6	10,9	11,6	12,7	7,9	7,9	7,9	18,8	19,5	20,6	42	41	39						
			F. PLANA	JS6-DOM3B		11	3	2%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	8	5	53%	0%	0,0	2,7	2,7	2,7	8,8	9,5	10,6	11,5	12,2	13,3	7,9	7,9	7,9	19,4	20,1	21,2	41	40	39						
T13	50	4	F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	44%	18%	0,4	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	99%	58%	3,4	3,6	3,6	3,6	8,8	9,5	10,6	12,4	13,1	14,2	7,9	7,9	7,9	20,3	21,0	22,1	40	39	38						
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	57%	74%	3,0	3,0	3,0	3,0	8,8	9,5	10,6	11,8	12,5	13,6	7,9	7,9	7,9	19,7	20,4	21,5	41	40	38						
T14	95	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		10	7	96%	68%	4,3	3,3	3,3	3,3	8,8	9,5	10,6	12,1	12,8	13,9	7,9	7,9	7,9	20,0	20,7	21,8	40	39	38						
			CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						
			F. PLANA	JS3-DOM2		16	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,8	9,5	10,6	8,8	9,5	10,6	7,9	7,9	7,9	16,7	17,4	18,5	45	44	43						



**Tabla 13:** Resultado Cálculo Ancho Berma y Ángulo Interrampa Geométrico, Banco Simple  $\beta=70^\circ$ ,  $H=17m$ .

Talud			Potenciales Mecanismo de Inestabilidad			Cálculo Índice descreste					dB ( $\beta=70^\circ$ ) [m]			Ancho mínimo Am [m]			A = Am + dB [m]			Quebradura [m]			Pp [m]			Interrampa geométrico [°]								
Nombre Talud	Ddir	Dom inio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	L 70% [m]	DG [m]	Prob condición B=70° [%]	Prob falla B=70° H=17m	Índice de descreste B=70°	Porcentaje de Retención [%]																							
											75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%						
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		12	3	9%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	9,2	10,3	8,5	9,2	10,3	6,2	6,2	6,2	14,7	15,4	16,5	49	48	46						
			F. PLANA	JS2-DOM2		8	5	100%	97%	5,2	3,3	3,3	3,3	8,5	9,2	10,3	11,8	12,5	13,6	6,2	6,2	6,2	18,0	18,7	19,8	43	42	41						
			F. PLANA	JS4-DOM1		16	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	9,2	10,3	8,5	9,2	10,3	6,2	6,2	6,2	14,7	15,4	16,5	49	48	46						
			F. PLANA	JS1-DOM1		12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	9,2	10,3	8,5	9,2	10,3	6,2	6,2	6,2	14,7	15,4	16,5	49	48	46						
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	9	7	53%	4%	0,1	4,5	4,5	4,5	8,5	9,2	10,3	13,0	13,7	14,8	6,2	6,2	6,2	19,2	19,9	21,0	42	41	39						
			F. PLANA	JS1-DOM1		12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	9,2	10,3	8,5	9,2	10,3	6,2	6,2	6,2	14,7	15,4	16,5	49	48	46						
			F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	27%	83%	1,5	4,3	4,3	4,3	8,5	9,2	10,3	12,8	13,5	14,6	6,2	6,2	6,2	19,0	19,7	20,8	42	41	39						
			F. PLANA	JS5-DOM1		12	3	11%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	9,2	10,3	8,5	9,2	10,3	6,2	6,2	6,2	14,7	15,4	16,5	49	48	46						
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	77%	83%	4,2	4,3	4,3	4,3	8,5	9,2	10,3	12,8	13,5	14,6	6,2	6,2	6,2	19,0	19,7	20,8	42	41	39						
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	9,2	10,3	8,5	9,2	10,3	6,2	6,2	6,2	14,7	15,4	16,5	49	48	46						
			F. PLANA	JS6-DOM1		13	3	5%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	9,2	10,3	8,5	9,2	10,3	6,2	6,2	6,2	14,7	15,4	16,5	49	48	46						
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	12	3	6%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	9,2	10,3	8,5	9,2	10,3	6,2	6,2	6,2	14,7	15,4	16,5	49	48	46						
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	89%	83%	4,9	4,3	4,3	4,3	8,5	9,2	10,3	12,8	13,5	14,6	6,2	6,2	6,2	19,0	19,7	20,8	42	41	39						
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	9,2	10,3	8,5	9,2	10,3	6,2	6,2	6,2	14,7	15,4	16,5	49	48	46						
			F. PLANA	JS6-DOM1		13	3	2%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	9,2	10,3	8,5	9,2	10,3	6,2	6,2	6,2	14,7	15,4	16,5	49	48	46						
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	12	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	9,2	10,3	8,5	9,2	10,3	6,2	6,2	6,2	14,7	15,4	16,5	49	48	46						
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	47%	83%	2,6	4,3	4,3	4,3	8,5	9,2	10,3	12,8	13,5	14,6	6,2	6,2	6,2	19,0	19,7	20,8	42	41	39						
			F. PLANA	JS5-DOM2A		8	5	99%	96%	5,0	3,0	3,0	3,0	8,5	9,2	10,3	11,5	12,2	13,3	6,2	6,2	6,2	17,7	18,4	19,5	44	43	41						
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	9,2	10,3	8,5	9,2	10,3	6,2	6,2	6,2	14,7	15,4	16,5	49	48	46						
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	9	7	0%	4%	0,0	4,3	4,3	4,3	8,5	9,2	10,3	12,8	13,5	14,6	6,2	6,2	6,2	19,0	19,7	20,8	42	41	39						
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		8	5	76%	96%	3,8	3,0	3,0	3,0	8,5	9,2	10,3	11,5	12,2	13,3	6,2	6,2	6,2	17,7	18,4	19,5	44	43	41						
			F. PLANA	JS4-DOM2B		12	6	99%	75%	4,7	2,5	2,5	2,5	8,5	9,2	10,3	11,0	11,7	12,8	6,2	6,2	6,2	17,2	17,9	19,0	45	44	42						
			F. PLANA	JS3-DOM2B		10	7	64%	91%	4,3	5,1	5,1	5,1	8,5	9,2	10,3	13,6	14,3	15,4	6,2	6,2	6,2	19,7	20,4	21,5	41	40	38						
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	8	6	0%	15%	0,0	3,5	3,5	3,5	8,5	9,2	10,3	12,0	12,7	13,8	6,2	6,2	6,2	18,2	18,9	20,0	43	42	40						
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		10	4	52%	28%	0,6	0,7	0,7	0,7	8,5	9,2	10,3	9,2	9,9	11,0	6,2	6,2	6,2	15,4	16,1	17,2	48	47	45						
			F. PLANA	JS4-DOM2B		12	6	97%	75%	4,6	2,5	2,5	2,5	8,5	9,2	10,3	11,0	11,7	12,8	6,2	6,2	6,2	17,2	17,9	19,0	45	44	42						
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	9	5	96%	1%	0,0	2,9	2,9	2,9	8,5	9,2	10,3	11,4	12,1	13,2	6,2	6,2	6,2	17,6	18,3	19,4	44	43	41						
			F. PLANA	JS3-DOM2B		10	7	92%	69%	4,7	5,1	5,1	5,1	8,5	9,2	10,3	13,6	14,3	15,4	6,2	6,2	6,2	19,7	20,4	21,5	41	40	38						
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	59%	97%	4,0	3,9	3,9	3,9	8,5	9,2	10,3	12,4	13,1	14,2	6,2	6,2	6,2	18,6	19,3	20,4	42	41	40						
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	100%	97%	6,8	3,9	3,9	3,9	8,5	9,2	10,3	12,4	13,1	14,2	6,2	6,2	6,2	18,6	19,3	20,4	42	41	40						
T9	25	4	F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	50%	67%	2,0	4,1	4,1	4,1	8,5	9,2	10,3	12,6	13,3	14,4	6,2	6,2	6,2	18,8	19,5	20,6	42	41	40						
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	19%	97%	1,3	3,9	3,9	3,9	8,5	9,2	10,3	12,4	13,1	14,2	6,2	6,2	6,2	18,6	19,3	20,4	42	41	40						
T10	60	4	F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	72%	41%	1,6	1,0	1,0	1,0	8,5	9,2	10,3	9,5	10,2	11,3	6,2	6,2	6,2	15,7	16,4	17,5	47	46	44						
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	99%	67%	3,9	4,1	4,1	4,1	8,5	9,2	10,3	12,6	13,3	14,4	6,2	6,2	6,2	18,8	19,5	20,6	42	41	40						
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	19%	97%	1,3	3,9	3,9	3,9	8,5	9,2	10,3	12,4	13,1	14,2	6,2	6,2	6,2	18,6	19,3	20,4	42	41	40						
T11	95	4	F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	47%	41%	1,1	1,0	1,0	1,0	8,5	9,2	10,3	9,5	10,2	11,3	6,2	6,2	6,2	15,7	16,4	17,5	47	46	44						
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	16%	67%	0,6	4,1	4,1	4,1	8,5	9,2	10,3	12,6	13,3	14,4	6,2	6,2	6,2	18,8	19,5	20,6	42	41	40						
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	13	8	34%	0%	0,0	3,7	3,7	3,7	8,5	9,2	10,3	12,2	12,9	14,0	6,2	6,2	6,2	18,4	19,1	20,2	43	42	40						
			F. PLANA	JS4-DOM2		10	7	76%	83%	4,2	4,0	4,0	4,0	8,5	9,2	10,3	12,5	13,2	14,3	6,2	6,2	6,2	18,7	19,4	20,5	42	41	40						
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS2-DOM3		9	5	92%	83%	4,0	2,8	2,8	2,8	8,5	9,2	10,3	11,3	12,0	13,1	6,2	6,2	6,2	17,5	18,2	19,3	44	43	41						
			F. PLANA	JS6-DOM3B		11	3	16%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	9,2	10,3	8,5	9,2	10,3	6,2	6,2	6,2	14,7	15,4	16,5	49	48	46						
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	8	5	53%	13%	0,4	3,3	3,3	3,3	8,5	9,2	10,3	11,8	12,5	13,6	6,2	6,2	6,2	18,0	18,7	19,8	43	42	41						
			F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	71%	41%	1,6	1,0	1,0	1,0	8,5	9,2	10,3	9,5	10,2	11,3	6,2	6,2	6,2	15,7	16,4	17,5	47	46	44						
T13	50	4	F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	99%	67%	3,9	4,1	4,1	4,1	8,5	9,2	10,3	12,6	13,3	14,4	6,2	6,2	6,2	18,8	19,5	20,6	42	41	40						
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	59%	97%	4,0	3,9	3,9	3,9	8,5	9,2	10,3	12,4	13,1	14,2	6,2	6,2	6,2	18,6	19,3	20,4	42	41	40						
			F. PLANA	JS4-DOM2		10	7	98%	83%	5,4	4,0	4,0	4,0	8,5	9,2	10,3	12,5	13,2	14,3	6,2	6,2	6,2	18,7	19,4	20,5	42	41	40						
T14	95	2-2A	CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	9,2	10,3	8,5	9,2	10,3	6,2	6,2	6,2	14,7	15,4	16,5	49	48	46						
			F. PLANA	JS3-DOM2		16	3	2%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	9,2	10,3	8,5	9,2	10,3	6,2	6,2	6,2	14,7	15,4	16,5	49	48	46						

**Tabla 14:** Resultado Cálculo Ancho Berma y Ángulo Interrampa Geométrico, Banco Simple  $\beta=75^\circ$ ,  $H=17m$ .

Talud			Potenciales Mecanismo de Inestabilidad			Cálculo Índice descreste					dB( $\beta=75^\circ$ ) [m]			Ancho mínimo Am[m]			A = Am+dB [m]			Quebradura [m]			Pp [m]			Interrampa geométrico [°]								
Nombre Talud	Ddir	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	L70% [m]	DG [m]	Prob condición B=75° [%]	Prob falla B=75° H=17m	Índice de descreste B=75°	Porcentaje de Retención [%]																							
											75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%			
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		12	3	34%	8%	0,1	0,0	0,0	0,0	8,1	8,8	10,3	8,1	8,8	10,3	4,6	4,6	4,6	12,7	13,4	16,5	53	52	46						
			F. PLANA	JS2-DOM2		8	5	100%	96%	5,2	3,9	3,9	3,9	8,1	8,8	10,3	12,0	12,7	13,6	4,6	4,6	4,6	16,5	17,2	19,8	46	45	41						
			F. PLANA	JS4-DOM1		16	1	1%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	8,8	10,3	8,1	8,8	10,3	4,6	4,6	4,6	12,7	13,4	16,5	53	52	46						
			F. PLANA	JS1-DOM1		12	1	5%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	8,8	10,3	8,1	8,8	10,3	4,6	4,6	4,6	12,7	13,4	16,5	53	52	46						
T2	205	1	CUÑA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	9	7	53%	31%	1,1	5,1	5,1	5,1	8,1	8,8	10,3	13,2	13,9	14,8	4,6	4,6	4,6	17,7	18,4	21,0	44	43	39						
			F. PLANA	JS1-DOM1		12	1	2%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	8,8	10,3	8,1	8,8	10,3	4,6	4,6	4,6	12,7	13,4	16,5	53	52	46						
			F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	27%	85%	1,6	4,9	4,9	4,9	8,1	8,8	10,3	13,0	13,7	14,6	4,6	4,6	4,6	17,6	18,3	20,8	44	43	39						
			F. PLANA	JS5-DOM1		12	3	42%	8%	0,1	0,0	0,0	0,0	8,1	8,8	10,3	8,1	8,8	10,3	4,6	4,6	4,6	12,7	13,4	16,5	53	52	46						
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	77%	85%	4,4	4,9	4,9	4,9	8,1	8,8	10,3	13,0	13,7	14,6	4,6	4,6	4,6	17,6	18,3	20,8	44	43	39						
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	8,8	10,3	8,1	8,8	10,3	4,6	4,6	4,6	12,7	13,4	16,5	53	52	46						
			F. PLANA	JS6-DOM1		13	3	27%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	8,8	10,3	8,1	8,8	10,3	4,6	4,6	4,6	12,7	13,4	16,5	53	52	46						
			CUÑA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	12	3	22%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	8,8	10,3	8,1	8,8	10,3	4,6	4,6	4,6	12,7	13,4	16,5	53	52	46						
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	89%	85%	5,1	4,9	4,9	4,9	8,1	8,8	10,3	13,0	13,7	14,6	4,6	4,6	4,6	17,6	18,3	20,8	44	43	39						
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	2%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	8,8	10,3	8,1	8,8	10,3	4,6	4,6	4,6	12,7	13,4	16,5	53	52	46						
			F. PLANA	JS6-DOM1		13	3	11%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	8,8	10,3	8,1	8,8	10,3	4,6	4,6	4,6	12,7	13,4	16,5	53	52	46						
			CUÑA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	12	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	8,8	10,3	8,1	8,8	10,3	4,6	4,6	4,6	12,7	13,4	16,5	53	52	46						
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	47%	85%	2,7	4,9	4,9	4,9	8,1	8,8	10,3	13,0	13,7	14,6	4,6	4,6	4,6	17,6	18,3	20,8	44	43	39						
			F. PLANA	JS5-DOM2A		8	5	99%	99%	5,2	3,6	3,6	3,6	8,1	8,8	10,3	11,7	12,4	13,3	4,6	4,6	4,6	16,2	16,9	19,5	46	45	41						
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	2%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	8,8	10,3	8,1	8,8	10,3	4,6	4,6	4,6	12,7	13,4	16,5	53	52	46						
			CUÑA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	9	7	0%	25%	0,0	4,9	4,9	4,9	8,1	8,8	10,3	13,0	13,7	14,6	4,6	4,6	4,6	17,6	18,3	20,8	44	43	39						
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		8	5	76%	99%	4,0	3,6	3,6	3,6	8,1	8,8	10,3	11,7	12,4	13,3	4,6	4,6	4,6	16,2	16,9	19,5	46	45	41						
			F. PLANA	JS4-DOM2B		12	6	100%	99%	6,3	3,5	3,5	3,5	8,1	8,8	10,3	11,6	12,3	12,8	4,6	4,6	4,6	16,2	16,9	19,0	46	45	42						
			F. PLANA	JS3-DOM2B		10	7	64%	94%	4,4	5,6	5,6	5,6	8,1	8,8	10,3	13,7	14,4	15,4	4,6	4,6	4,6	18,3	19,0	21,5	43	42	38						
			CUÑA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	8	6	0%	73%	0,0	4,1	4,1	4,1	8,1	8,8	10,3	12,2	12,9	13,8	4,6	4,6	4,6	16,8	17,5	20,0	45	44	40						
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		10	4	63%	64%	1,7	1,6	1,6	1,6	8,1	8,8	10,3	9,7	10,4	11,0	4,6	4,6	4,6	14,3	15,0	17,2	50	49	45						
			F. PLANA	JS4-DOM2B		12	6	99%	99%	6,2	3,5	3,5	3,5	8,1	8,8	10,3	11,6	12,3	12,8	4,6	4,6	4,6	16,2	16,9	19,0	46	45	42						
			CUÑA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	9	5	96%	4%	0,2	3,6	3,6	3,6	8,1	8,8	10,3	11,7	12,4	13,2	4,6	4,6	4,6	16,3	17,0	19,4	46	45	41						
			F. PLANA	JS3-DOM2B		10	7	92%	75%	5,0	5,6	5,6	5,6	8,1	8,8	10,3	13,7	14,4	15,4	4,6	4,6	4,6	18,3	19,0	21,5	43	42	38						
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	59%	99%	4,1	4,8	4,8	4,8	8,1	8,8	10,3	12,9	13,6	14,2	4,6	4,6	4,6	17,4	18,1	20,4	44	43	40						
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	100%	99%	7,0	4,8	4,8	4,8	8,1	8,8	10,3	12,9	13,6	14,2	4,6	4,6	4,6	17,4	18,1	20,4	44	43	40						
T9	25	4	F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	50%	72%	2,1	4,6	4,6	4,6	8,1	8,8	10,3	12,7	13,4	14,4	4,6	4,6	4,6	17,2	17,9	20,6	45	43	40						
			F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	90%	67%	3,4	2,2	2,2	2,2	8,1	8,8	10,3	10,3	11,0	11,3	4,6	4,6	4,6	14,9	15,6	17,5	49	47	44						
T10	60	4	F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	99%	72%	4,2	4,6	4,6	4,6	8,1	8,8	10,3	12,7	13,4	14,4	4,6	4,6	4,6	17,2	17,9	20,6	45	43	40						
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	19%	99%	1,3	4,8	4,8	4,8	8,1	8,8	10,3	12,9	13,6	14,2	4,6	4,6	4,6	17,4	18,1	20,4	44	43	40						
			F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	59%	67%	2,2	2,2	2,2	2,2	8,1	8,8	10,3	10,3	11,0	11,3	4,6	4,6	4,6	14,9	15,6	17,5	49	47	44						
T11	95	4	F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	16%	72%	0,7	4,6	4,6	4,6	8,1	8,8	10,3	12,7	13,4	14,4	4,6	4,6	4,6	17,2	17,9	20,6	45	43	40						
			CUÑA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	13	8	34%	1%	0,0	4,7	4,7	4,7	8,1	8,8	10,3	12,8	13,5	14,0	4,6	4,6	4,6	17,4	18,1	20,2	44	43	40						
			F. PLANA	JS4-DOM2		10	7	76%	87%	4,4	4,7	4,7	4,7	8,1	8,8	10,3	12,8	13,5	14,3	4,6	4,6	4,6	17,3	18,0	20,5	44	43	40						
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS2-DOM3		9	5	95%	93%	4,7	3,5	3,5	3,5	8,1	8,8	10,3	11,6	12,3	13,1	4,6	4,6	4,6	16,1	16,8	19,3	47	45	41						
			F. PLANA	JS6-DOM3B		11	3	49%	15%	0,2	0,0	0,0	0,0	8,1	8,8	10,3	8,1	8,8	10,3	4,6	4,6	4,6	12,7	13,4	16,5	53	52	46						
			CUÑA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	8	5	53%	53%	1,5	3,9	3,9	3,9	8,1	8,8	10,3	12,0	12,7	13,6	4,6	4,6	4,6	16,5	17,2	19,8	46	45	41						
			F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	90%	67%	3,4	2,2	2,2	2,2	8,1	8,8	10,3	10,3	11,0	11,3	4,6	4,6	4,6	14,9	15,6	17,5	49	47	44						
T13	50	4	F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	99%	72%	4,2	4,6	4,6	4,6	8,1	8,8	10,3	12,7	13,4	14,4	4,6	4,6	4,6	17,2	17,9	20,6	45	43	40						
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	59%	99%	4,1	4,8	4,8	4,8	8,1	8,8	10,3	12,9	13,6	14,2	4,6	4,6	4,6	17,4	18,1	20,4	44	43	40						
			F. PLANA	JS4-DOM2		10	7	98%	87%	5,6	4,7	4,7	4,7	8,1	8,8	10,3	12,8	13,5	14,3	4,6	4,6	4,6	17,3	18,0	20,5	44	43	40						
T14	95	2-2A	CUÑA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	8,8	10,3	8,1	8,8	10,3	4,6	4,6	4,6	12,7	13,4	16,5	53	52	46						
			F. PLANA	JS3-DOM2		16	3	16%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	8,1	8,8	10,3	8,1	8,8	10,3	4,6	4,6	4,6	12,7	13,4	16,5	53	52	46						

**Tabla 15:** Resultado Cálculo Ancho Berma y Ángulo Interrampa Geométrico, Banco Simple  $\beta=80$ ,  $H=17m$ .

Talud			Potenciales Mecanismo de Inestabilidad			Cálculo Índice descreste					dB ( $\beta=80^\circ$ ) [m]			Ancho mínimo Am[m]			A = Am+dB [m]			Quebradura [m]			Pp [m]			Interrampa geométrico [°]		
Nombre Talud	Ddir	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	L70% [m]	DG [m]	Prob condición B=80° [%]	Prob falla B=80° H=17m	Índice de descreste B=80°	Porcentaje de Retención [%]																	
											75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%			
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		12	3	63%	41%	0,7	0,8	0,8	0,8	7,5	7,7	9,9	8,3	8,5	9,9	3,0	3,0	3,0	11,3	11,5	14,5	56	56	50
			F. PLANA	JS2-DOM2		8	5	100%	99%	5,3	4,4	4,4	4,4	7,5	7,7	9,9	11,9	12,1	13,8	3,0	3,0	3,0	14,9	15,1	18,3	49	48	43
			F. PLANA	JS4-DOM1		16	1	7%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	7,7	9,9	7,5	7,7	9,9	3,0	3,0	3,0	10,5	10,7	14,5	58	58	50
			F. PLANA	JS1-DOM1		12	1	27%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	7,7	9,9	7,5	7,7	9,9	3,0	3,0	3,0	10,5	10,7	14,5	58	58	50
T2	205	1	CUJNA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	9	7	53%	53%	1,9	5,7	5,7	5,7	7,5	7,7	9,9	13,2	13,4	15,0	3,0	3,0	3,0	16,2	16,4	19,5	46	46	41
			F. PLANA	JS1-DOM1		12	1	8%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	7,7	9,9	7,5	7,7	9,9	3,0	3,0	3,0	10,5	10,7	14,5	58	58	50
			F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	27%	87%	1,6	5,5	5,5	5,5	7,5	7,7	9,9	13,0	13,2	14,8	3,0	3,0	3,0	16,0	16,2	19,4	47	46	41
			F. PLANA	JS5-DOM1		12	3	79%	41%	0,9	0,8	0,8	0,8	7,5	7,7	9,9	8,3	8,5	9,9	3,0	3,0	3,0	11,3	11,5	14,5	56	56	50
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	77%	87%	4,5	5,5	5,5	5,5	7,5	7,7	9,9	13,0	13,2	14,8	3,0	3,0	3,0	16,0	16,2	19,4	47	46	41
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	1%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	7,7	9,9	7,5	7,7	9,9	3,0	3,0	3,0	10,5	10,7	14,5	58	58	50
			F. PLANA	JS6-DOM1		13	3	65%	30%	0,5	0,5	0,5	0,5	7,5	7,7	9,9	8,0	8,2	9,9	3,0	3,0	3,0	11,0	11,2	14,5	57	57	50
			CUJNA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	12	3	41%	6%	0,1	0,8	0,8	0,8	7,5	7,7	9,9	8,3	8,5	9,9	3,0	3,0	3,0	11,3	11,5	14,5	56	56	50
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	89%	87%	5,2	5,5	5,5	5,5	7,5	7,7	9,9	13,0	13,2	14,8	3,0	3,0	3,0	16,0	16,2	19,4	47	46	41
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	16%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	7,7	9,9	7,5	7,7	9,9	3,0	3,0	3,0	10,5	10,7	14,5	58	58	50
			F. PLANA	JS6-DOM1		13	3	27%	30%	0,2	0,5	0,5	0,5	7,5	7,7	9,9	8,0	8,2	9,9	3,0	3,0	3,0	11,0	11,2	14,5	57	57	50
			CUJNA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	12	3	0%	0%	0,0	0,4	0,4	0,4	7,5	7,7	9,9	7,9	8,1	9,9	3,0	3,0	3,0	10,9	11,1	14,5	57	57	50
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	47%	87%	2,8	5,5	5,5	5,5	7,5	7,7	9,9	13,0	13,2	14,8	3,0	3,0	3,0	16,0	16,2	19,4	47	46	41
			F. PLANA	JS5-DOM2A		8	5	99%	100%	5,2	4,2	4,2	4,2	7,5	7,7	9,9	11,7	11,9	13,5	3,0	3,0	3,0	14,7	14,9	18,0	49	49	43
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	16%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	7,7	9,9	7,5	7,7	9,9	3,0	3,0	3,0	10,5	10,7	14,5	58	58	50
			CUJNA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	9	7	0%	43%	0,0	5,5	5,5	5,5	7,5	7,7	9,9	13,0	13,2	14,8	3,0	3,0	3,0	16,0	16,2	19,4	47	46	41
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		8	5	76%	100%	4,0	4,2	4,2	4,2	7,5	7,7	9,9	11,7	11,9	13,5	3,0	3,0	3,0	14,7	14,9	18,0	49	49	43
			F. PLANA	JS4-DOM2B		12	6	100%	100%	6,4	4,5	4,5	4,5	7,5	7,7	9,9	12,0	12,2	13,4	3,0	3,0	3,0	15,0	15,2	18,0	49	48	43
			F. PLANA	JS3-DOM2B		10	7	64%	97%	4,5	6,2	6,2	6,2	7,5	7,7	9,9	13,7	13,9	15,5	3,0	3,0	3,0	16,7	16,9	20,1	46	45	40
			CUJNA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	8	6	0%	95%	0,0	4,6	4,6	4,6	7,5	7,7	9,9	12,1	12,3	14,0	3,0	3,0	3,0	15,1	15,3	18,6	48	48	42
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		10	4	65%	96%	2,5	2,5	2,5	2,5	7,5	7,7	9,9	10,0	10,2	11,5	3,0	3,0	3,0	13,0	13,2	16,1	53	52	47
			F. PLANA	JS4-DOM2B		12	6	99%	100%	6,3	4,5	4,5	4,5	7,5	7,7	9,9	12,0	12,2	13,4	3,0	3,0	3,0	15,0	15,2	18,0	49	48	43
			F. PLANA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	9	5	96%	9%	0,5	4,2	4,2	4,2	7,5	7,7	9,9	11,7	11,9	13,5	3,0	3,0	3,0	14,7	14,9	18,1	49	49	43
			F. PLANA	JS3-DOM2B		10	7	92%	79%	5,3	6,2	6,2	6,2	7,5	7,7	9,9	13,7	13,9	15,5	3,0	3,0	3,0	16,7	16,9	20,1	46	45	40
T8	350	4	F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	59%	100%	4,2	5,6	5,6	5,6	7,5	7,7	9,9	13,1	13,3	14,7	3,0	3,0	3,0	16,1	16,3	19,2	47	46	41
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	100%	100%	7,1	5,6	5,6	5,6	7,5	7,7	9,9	13,1	13,3	14,7	3,0	3,0	3,0	16,1	16,3	19,2	47	46	41
T9	25	4	F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	50%	75%	2,2	5,0	5,0	5,0	7,5	7,7	9,9	12,5	12,7	14,5	3,0	3,0	3,0	15,5	15,7	19,0	48	47	42
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	98%	89%	4,9	3,4	3,4	3,4	7,5	7,7	9,9	10,9	11,1	12,1	3,0	3,0	3,0	13,9	14,1	16,7	51	50	46
T10	60	4	F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	99%	75%	4,4	5,0	5,0	5,0	7,5	7,7	9,9	12,5	12,7	14,5	3,0	3,0	3,0	15,5	15,7	19,0	48	47	42
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	19%	100%	1,3	5,6	5,6	5,6	7,5	7,7	9,9	13,1	13,3	14,7	3,0	3,0	3,0	16,1	16,3	19,2	47	46	41
			F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	64%	89%	3,2	3,4	3,4	3,4	7,5	7,7	9,9	10,9	11,1	12,1	3,0	3,0	3,0	13,9	14,1	16,7	51	50	46
T11	95	4	F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	16%	75%	0,7	5,0	5,0	5,0	7,5	7,7	9,9	12,5	12,7	14,5	3,0	3,0	3,0	15,5	15,7	19,0	48	47	42
			CUJNA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	13	8	34%	32%	0,8	5,7	5,7	5,7	7,5	7,7	9,9	13,2	13,4	14,6	3,0	3,0	3,0	16,2	16,4	19,2	46	46	42
			F. PLANA	JS4-DOM2		10	7	76%	90%	4,5	5,3	5,3	5,3	7,5	7,7	9,9	12,8	13,0	14,6	3,0	3,0	3,0	15,8	16,0	19,1	47	47	42
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS2-DOM3		9	5	96%	97%	4,9	4,1	4,1	4,1	7,5	7,7	9,9	11,6	11,8	13,4	3,0	3,0	3,0	14,6	14,8	17,9	49	49	44
			F. PLANA	JS6-DOM3B		11	3	82%	47%	1,1	0,9	0,9	0,9	7,5	7,7	9,9	8,4	8,6	9,9	3,0	3,0	3,0	11,4	11,6	14,5	56	56	50
			CUJNA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	8	5	53%	71%	2,1	4,4	4,4	4,4	7,5	7,7	9,9	11,9	12,1	13,8	3,0	3,0	3,0	14,9	15,1	18,3	49	48	43
			F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	97%	89%	4,9	3,4	3,4	3,4	7,5	7,7	9,9	10,9	11,1	12,1	3,0	3,0	3,0	13,9	14,1	16,7	51	50	46
T13	50	4	F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	99%	75%	4,4	5,0	5,0	5,0	7,5	7,7	9,9	12,5	12,7	14,5	3,0	3,0	3,0	15,5	15,7	19,0	48	47	42
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	59%	100%	4,2	5,6	5,6	5,6	7,5	7,7	9,9	13,1	13,3	14,7	3,0	3,0	3,0	16,1	16,3	19,2	47	46	41
			F. PLANA	JS4-DOM2		10	7	98%	90%	5,8	5,3	5,3	5,3	7,5	7,7	9,9	12,8	13,0	14,6	3,0	3,0	3,0	15,8	16,0	19,1	47	47	42
T14	95	2-2A	CUJNA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	7,7	9,9	7,5	7,7	9,9	3,0	3,0	3,0	10,5	10,7	14,5	58	58	50
			F. PLANA	JS3-DOM2		16	3	50%	20%	0,3	0,0	0,0	0,0	7,5	7,7	9,9	7,5	7,7	9,9	3,0	3,0	3,0	10,5	10,7	14,5	58	58	50

**Tabla 16:** Resultado Cálculo Ancho Berma y Ángulo Interrampa Geométrico, Banco Doble  $\beta=60$ ,  $H=34m$ .

Talud			Potenciales Mecanismo de Inestabilidad			Cálculo Índice descreste					dB ( $\beta=60^\circ$ ) [m]			Ancho mínimo Am [m]			A = Am + dB [m]			Quebradura [m]			Pp [m]			Interrampa geométrico [°]								
Nombre Talud	Ddir	Dom inio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	L70% [m]	DG [m]	Prob condición B=60° [%]	Prob falla B=60° H=34m	Índice de descreste B=60°	Porcentaje de Retención [%]																							
											75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%						
T1	170	1-2	F. PLANA JS5-DOM1			12	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
			F. PLANA JS2-DOM2			8	5	98%	95%	6,1	2,1	2,1	2,1	11,1	12,1	14,1	13,2	14,2	16,2	19,6	19,6	19,6	32,8	33,8	35,8	46	45	44						
			F. PLANA JS4-DOM1			16	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
			F. PLANA JS1-DOM1			12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
T2	205	1	CUNA JS2-DOM1	JS1-DOM1		9	7	52%	4%	0,1	3,1	3,1	3,1	11,1	12,1	14,1	14,2	15,2	17,2	19,6	19,6	19,6	33,9	34,9	36,9	45	44	43						
			F. PLANA JS1-DOM1			12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
			F. PLANA JS2-DOM1			9	7	27%	91%	1,9	3,0	3,0	3,0	11,1	12,1	14,1	14,1	15,1	17,1	19,6	19,6	19,6	33,7	34,7	36,7	45	44	43						
			F. PLANA JS5-DOM1			12	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
T3	225	1	F. PLANA JS2-DOM1			9	7	76%	91%	5,3	3,0	3,0	3,0	11,1	12,1	14,1	14,1	15,1	17,1	19,6	19,6	19,6	33,7	34,7	36,7	45	44	43						
			F. PLANA JS3-DOM1			13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
			CUNA JS2-DOM1	JS1-DOM1		9	7	23%	37%	0,7	3,1	3,1	3,1	11,1	12,1	14,1	14,2	15,2	17,2	19,6	19,6	19,6	33,9	34,9	36,9	45	44	43						
			CUNA JS3-DOM1	JS5-DOM1		12	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
T4	255	1	F. PLANA JS2-DOM1			9	7	88%	91%	6,2	3,0	3,0	3,0	11,1	12,1	14,1	14,1	15,1	17,1	19,6	19,6	19,6	33,7	34,7	36,7	45	44	43						
			F. PLANA JS3-DOM1			13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
			F. PLANA JS6-DOM1			13	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
			CUNA JS4-DOM1	JS1-DOM1		12	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
T5	275	1-2A	F. PLANA JS2-DOM1			9	7	47%	91%	3,3	3,0	3,0	3,0	11,1	12,1	14,1	14,1	15,1	17,1	19,6	19,6	19,6	33,7	34,7	36,7	45	44	43						
			F. PLANA JS5-DOM2A			8	5	91%	85%	5,3	1,6	1,6	1,6	11,1	12,1	14,1	12,7	13,7	15,7	19,6	19,6	19,6	32,4	33,4	35,4	46	46	44						
			F. PLANA JS3-DOM1			13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
			CUNA JS4-DOM1	JS2-DOM1		9	7	0%	14%	0,0	3,0	3,0	3,0	11,1	12,1	14,1	14,1	15,1	17,1	19,6	19,6	19,6	33,7	34,7	36,7	45	44	43						
T6	305	2A-2B	F. PLANA JS5-DOM2A			8	5	70%	85%	4,0	1,6	1,6	1,6	11,1	12,1	14,1	12,7	13,7	15,7	19,6	19,6	19,6	32,4	33,4	35,4	46	46	44						
			F. PLANA JS4-DOM2B			12	6	58%	42%	2,5	0,2	0,2	0,2	11,1	12,1	14,1	11,3	12,3	14,3	19,6	19,6	19,6	31,0	32,0	34,0	48	47	45						
			CUNA JS2-DOM2A	JS5-DOM2A		8	5	0%	26%	0,0	1,6	1,6	1,6	11,1	12,1	14,1	12,7	13,7	15,7	19,6	19,6	19,6	32,4	33,4	35,4	46	46	44						
			CUNA JS6-DOM2A	JS5-DOM2A		8	6	18%	3%	0,0	2,3	2,3	2,3	11,1	12,1	14,1	13,4	14,4	16,4	19,6	19,6	19,6	33,0	34,0	36,0	46	45	43						
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA JS2-DOM2A			10	4	8%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
			F. PLANA JS4-DOM2B			12	6	57%	42%	2,5	0,2	0,2	0,2	11,1	12,1	14,1	11,3	12,3	14,3	19,6	19,6	19,6	31,0	32,0	34,0	48	47	45						
			CUNA JS2-DOM3A	JS1-DOM3A		9	5	84%	0%	0,0	1,4	1,4	1,4	11,1	12,1	14,1	12,5	13,5	15,5	19,6	19,6	19,6	32,2	33,2	35,2	47	46	44						
			F. PLANA JS3-DOM2B			10	7	92%	88%	6,4	3,8	3,8	3,8	11,1	12,1	14,1	14,9	15,9	17,9	19,6	19,6	19,6	34,5	35,5	37,5	45	44	42						
T8	350	4	CUNA JS2-DOM2A	JS5-DOM2A		8	5	0%	18%	0,0	1,6	1,6	1,6	11,1	12,1	14,1	12,7	13,7	15,7	19,6	19,6	19,6	32,4	33,4	35,4	46	46	44						
			F. PLANA JS7-DOM4			11	7	53%	81%	4,0	2,0	2,0	2,0	11,1	12,1	14,1	13,1	14,1	16,1	19,6	19,6	19,6	32,8	33,8	35,8	46	45	44						
			F. PLANA JS7-DOM4			11	7	90%	81%	6,9	2,0	2,0	2,0	11,1	12,1	14,1	13,1	14,1	16,1	19,6	19,6	19,6	32,8	33,8	35,8	46	45	44						
			F. PLANA JS3-DOM4			8	6	50%	83%	2,7	3,0	3,0	3,0	11,1	12,1	14,1	14,1	15,1	17,1	19,6	19,6	19,6	33,8	34,8	36,8	45	44	43						
T10	60	4	F. PLANA JS6-DOM4			14	6	20%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
			F. PLANA JS3-DOM4			8	6	99%	83%	5,3	3,0	3,0	3,0	11,1	12,1	14,1	14,1	15,1	17,1	19,6	19,6	19,6	33,8	34,8	36,8	45	44	43						
			F. PLANA JS7-DOM4			11	7	17%	81%	1,3	2,0	2,0	2,0	11,1	12,1	14,1	13,1	14,1	16,1	19,6	19,6	19,6	32,8	33,8	35,8	46	45	44						
			F. PLANA JS6-DOM4			14	6	13%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
T11	95	4	F. PLANA JS3-DOM4			8	6	16%	83%	0,8	3,0	3,0	3,0	11,1	12,1	14,1	14,1	15,1	17,1	19,6	19,6	19,6	33,8	34,8	36,8	45	44	43						
			CUNA JS5-DOM4	JS6-DOM4		13	8	29%	0%	0,0	1,3	1,3	1,3	11,1	12,1	14,1	12,4	13,4	15,4	19,6	19,6	19,6	32,1	33,1	35,1	47	46	44						
			F. PLANA JS4-DOM2			10	7	71%	83%	4,7	2,5	2,5	2,5	11,1	12,1	14,1	13,6	14,6	16,6	19,6	19,6	19,6	33,2	34,2	36,2	46	45	43						
			F. PLANA JS2-DOM3			9	5	75%	78%	4,2	1,4	1,4	1,4	11,1	12,1	14,1	12,5	13,5	15,5	19,6	19,6	19,6	32,1	33,1	35,1	47	46	44						
T12	135	2-3-3B	F. PLANA JS6-DOM3B			11	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
			CUNA JS2-DOM2	JS3-DOM2		8	5	52%	2%	0,1	2,1	2,1	2,1	11,1	12,1	14,1	13,2	14,2	16,2	19,6	19,6	19,6	32,8	33,8	35,8	46	45	44						
			F. PLANA JS6-DOM4			14	6	19%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47	45						
			F. PLANA JS3-DOM4			8	6	99%	83%	5,3	3,0	3,0	3,0	11,1	12,1	14,1	14,1	15,1	17,1	19,6	19,6	19,6	33,8	34,8	36,8	45	44	43						
T13	50	4	F. PLANA JS7-DOM4			11	7	53%	81%	4,0	2,0	2,0	2,0	11,1	12,1	14,1	13,1	14,1	16,1	19,6	19,6	19,6	32,8	33,8	35,8	46	45	44						
			F. PLANA JS4-DOM2			10	7	91%	83%	6,0	2,5	2,5	2,5	11,1	12,1	14,1	13,6	14,6	16,6	19,6	19,6	19,6	33,2	34,2	36,2	46	45	43						
			CUNA JS4-DOM2A	JS1-DOM2A		12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	12,1	14,1	11,1	12,1	14,1	19,6	19,6	19,6	30,7	31,7	33,7	48	47							



**Tabla 17:** Resultado Cálculo Ancho Berma y Ángulo Interrampa Geométrico, Banco Doble  $\beta=65$ , H=34m.

Talud			Potenciales Mecanismo de Inestabilidad			Cálculo Índice descreste					dB (b=65°) [m]			Ancho mínimo Am [m]			A = Am+dB [m]			Quebradura [m]			Pp [m]			Interrampa geométrico [°]								
Nombre Talud	Ddir	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	L70% [m]	DG [m]	Prob condición B=65° [%]	Prob falla B=65° H=34m	Índice de descreste B=65°	Porcentaje de Retención [%]																							
											75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%			
T1	170	1-2	F. PLANA JS5-DOM1			12	3	1%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
			F. PLANA JS2-DOM2			8	5	100%	100%	6,6	2,7	2,7	2,7	10,5	11,2	13,5	13,2	13,9	16,2	15,9	15,9	15,9	29,1	29,8	32,1	49	49	47						
			F. PLANA JS4-DOM1			16	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
			F. PLANA JS1-DOM1			12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
T2	205	1	CUNA JS2-DOM1 JS1-DOM1			9	7	53%	31%	1,3	3,8	3,8	3,8	10,5	11,2	13,5	14,3	15,0	17,3	15,9	15,9	15,9	30,2	30,9	33,2	48	48	46						
			F. PLANA JS1-DOM1			12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
			F. PLANA JS2-DOM1			9	7	27%	95%	2,0	3,7	3,7	3,7	10,5	11,2	13,5	14,2	14,9	17,2	15,9	15,9	15,9	30,0	30,7	33,0	49	48	46						
			F. PLANA JS5-DOM1			12	3	1%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
T3	225	1	F. PLANA JS2-DOM1			9	7	77%	95%	5,6	3,7	3,7	3,7	10,5	11,2	13,5	14,2	14,9	17,2	15,9	15,9	15,9	30,0	30,7	33,0	49	48	46						
			F. PLANA JS3-DOM1			13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
			CUNA JS2-DOM1 JS1-DOM1			9	7	23%	66%	1,2	3,8	3,8	3,8	10,5	11,2	13,5	14,3	15,0	17,3	15,9	15,9	15,9	30,2	30,9	33,2	48	48	46						
			CUNA JS3-DOM1 JS5-DOM1			12	3	1%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
T4	255	1	F. PLANA JS2-DOM1			9	7	89%	95%	6,5	3,7	3,7	3,7	10,5	11,2	13,5	14,2	14,9	17,2	15,9	15,9	15,9	30,0	30,7	33,0	49	48	46						
			F. PLANA JS3-DOM1			13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
			F. PLANA JS6-DOM1			13	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
			CUNA JS4-DOM1 JS1-DOM1			12	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
T5	275	1-2A	F. PLANA JS2-DOM1			9	7	47%	95%	3,4	3,7	3,7	3,7	10,5	11,2	13,5	14,2	14,9	17,2	15,9	15,9	15,9	30,0	30,7	33,0	49	48	46						
			F. PLANA JS5-DOM2A			8	5	97%	97%	6,4	2,3	2,3	2,3	10,5	11,2	13,5	12,8	13,5	15,8	15,9	15,9	15,9	28,7	29,4	31,7	50	49	47						
			F. PLANA JS3-DOM1			13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
			CUNA JS4-DOM1 JS2-DOM1			9	7	0%	44%	0,0	3,7	3,7	3,7	10,5	11,2	13,5	14,2	14,9	17,2	15,9	15,9	15,9	30,0	30,7	33,0	49	48	46						
T6	305	2A-2B	F. PLANA JS5-DOM2A			8	5	75%	97%	4,9	2,3	2,3	2,3	10,5	11,2	13,5	12,8	13,5	15,8	15,9	15,9	15,9	28,7	29,4	31,7	50	49	47						
			F. PLANA JS4-DOM2B			12	6	88%	74%	6,7	1,4	1,4	1,4	10,5	11,2	13,5	11,9	12,6	14,9	15,9	15,9	15,9	27,8	28,5	30,8	51	50	48						
			CUNA JS2-DOM2A JS5-DOM2A			8	5	0%	76%	0,0	2,3	2,3	2,3	10,5	11,2	13,5	12,8	13,5	15,8	15,9	15,9	15,9	28,7	29,4	31,7	50	49	47						
			CUNA JS6-DOM2A JS5-DOM2A			8	6	19%	33%	0,4	2,9	2,9	2,9	10,5	11,2	13,5	13,4	14,1	16,4	15,9	15,9	15,9	29,3	30,0	32,3	49	49	46						
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA JS2-DOM2A			10	4	28%	400%	9,2	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
			F. PLANA JS4-DOM2B			12	6	87%	74%	6,6	1,4	1,4	1,4	10,5	11,2	13,5	11,9	12,6	14,9	15,9	15,9	15,9	27,8	28,5	30,8	51	50	48						
			CUNA JS2-DOM3A JS1-DOM3A			9	5	93%	3%	0,2	2,2	2,2	2,2	10,5	11,2	13,5	12,7	13,4	15,7	15,9	15,9	15,9	28,6	29,3	31,6	50	49	47						
			F. PLANA JS3-DOM2B			10	7	92%	91%	6,6	4,4	4,4	4,4	10,5	11,2	13,5	14,9	15,6	17,9	15,9	15,9	15,9	30,8	31,5	33,8	48	47	45						
			CUNA JS2-DOM2A JS5-DOM2A			8	5	0%	56%	0,0	2,3	2,3	2,3	10,5	11,2	13,5	12,8	13,5	15,8	15,9	15,9	15,9	28,7	29,4	31,7	50	49	47						
T8	350	4	F. PLANA JS7-DOM4			11	7	57%	95%	5,1	3,0	3,0	3,0	10,5	11,2	13,5	13,5	14,2	16,5	15,9	15,9	15,9	29,4	30,1	32,4	49	49	46						
			F. PLANA JS7-DOM4			11	7	98%	95%	8,7	3,0	3,0	3,0	10,5	11,2	13,5	13,5	14,2	16,5	15,9	15,9	15,9	29,4	30,1	32,4	49	49	46						
T9	25	4	F. PLANA JS3-DOM4			8	6	50%	86%	2,7	3,6	3,6	3,6	10,5	11,2	13,5	14,1	14,8	17,1	15,9	15,9	15,9	29,9	30,6	32,9	49	48	46						
			F. PLANA JS3-DOM4			14	6	44%	50%	2,5	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
T10	60	4	F. PLANA JS3-DOM4			8	6	99%	86%	5,4	3,6	3,6	3,6	10,5	11,2	13,5	14,1	14,8	17,1	15,9	15,9	15,9	29,9	30,6	32,9	49	48	46						
			F. PLANA JS7-DOM4			11	7	18%	95%	1,6	3,0	3,0	3,0	10,5	11,2	13,5	13,5	14,2	16,5	15,9	15,9	15,9	29,4	30,1	32,4	49	49	46						
			F. PLANA JS6-DOM4			14	6	29%	50%	1,7	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
T11	95	4	F. PLANA JS3-DOM4			8	6	16%	86%	0,9	3,6	3,6	3,6	10,5	11,2	13,5	14,1	14,8	17,1	15,9	15,9	15,9	29,9	30,6	32,9	49	48	46						
			CUNA JS5-DOM4 JS6-DOM4			13	8	34%	15%	0,5	2,6	2,6	2,6	10,5	11,2	13,5	13,1	13,8	16,1	15,9	15,9	15,9	28,9	29,6	31,9	50	49	47						
			F. PLANA JS4-DOM2			10	7	75%	91%	5,4	3,3	3,3	3,3	10,5	11,2	13,5	13,8	14,5	16,8	15,9	15,9	15,9	29,6	30,3	32,6	49	48	46						
			F. PLANA JS2-DOM3			9	5	87%	89%	5,4	2,1	2,1	2,1	10,5	11,2	13,5	12,6	13,3	15,6	15,9	15,9	15,9	28,5	29,2	31,5	50	49	47						
T12	135	2-3-3B	F. PLANA JS6-DOM3B			11	3	2%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
			CUNA JS2-DOM2 JS3-DOM2			8	5	53%	28%	1,0	2,7	2,7	2,7	10,5	11,2	13,5	13,2	13,9	16,2	15,9	15,9	15,9	29,1	29,8	32,1	49	49	47						
			F. PLANA JS6-DOM4			14	6	44%	50%	2,5	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5	11,2	13,5	15,9	15,9	15,9	26,4	27,1	29,4	52	51	49						
T13	50	4	F. PLANA JS3-DOM4			8	6	99%	86%	5,4	3,6	3,6	3,6	10,5	11,2	13,5	14,1	14,8	17,1	15,9	15,9	15,9	29,9	30,6	32,9	49	48	46						
			F. PLANA JS7-DOM4			11	7	57%	95%	5,1	3,0	3,0	3,0	10,5	11,2	13,5	13,5	14,2	16,5	15,9	15,9	15,9	29,4	30,1	32,4	49	49	46						
			F. PLANA JS4-DOM2			10	7	96%	91%	7,0	3,3	3,3	3,3	10,5	11,2	13,5	13,8	14,5	16,8	15,9	15,9	15,9	29,6	30,3	32,6	49	48	46						
T14	95	2-2A	CUNA JS4-DOM2A JS1-DOM2A			12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	10,5	11,2	13,5	10,5																	

**Tabla 18:** Resultado Cálculo Ancho Berma y Ángulo Interrampa Geométrico, Banco Doble  $\beta=70$ , H=34m.

Talud			Potenciales Mecanismo de Inestabilidad			Cálculo Índice descreste					dB (b=70°) [m]			Ancho mínimo Am [m]			A = Am + dB [m]			Quebradura [m]			Pp [m]			Interrampa geométrico [°]											
Nombre Talud	Ddir	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	L70% [m]	DG [m]	Prob condición B=70° [%]	Prob falla B=70° H=34m	Índice de descreste B=70°	Porcentaje de Retención [%]																										
											75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%						
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		12	3	9%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	13,7	15	12,5	13,7	15,0	12,4	12,4	12,4	24,9	26,1	27,4	54	53	51									
			F. PLANA	JS2-DOM2		8	5	100%	100%	6,6	3,3	3,3	3,3	12,5	13,7	15	15,8	17,0	18,3	12,4	12,4	12,4	28,2	29,4	30,7	50	49	48									
			F. PLANA	JS4-DOM1		16	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	13,7	15	12,5	13,7	15,0	12,4	12,4	12,4	24,9	26,1	27,4	54	53	51									
			F. PLANA	JS1-DOM1		12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	13,7	15	12,5	13,7	15,0	12,4	12,4	12,4	24,9	26,1	27,4	54	53	51									
T2	205	1	CUNA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	9	7	53%	63%	2,6	4,5	4,5	4,5	12,5	13,7	15	17,0	18,2	19,5	12,4	12,4	12,4	29,4	30,6	31,9	49	48	47									
			F. PLANA	JS1-DOM1		12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	13,7	15	12,5	13,7	15,0	12,4	12,4	12,4	24,9	26,1	27,4	54	53	51									
			F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	27%	96%	2,0	4,3	4,3	4,3	12,5	13,7	15	16,8	18,0	19,3	12,4	12,4	12,4	29,2	30,4	31,7	49	48	47									
			F. PLANA	JS5-DOM1		12	3	11%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	13,7	15	12,5	13,7	15,0	12,4	12,4	12,4	24,9	26,1	27,4	54	53	51									
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	77%	96%	5,7	4,3	4,3	4,3	12,5	13,7	15	16,8	18,0	19,3	12,4	12,4	12,4	29,2	30,4	31,7	49	48	47									
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	13,7	15	12,5	13,7	15,0	12,4	12,4	12,4	24,9	26,1	27,4	54	53	51									
			CUNA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	9	7	23%	78%	1,4	4,5	4,5	4,5	12,5	13,7	15	17,0	18,2	19,5	12,4	12,4	12,4	29,4	30,6	31,9	49	48	47									
			CUNA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	12	3	6%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	13,7	15	12,5	13,7	15,0	12,4	12,4	12,4	24,9	26,1	27,4	54	53	51									
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	89%	96%	6,6	4,3	4,3	4,3	12,5	13,7	15	16,8	18,0	19,3	12,4	12,4	12,4	29,2	30,4	31,7	49	48	47									
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	13,7	15	12,5	13,7	15,0	12,4	12,4	12,4	24,9	26,1	27,4	54	53	51									
			F. PLANA	JS6-DOM1		13	3	2%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	13,7	15	12,5	13,7	15,0	12,4	12,4	12,4	24,9	26,1	27,4	54	53	51									
			CUNA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	12	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	13,7	15	12,5	13,7	15,0	12,4	12,4	12,4	24,9	26,1	27,4	54	53	51									
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	47%	96%	3,5	4,3	4,3	4,3	12,5	13,7	15	16,8	18,0	19,3	12,4	12,4	12,4	29,2	30,4	31,7	49	48	47									
			F. PLANA	JS5-DOM2A		8	5	99%	100%	6,7	3,0	3,0	3,0	12,5	13,7	15	15,5	16,7	18,0	12,4	12,4	12,4	27,9	29,1	30,4	51	49	48									
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	13,7	15	12,5	13,7	15,0	12,4	12,4	12,4	24,9	26,1	27,4	54	53	51									
			CUNA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	9	7	0%	66%	0,0	4,3	4,3	4,3	12,5	13,7	15	16,8	18,0	19,3	12,4	12,4	12,4	29,2	30,4	31,7	49	48	47									
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		8	5	76%	100%	5,1	3,0	3,0	3,0	12,5	13,7	15	15,5	16,7	18,0	12,4	12,4	12,4	27,9	29,1	30,4	51	49	48									
			F. PLANA	JS4-DOM2B		12	6	99%	96%	9,7	2,5	2,5	2,5	12,5	13,7	15	15,0	16,2	17,5	12,4	12,4	12,4	27,4	28,6	29,9	51	50	49									
			CUNA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	8	5	0%	97%	0,0	3,0	3,0	3,0	12,5	13,7	15	15,5	16,7	18,0	12,4	12,4	12,4	27,9	29,1	30,4	51	49	48									
			CUNA	JS6-DOM2A		8	6	19%	81%	1,0	3,5	3,5	3,5	12,5	13,7	15	16,0	17,2	18,5	12,4	12,4	12,4	28,4	29,6	30,9	50	49	48									
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		10	4	52%	67%	2,9	0,7	0,7	0,7	12,5	13,7	15	13,2	14,4	15,7	12,4	12,4	12,4	25,6	26,8	28,1	53	52	50									
			F. PLANA	JS4-DOM2B		12	6	97%	96%	9,6	2,5	2,5	2,5	12,5	13,7	15	15,0	16,2	17,5	12,4	12,4	12,4	27,4	28,6	29,9	51	50	49									
			CUNA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	9	5	96%	31%	2,2	2,9	2,9	2,9	12,5	13,7	15	15,4	16,6	17,9	12,4	12,4	12,4	27,8	29,0	30,3	51	50	48									
			F. PLANA	JS3-DOM2B		10	7	92%	92%	6,7	5,1	5,1	5,1	12,5	13,7	15	17,6	18,8	20,1	12,4	12,4	12,4	29,9	31,1	32,4	49	48	46									
T8	350	4	CUNA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	8	5	0%	94%	0,0	3,0	3,0	3,0	12,5	13,7	15	15,5	16,7	18,0	12,4	12,4	12,4	27,9	29,1	30,4	51	49	48									
T9	25	4	F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	59%	100%	5,5	3,9	3,9	3,9	12,5	13,7	15	16,4	17,6	18,9	12,4	12,4	12,4	28,8	30,0	31,3	50	49	47									
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	50%	87%	2,8	4,1	4,1	4,1	12,5	13,7	15	16,6	17,8	19,1	12,4	12,4	12,4	29,0	30,2	31,5	50	48	47									
T10	60	4	F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	72%	73%	6,0	1,0	1,0	1,0	12,5	13,7	15	13,5	14,7	16,0	12,4	12,4	12,4	25,9	27,1	28,4	53	51	50									
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	99%	87%	5,5	4,1	4,1	4,1	12,5	13,7	15	16,6	17,8	19,1	12,4	12,4	12,4	29,0	30,2	31,5	50	48	47									
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	19%	100%	1,8	3,9	3,9	3,9	12,5	13,7	15	16,4	17,6	18,9	12,4	12,4	12,4	28,8	30,0	31,3	50	49	47									
T11	95	4	F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	47%	73%	3,9	1,0	1,0	1,0	12,5	13,7	15	13,5	14,7	16,0	12,4	12,4	12,4	25,9	27,1	28,4	53	51	50									
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	16%	87%	0,9	4,1	4,1	4,1	12,5	13,7	15	16,6	17,8	19,1	12,4	12,4	12,4	29,0	30,2	31,5	50	48	47									
			CUNA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	13	8	34%	64%	2,4	3,7	3,7	3,7	12,5	13,7	15	16,2	17,4	18,7	12,4	12,4	12,4	28,6	29,8	31,1	50	49	48									
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		10	7	76%	96%	5,8	4,0	4,0	4,0	12,5	13,7	15	16,5	17,7	19,0	12,4	12,4	12,4	28,9	30,1	31,4	50	49	47									
			F. PLANA	JS2-DOM3		9	5	92%	95%	6,2	2,8	2,8	2,8	12,5	13,7	15	15,3	16,5	17,8	12,4	12,4	12,4	27,7	28,9	30,2	51	50	48									
			F. PLANA	JS6-DOM3B		11	3	16%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	13,7	15	12,5	13,7	15,0	12,4	12,4	12,4	24,9	26,1	27,4	54	53	51									
			CUNA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	8	5	53%	72%	2,5	3,3	3,3	3,3	12,5	13,7	15	15,8	17,0	18,3	12,4	12,4	12,4	28,2	29,4	30,7	50	49	48									
T13	50	4	F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	71%	73%	5,9	1,0	1,0	1,0	12,5	13,7	15	13,5	14,7	16,0	12,4	12,4	12,4	25,9	27,1	28,4	53	51	50									
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	99%	87%	5,5	4,1	4,1	4,1	12,5	13,7	15	16,6	17,8	19,1	12,4	12,4	12,4	29,0	30,2	31,5	50	48	47									
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	59%	100%	5,5	3,9	3,9	3,9	12,5	13,7	15	16,4	17,6	18,9	12,4	12,4	12,4	28,8	30,0	31,3	50	49	47									
T14	95	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		10	7	98%	96%	7,5	4,0	4,0	4,0	12,5	13,7	15	16,5	17,7	19,0	12,4	12,4	12,4	28,9	30,1	31,4	50	49	47									
			CUNA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	13,7	15	12,5	13,7	15,0	12,4	12,4	12,4	24,9	26,1	27,4	54	53	51									
			F. PLANA	JS3-DOM2		16	3	2%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	12,5	13,7	15	12,5	13,7	15,0	12,4	12,4	12,															



**Tabla 19:** Resultado Cálculo Ancho Berma y Ángulo Interrampa Geométrico, Banco Doble  $\beta=75$ ,  $H=34m$ .

Talud			Potenciales Mecanismo de Inestabilidad			Cálculo Índice descreste					dB (b=75°) [m]			Ancho mínimo Am[m]			A = Am+dB [m]			Quebradura [m]			Pp [m]			Interrampa geométrico [°]								
Nombre Talud	Ddir	Dominio	Tipo	Sistema 1	Sistema 2	L 70% [m]	DG [m]	Prob condición B=75° [%]	Prob falla B=75° H=34m	Índice de descreste B=75°	Porcentaje de Retención [%]																							
											75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%	75%	80%	85%						
T1	170	1-2	F. PLANA	JS5-DOM1		12	3	34%	53%	1,8	0,0	0,0	0,0	14,4	15,8	17,1	14,4	15,8	17,1	9,1	9,1	9,1	23,5	24,9	26,2	55	54	52						
			F. PLANA	JS2-DOM2		8	5	100%	100%	6,6	3,9	3,9	3,9	14,4	15,8	17,1	18,3	19,7	21,0	9,1	9,1	9,1	27,4	28,8	30,1	51	50	49						
			F. PLANA	JS4-DOM1		16	1	1%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	15,8	17,1	14,4	15,8	17,1	9,1	9,1	9,1	23,5	24,9	26,2	55	54	52						
			F. PLANA	JS1-DOM1		12	1	5%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	15,8	17,1	14,4	15,8	17,1	9,1	9,1	9,1	23,5	24,9	26,2	55	54	52						
T2	205	1	CUNA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	9	7	53%	80%	3,2	5,1	5,1	5,1	14,4	15,8	17,1	19,5	20,9	22,2	9,1	9,1	9,1	28,6	30,0	31,3	50	49	47						
			F. PLANA	JS1-DOM1		12	1	2%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	15,8	17,1	14,4	15,8	17,1	9,1	9,1	9,1	23,5	24,9	26,2	55	54	52						
			F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	27%	96%	2,0	4,9	4,9	4,9	14,4	15,8	17,1	19,3	20,7	22,0	9,1	9,1	9,1	28,5	29,9	31,2	50	49	48						
			F. PLANA	JS5-DOM1		12	3	42%	53%	2,2	0,0	0,0	0,0	14,4	15,8	17,1	14,4	15,8	17,1	9,1	9,1	9,1	23,5	24,9	26,2	55	54	52						
T3	225	1	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	77%	96%	5,7	4,9	4,9	4,9	14,4	15,8	17,1	19,3	20,7	22,0	9,1	9,1	9,1	28,5	29,9	31,2	50	49	48						
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	15,8	17,1	14,4	15,8	17,1	9,1	9,1	9,1	23,5	24,9	26,2	55	54	52						
			CUNA	JS2-DOM1	JS1-DOM1	9	7	23%	82%	1,5	5,1	5,1	5,1	14,4	15,8	17,1	19,5	20,9	22,2	9,1	9,1	9,1	28,6	30,0	31,3	50	49	47						
			CUNA	JS3-DOM1	JS5-DOM1	12	3	22%	1%	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	15,8	17,1	14,4	15,8	17,1	9,1	9,1	9,1	23,5	24,9	26,2	55	54	52						
T4	255	1	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	89%	96%	6,6	4,9	4,9	4,9	14,4	15,8	17,1	19,3	20,7	22,0	9,1	9,1	9,1	28,5	29,9	31,2	50	49	48						
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	2%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	15,8	17,1	14,4	15,8	17,1	9,1	9,1	9,1	23,5	24,9	26,2	55	54	52						
			F. PLANA	JS6-DOM1		13	3	11%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	15,8	17,1	14,4	15,8	17,1	9,1	9,1	9,1	23,5	24,9	26,2	55	54	52						
			CUNA	JS4-DOM1	JS1-DOM1	12	3	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	15,8	17,1	14,4	15,8	17,1	9,1	9,1	9,1	23,5	24,9	26,2	55	54	52						
T5	275	1-2A	F. PLANA	JS2-DOM1		9	7	47%	96%	3,5	4,9	4,9	4,9	14,4	15,8	17,1	19,3	20,7	22,0	9,1	9,1	9,1	28,5	29,9	31,2	50	49	48						
			F. PLANA	JS5-DOM2A		8	5	99%	100%	6,7	3,6	3,6	3,6	14,4	15,8	17,1	18,0	19,4	20,7	9,1	9,1	9,1	27,1	28,5	29,8	51	50	49						
			F. PLANA	JS3-DOM1		13	1	2%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	15,8	17,1	14,4	15,8	17,1	9,1	9,1	9,1	23,5	24,9	26,2	55	54	52						
			CUNA	JS4-DOM1	JS2-DOM1	9	7	0%	76%	0,0	4,9	4,9	4,9	14,4	15,8	17,1	19,3	20,7	22,0	9,1	9,1	9,1	28,5	29,9	31,2	50	49	48						
T6	305	2A-2B	F. PLANA	JS5-DOM2A		8	5	76%	100%	5,2	3,6	3,6	3,6	14,4	15,8	17,1	18,0	19,4	20,7	9,1	9,1	9,1	27,1	28,5	29,8	51	50	49						
			F. PLANA	JS4-DOM2B		12	6	100%	100%	10,3	3,5	3,5	3,5	14,4	15,8	17,1	17,9	19,3	20,6	9,1	9,1	9,1	27,0	28,4	29,7	51	50	49						
			CUNA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	8	5	0%	98%	0,0	3,6	3,6	3,6	14,4	15,8	17,1	18,0	19,4	20,7	9,1	9,1	9,1	27,1	28,5	29,8	51	50	49						
			CUNA	JS6-DOM2A	JS5-DOM2A	8	6	19%	98%	1,3	4,1	4,1	4,1	14,4	15,8	17,1	18,5	19,9	21,2	9,1	9,1	9,1	27,6	29,0	30,3	51	50	48						
T7	320	2A-2B-3A	F. PLANA	JS2-DOM2A		10	4	63%	91%	4,8	1,6	1,6	1,6	14,4	15,8	17,1	16,0	17,4	18,7	9,1	9,1	9,1	25,1	26,5	27,8	54	52	51						
			F. PLANA	JS4-DOM2B		12	6	99%	100%	10,1	3,5	3,5	3,5	14,4	15,8	17,1	17,9	19,3	20,6	9,1	9,1	9,1	27,0	28,4	29,7	51	50	49						
			CUNA	JS2-DOM3A	JS1-DOM3A	9	5	96%	74%	5,2	3,6	3,6	3,6	14,4	15,8	17,1	18,0	19,4	20,7	9,1	9,1	9,1	27,1	28,5	29,8	51	50	49						
			F. PLANA	JS3-DOM2B		10	7	92%	93%	6,8	5,6	5,6	5,6	14,4	15,8	17,1	20,0	21,4	22,7	9,1	9,1	9,1	29,2	30,6	31,9	49	48	47						
T8	350	4	CUNA	JS2-DOM2A	JS5-DOM2A	8	5	0%	98%	0,0	3,6	3,6	3,6	14,4	15,8	17,1	18,0	19,4	20,7	9,1	9,1	9,1	27,1	28,5	29,8	51	50	49						
T9	25	4	F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	59%	100%	5,5	4,8	4,8	4,8	14,4	15,8	17,1	19,2	20,6	21,9	9,1	9,1	9,1	28,3	29,7	31,0	50	49	48						
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	50%	88%	2,8	4,6	4,6	4,6	14,4	15,8	17,1	19,0	20,4	21,7	9,1	9,1	9,1	28,1	29,5	30,8	50	49	48						
T10	60	4	F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	90%	88%	9,1	2,2	2,2	2,2	14,4	15,8	17,1	16,6	18,0	19,3	9,1	9,1	9,1	25,8	27,2	28,5	53	51	50						
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	99%	88%	5,6	4,6	4,6	4,6	14,4	15,8	17,1	19,0	20,4	21,7	9,1	9,1	9,1	28,1	29,5	30,8	50	49	48						
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	19%	100%	1,8	4,8	4,8	4,8	14,4	15,8	17,1	19,2	20,6	21,9	9,1	9,1	9,1	28,3	29,7	31,0	50	49	48						
T11	95	4	F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	59%	88%	6,0	2,2	2,2	2,2	14,4	15,8	17,1	16,6	18,0	19,3	9,1	9,1	9,1	25,8	27,2	28,5	53	51	50						
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	16%	88%	0,9	4,6	4,6	4,6	14,4	15,8	17,1	19,0	20,4	21,7	9,1	9,1	9,1	28,1	29,5	30,8	50	49	48						
			CUNA	JS5-DOM4	JS6-DOM4	13	8	34%	95%	3,6	4,7	4,7	4,7	14,4	15,8	17,1	19,1	20,5	21,8	9,1	9,1	9,1	28,2	29,6	30,9	50	49	48						
T12	135	2-3-3B	F. PLANA	JS4-DOM2		10	7	76%	96%	5,9	4,7	4,7	4,7	14,4	15,8	17,1	19,1	20,5	21,8	9,1	9,1	9,1	28,2	29,6	30,9	50	49	48						
			F. PLANA	JS2-DOM3		9	5	95%	99%	6,7	3,5	3,5	3,5	14,4	15,8	17,1	17,9	19,3	20,6	9,1	9,1	9,1	27,0	28,4	29,7	52	50	49						
			F. PLANA	JS6-DOM3B		11	3	49%	50%	2,2	0,0	0,0	0,0	14,4	15,8	17,1	14,4	15,8	17,1	9,1	9,1	9,1	23,5	24,9	26,2	55	54	52						
			CUNA	JS2-DOM2	JS3-DOM2	8	5	53%	94%	3,3	3,9	3,9	3,9	14,4	15,8	17,1	18,3	19,7	21,0	9,1	9,1	9,1	27,4	28,8	30,1	51	50	49						
T13	50	4	F. PLANA	JS6-DOM4		14	6	90%	88%	9,1	2,2	2,2	2,2	14,4	15,8	17,1	16,6	18,0	19,3	9,1	9,1	9,1	25,8	27,2	28,5	53	51	50						
			F. PLANA	JS3-DOM4		8	6	99%	88%	5,6	4,6	4,6	4,6	14,4	15,8	17,1	19,0	20,4	21,7	9,1	9,1	9,1	28,1	29,5	30,8	50	49	48						
			F. PLANA	JS7-DOM4		11	7	59%	100%	5,5	4,8	4,8	4,8	14,4	15,8	17,1	19,2	20,6	21,9	9,1	9,1	9,1	28,3	29,7	31,0	50	49	48						
T14	95	2-2A	F. PLANA	JS4-DOM2		10	7	98%	96%	7,6	4,7	4,7	4,7	14,4	15,8	17,1	19,1	20,5	21,8	9,1	9,1	9,1	28,2	29,6	30,9	50	49	48						
			CUNA	JS4-DOM2A	JS1-DOM2A	12	1	0%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	15,8	17,1	14,4	15,8	17,1	9,1	9,1	9,1	23,5	24,9	26,2	55	54	52						
			F. PLANA	JS3-DOM2		16	3	16%	0%	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	15,8	17,1	14,4	15,8	17,1	9,1	9,1	9,1	23,5	24,9	26,2	55	54	52						

