

Análisis técnico-económico para reducir costos asociados al proceso de hincado de perfiles estructurales en proyectos fotovoltaicos.

M. Sepúlveda Morales¹ y C. Molina Venegas² C. Correa Rogel³

RESUMEN:

En esta investigación se realiza un análisis-técnico económico que evalúa la factibilidad de implementación de un equipo de prospección no invasiva (GPR) en un parque fotovoltaico ubicado en la comuna de Huelquén, comuna de Paine, Región Metropolitana. Debido a la topografía y mecánica de suelos, este sector es candidato óptimo para la aplicación de dicho equipo. En este estudio se aplica información referida a la zonificación de suelos y recomendaciones ya entregadas por la mecánica de suelos referidas al tipo de instalación (hincado directo o pre-perforado) para las correspondientes cimentaciones de tal forma que se evalúan los costos reales asociados a la ejecución de cimientos, los costos por conceptos de aumentos de obra, costos por implementación de equipos nuevos y costos asociados a los casos más desfavorable que podríamos obtener posterior a la evaluación de éstos. Los resultados serán entregados en UF dado que es la forma más certera de hacer que los valores obtenidos tengan continuidad en el tiempo debido a las fluctuaciones de la moneda nacional. La totalidad de los cálculos se entregan en una planilla de trabajo que incluye todas las actividades e ítem mostradas en este análisis. La aplicación de estas planillas tiene como fin evaluar económicamente las soluciones actuales versus la implementaciones de nuevas tecnologías, de tal forma que se mejore la toma de decisiones en cuanto a optimización de recursos de maquinaria y mano de obra en la etapa de planificación de este tipo de obras.

PALABRAS CLAVES: Fotovoltaica; Hincado de pilotes; Perforación ; Prospección no invasiva;

ABSTRACT:

In this research, an economic-technical analysis was carried out, which evaluates the feasibility of implementing a non-invasive prospecting equipment (GPR) in a photovoltaic park located in the location of Huelquén, Paine commune, Metropolitan Region. Due to the topography and soil mechanics, this sector is an optimal candidate for the application of said equipment.

In this study, information referred to the zoning of soils and recommendations already delivered by the soil mechanics alluded to the type of installation (direct driving or pre-drilled) for the corresponding foundations will be applied in a way that the real costs associated with the execution of foundations, costs for construction increases, costs for implementation of new equipment and costs associated with the most adverse cases that we could obtain after evaluating them. The results will be delivered in UF since it is the most accurate way to ensure that the values obtained have continuity over time due to fluctuations in the national currency. All the calculations will be delivered in a worksheet that includes all the activities and items shown in this analysis. The application of these spreadsheets has as its end goal the economic evaluation of current solutions versus the implementation of new technologies, in such a way that decision-making is improved in terms of optimization of machinery and workforce in the planning stage in this type of works.

KEYWORDS: Photovoltaic, Pile driving, Drilling, non-invasive prospecting.

¹ Estudiante, Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, msepulvedam@ing.ucsc.cl

² Profesor Guía, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, christian.molina@ucsc.cl

³ Profesor Informante, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, claudiocorrea@ucsc.cl

1. INTRODUCCIÓN

La sociedad contemporánea chilena ha generado prácticamente la totalidad de su desarrollo material en base energías fósiles o invasivas ambientalmente como lo es la energía hidroeléctrica. De hecho se asume que las tasas de crecimiento económico son prácticamente lineales con las tasas de demanda de energía fósil, principalmente petróleo, y que el PIB per cápita tiene una correspondencia casi lineal con el consumo de energía per cápita (Ferrari 2013). En este sentido, se plantea que el desarrollo socioeconómico de países como Chile está íntimamente ligado a un consumo mayor de energía (Pastén 2012), especialmente en cuanto a aquellos sectores productivos que requieren ingentes cantidades de energía a precios bajos, tales como el sector minero. El coeficiente de esta relación fue señalada por Kraft y Kraft (1978, citado por Barreto y Campo 2012), quienes indicaron que la acumulación de capital tiene relación directa con la disponibilidad de fuentes de energía, lo que a su vez repercute en la función de producción de una economía (Barreto y Campo 2012). Puntualmente, para el caso chileno, se espera que el consumo de energía aumente a tasas del orden del 5% anual (O’Ryan 2008).

En 2014 se lanzó en Chile la “Agenda de Energía” la cual estableció como metas la disminución de consumo energético de un 20% y un 20% de la matriz energética basada en ERNC para el año 2025. Por otro lado, en la cumbre internacional del cambio climático llevada a cabo en París en diciembre de 2015, el gobierno de Chile se comprometió a reducir en un 30% la intensidad de sus emisiones de dióxido de carbono por unidad de PIB para el año 2030, lo que sugiere la “descarbonización” de nuestra matriz energética. Al mismo tiempo, la Política Energética de Chile definida en el documento “Energía 2050”, publicada el año 2015, busca que para el año 2050 al menos un 70% de la matriz eléctrica provenga de fuentes renovables, con énfasis en energía solar y eólica.

En 2017 se denominó a Chile como la “Arabia Saudita solar” según el diario norteamericano *The Washington Post* debido a que posee una de las mayores fuentes de radiación del planeta, el desierto de Atacama. Dicho esto, se ha generado una gran cantidad de inversiones de capitales extranjeros en la creación de energías renovables no convencionales (ERNC). Hoy en día las energías renovables no convencionales aportan el 23,9% de la electricidad del país, principalmente por la generación solar, con un 11,8% de participación, según el reporte de la Asociación Chilena de Energías Renovables y Almacenamiento (Acera). Parte importante de la energía proveniente de parques fotovoltaicos fue la incorporación de pequeños medios de generación distribuida (PMGD) de no más de 9 MW ya que debido a sus pequeños tamaños se ajustan a la compleja geografía de nuestro país.

Los motivos del estudio recaen en mejorar y optimizar los procesos constructivos de los pequeños medios de generación distribuida (conocido por su abreviatura, PMGD) fotovoltaicos ubicados en lugares de difícil acceso con pendientes pronunciadas y que poseen una gran variabilidad en la composición de los suelos, específicamente el proceso denominado hincado. El proceso constructivo de este tipo de obras consta de 3 etapas (hincado, montaje de estructura y conexión), siendo la primera etapa nuestro caso en estudio; Para ello se propone aplicar una metodología comparativa que evalúe los costos adicionales reales generados por el proceso constructivo tradicional (pre-perforación+ hincado), costos adicionales reales ejecutados, costo de implementación de georadar (conocido en inglés como GPR) para determinar de mejor forma si existen rocas que interfieran en dicho proceso de hincado y costos asociados al caso más desfavorable posterior a implementación de dicho equipo.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar los costos asociados a la implementación de GPR para detección de interferencias mediante un análisis técnico-económico comparativo a fin de reducir costos en el proceso de hincado de perfiles estructurales en parques fotovoltaicos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular el costo de implementación de GPR.
- Calcular costos asociados a métodos de hincado actuales.
- Validar económicamente el proceso propuesto de detección de interferencias en comparación de los métodos de hincado actuales.

3. ZONA DE ESTUDIO

Huelquén es un pueblo situado en la provincia del Maipo, región metropolitana, Chile, que limita por el este con la zona precordillerana. Posee una total de 4538 habitantes, 1372 viviendas y una superficie de $2,1 \text{ km}^2$. (INE, 2019)

La aplicación de esta investigación se realiza en el parque solar fotovoltaico Gavardo, ubicado a 3 km al este de localidad de Huelquén. Presenta un clima suave, generalmente cálido y está clasificado como Csa (mediterráneo) por Köpper y Geiger. Las lluvias se concentran en los meses de invierno con extremos de 139 mm en Julio y 1 mm en enero.

Los rasgos biogeográficos característicos de este tipo de clima son vegetación escasa y dispersa, desprovista de árboles, dejando al desnudo un elevado porcentaje de suelo lo cual hace muy sensible a los procesos de meteorización y de erosión además de suelos muy diversos y marcadamente erosionados. En las **Figuras 1 y 2**, se presenta la localización del proyecto y el polígono en estudio.



Figura 1: Localización zona en estudio. Fuente: Elaboración propia



Figura 2: Polígono en estudio. Fuente: Geointec.

El parque fotovoltaico (conocido por las siglas PFV) en estudio cuenta con una capacidad de 3MW, un total de 146 trackers compuesto de 7 hincas cada uno alcanzando un total de 1022 hincas. La zonificación interna de las hincas (conocidas en inglés como piers), se distribuye en 3 bloques enumerados en forma ascendente de norte a sur como se aprecia en la **Figura 3.1 y 3.2**.

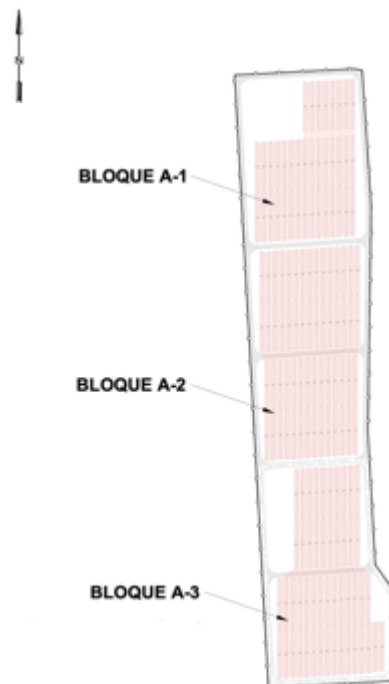


Figura 3.1: Layout de piers. Fuente: Plano mecánico general PFV Gavardo, Verano energy.



Figura 3.2: Fotografía área PFV Gavardo Fuente: Verano energy.

4. METODOLOGIA

Para esta investigación se aplica el método comparativo el cual es una forma de generar o refutar teorías e hipótesis que utilizan comparaciones basadas en procedimientos análogos a los del método científico; Por lo tanto lo que se persigue es probar la validez de argumentos utilizando la ciencia y el estudio de semejanzas y diferencias. Normalmente aplica técnicas estadísticas con análisis de datos basados en la covariación o la interpretación de lo diverso. El objetivo es establecer correlaciones entre dos o más casos y poder plantear conclusiones científicas.

Chile al ser un país con una gran cantidad de proyectos fotovoltaicos en fase constructiva o en fase de aprobación o diseño, requiere mejorar sus procesos constructivos. Para dicha labor se implementa una planilla de trabajo, la cual evalúa el comportamiento de lo planteado teóricamente en la planificación de la construcción del parque con el comportamiento real de este. De esta forma es posible evaluar la zonificación presentada por el mandante (Verano energy) mediante el estudio de mecánica de suelos otorgado por Gointec como se presenta en la **Figura 4**, además de evaluar los costos adicionales al proceso constructivo.

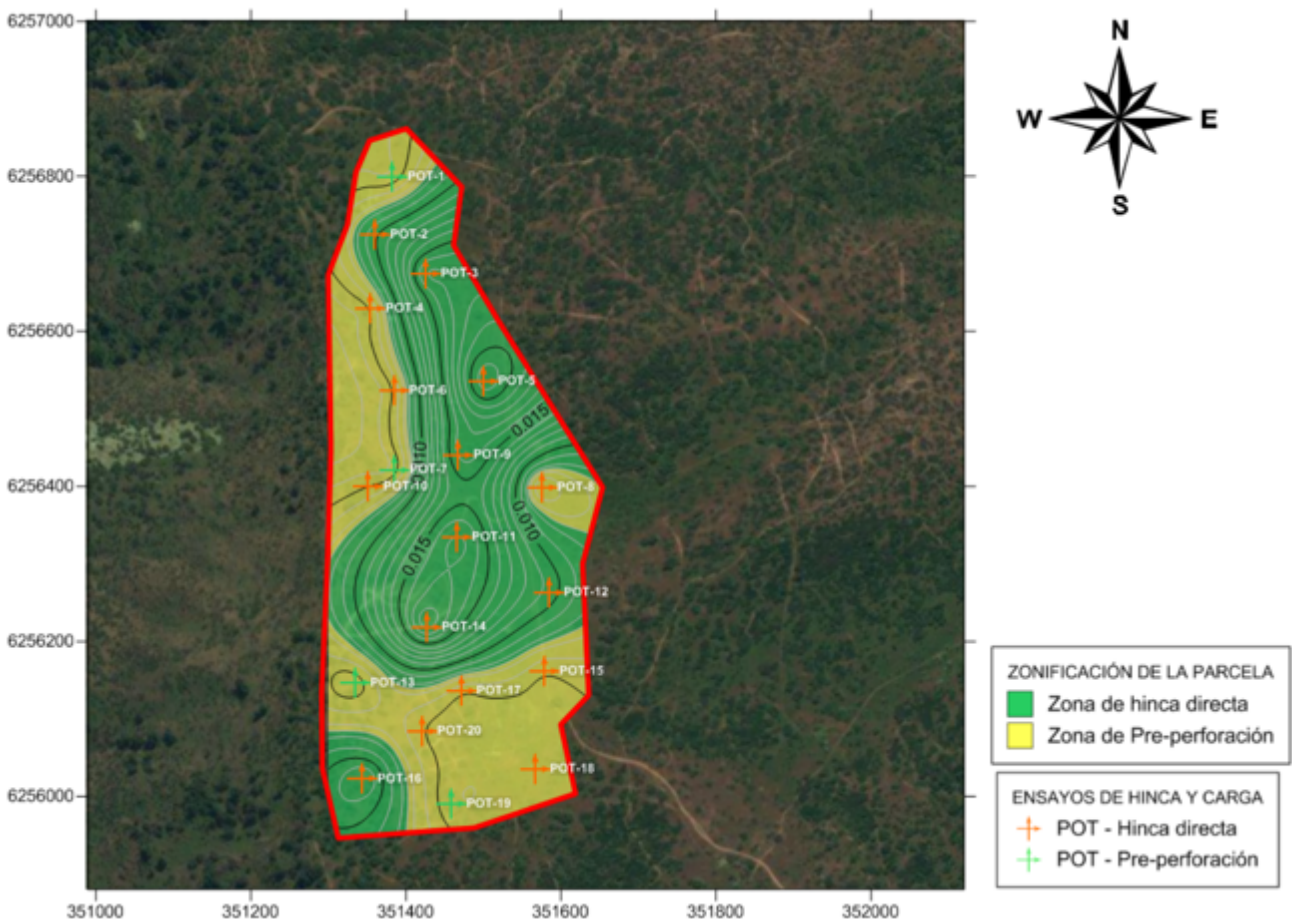


Figura 4: Zonificación PFV Gavardo. Fuente: Estudio geotécnico y de ensayos Pull out test para proyecto fotovoltaico Gavardo, Huelquén , Chile.

Para mejorar la efectividad de dicha zonificación se procede a superponer las coordenadas correspondientes a puntos reales del parque comparados con los de ensayos aplicados, ya sean calicatas, Pull out test, Hincas de prueba, etc. Como se presenta en la **Figura 5**. Además, se consideraron zonas donde existen visualmente afloramientos rocosos o de suelos duros los cuales corresponden a los sectores más elevados del parque, dichas zonas se representan de forma más precisa en la **Figura 6** mediante pictograma con los sectores en estudio en donde se indican las zonas de perforación e hincado directo.



Figura 5: Zonificación de hincado directo y pre-perforación Fuente: elaboración propia.

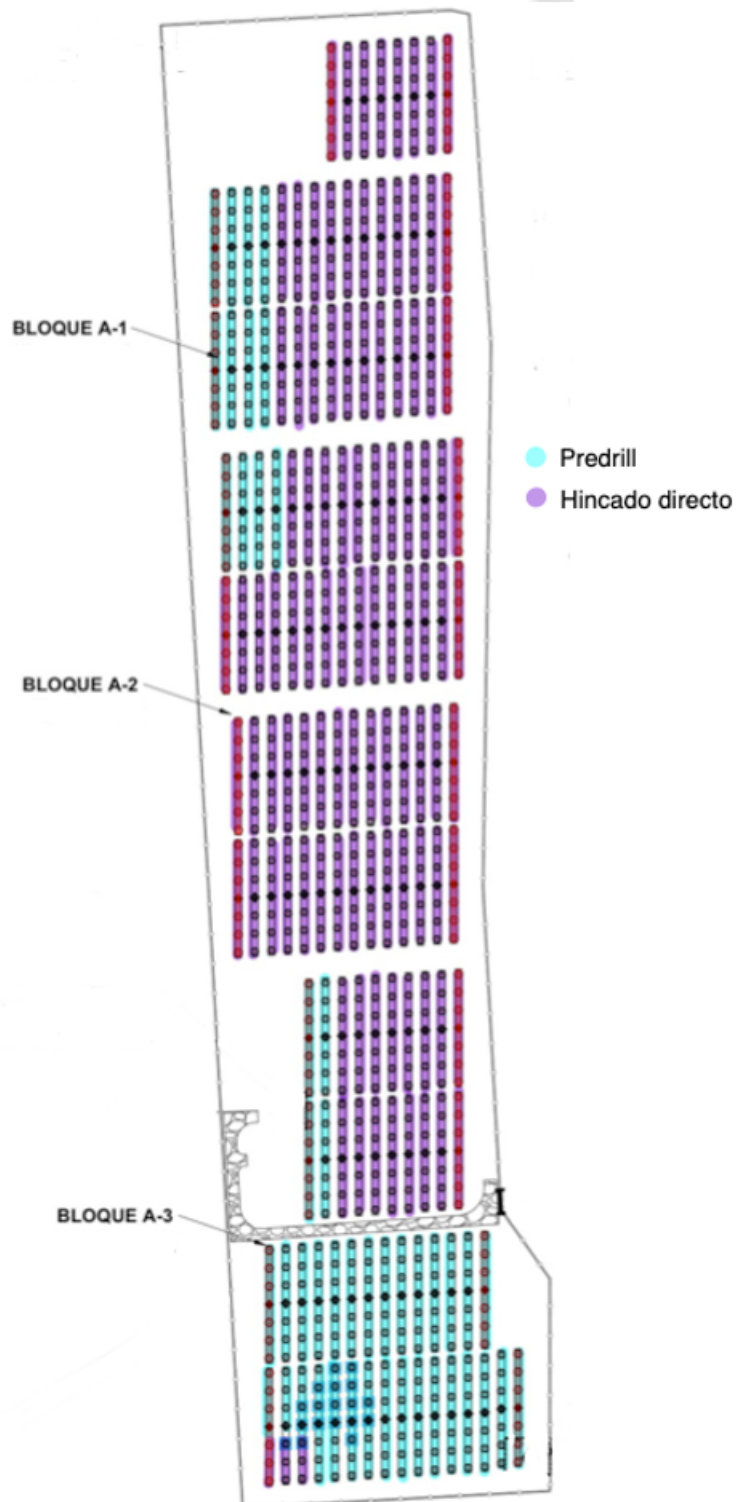


Figura 6: Pictograma de hincas en estudio Fuente: Elaboración propia

El sector en estudio más específicamente se encuentra en las zonas donde se pre-perforó y los sectores que a pesar de haber construido terrazas para disminuir la pendiente, no cumplieron los requisitos máximos de operación del equipo de perforación (15°) como se presenta en la **Figura 6**. En Anexo A se presentan 4 perfiles correspondientes a la pendiente natural del terreno las cuales oscilan entre el 20% y 31% en las zonas críticas.

Durante la ejecución de la zona en estudio del proyecto se tienen 4 partidas fundamentales pertenecientes al proceso constructivo que afectan de manera directa los costos y los tiempos de armado del parque, siendo estas en las que se utiliza una mayor cantidad de equipos y mano de obra, dicho esto se desprenden los siguientes ítems:

- **Confeción de Terrazas:** Según la RAE se define terraza como “Cada uno de los espacios de terreno llano, dispuestos en forma de escalones en la ladera de una montaña”, aplicando dicha definición a el sector en estudio y utilizando una excavadora para realizar el movimiento de tierras, se obtiene como resultado lo presentado en la **Figura 7**. La excavadora construyo terrazas con un rendimiento medio de 14 hincas/día.



Figura 7: Confeción de terrazas PFV Gavardo. Fuente: elaboración propia.

- **Perforaciones:** Dicha partida consta de un proceso de corte en sentido vertical de sección transversal circular con un equipo perforador con broca de 5,5” y compresor, en la **Figura 8** se presenta el equipo trabajando en condiciones limites posterior a la fabricación de terrazas. Es importante destacar que la maniobrabilidad del equipo es muy limitada al tratarse de un equipo perforador en conjunto con un compresor.



Figura 8: Equipo de perforación Fuente: Elaboración propia

- Hincado: Corresponde al proceso de instalación de cimentaciones (**Figura 9**) mediante un golpeo controlado por el operador del equipo hincador, hasta llegar a la altura de cota de proyecto indicada entregada por el nivel laser.



Figura 9: Instalación de hincas. Fuente: BMR SPA

- Mecanizados: Esta partida corresponde a la corrección de cota de altura de los perfiles que quedaron sobre nivel de proyecto (menor a 30 cm de rechazo). Para definir una correcta altura de cada hinca, se somete cada tracker a una nivelación mediante un equipo de nivel laser, con el cual se definen las longitudes de corte (los que se denominan como “rechazos”). En la **Figura 11** se presentan las características de los perfiles existentes. Para llevar acabo dicha partida se considera un esmeril angular inalámbrico para cortar (**Figura 12**) y un taladro inalámbrico para las perforaciones requeridas (**Figura 13**).

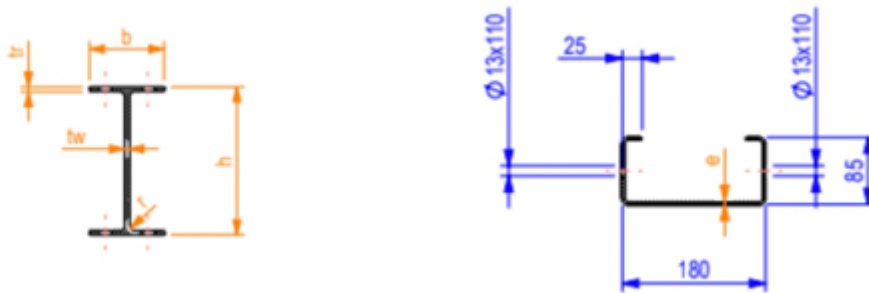


Figura 11: Características perfil H (SAC) y C (SOP002). Fuente: Planos mecánicos PFV Gavardo, KTRsolar.



Figura 12: Corte de perfiles Fuente: Elaboración propia.



Figura 13: Fabricación de perforaciones y ojales. Fuente: Elaboración propia.

- Datos de hormigón: Corresponde a la solución entregada por el cliente a modo de refuerzo de fundación para las hincas que se encuentren infra-hincadas hasta en un 30% del empotramiento nominal estipulado según el plan de hincado (entre 30 y 45 cm de rechazo). Como se presenta en la **Figura 14** las dimensiones de estas varían dependiendo del tipo de perfil. El procedimiento para la ejecución correcta de dicha partida corresponde a las siguientes etapas:

- 1- Sobre excavación del sector circundante de la hinca
- 2- Hormigonado.

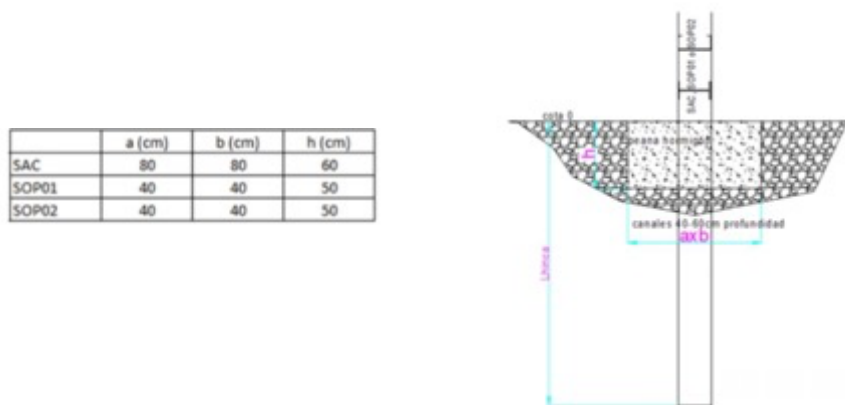


Figura 14: Dimensiones dado superficial. Fuente: VEPC.

- Micropilotajes: Corresponde a la solución entregada por el cliente a modo de refuerzo de fundación para las hincas que se encuentren infra-hincadas más de un 30% del empotramiento nominal estipulado según el plan de hincado (más de 45 cm de rechazo). Las características de cada micropilote se presentan en la **Tabla 1** donde se observa que las dimensiones solo varían dependiendo del tipo de hinca. El procedimiento para la ejecución correcta de dicha partida corresponde a las siguientes etapas:

- 1- Retiro de la hinca.
- 2- Excavar el sector donde se ubicara la hinca.
- 3- Posicionamiento y orientación de esta mediante soportes de madera.
- 4- Instalación de moldajes.
- 5- Hormigonado y vibrado.
- 6- Descimbre, relleno con terreno natural.
- 7- Compactación de zona circundante.

SAC S355JR		SOP01 A36		SOP02 A36	
SECCIÓN	MICROPILOTES PROFUNDIDAD(m) DIÁMETRO (mm)	SECCIÓN	HINCA NOMINAL (m)	SECCIÓN	MICROPILOTES PROFUNDIDAD(m) DIÁMETRO (mm)
IPEA200	1,10 D280	-	-	C160.80.30.4	1,10 D250

Tabla 1: Dimensiones Micropilotes. Fuente: Verano energy

Equipos requeridos y costos asociados.

- Perforadora + compresor: Equipo subcontratado a “Hard rock drilling”, se utiliza una broca de 5,5”, el valor unitario por perforación corresponde a 0,33UF + IVA, el consumo de combustible en conjunto del equipo más compresor corresponde a 4 L de diésel por hinca. (Contrato 747 “Ejecución de perforaciones e hincado de perfiles”, BMR SPA)
- Hincadora: Equipo subcontratado a “Hard rock drilling” el valor unitario según contrato corresponde a 0,23UF + IVA a instalación de hincas con pre-perforación y a 0,26UF + IVA a instalación mediante hincado directo. (Contrato 747 “Ejecución de perforaciones e hincado de perfiles”, BMR SPA)
- Estanque de almacenamiento de combustible tipo petroline: Equipo arrendado a “Hard rock drilling”, posee una capacidad de 400 L y costo de arriendo mensual de 6,2UF + IVA. (Contrato 747 “Ejecución de perforaciones e hincado de perfiles”, BMR SPA)
- Excavadora: Arrendado a Letehi Spa con un costo asociado de 0,93UF/h + IVA.
- Retroexcavadora: Arrendada a Letehi Spa con un costo asociado de 0,68UF/h + IVA.
- Nivel laser
- Esmeril angular inalámbrico.
- Taladro inalámbrico.

Personal Requerido y costos asociados.

- 1 Supervisor: Costo directo asociado de 28UF/mes.
- 1 Prevención de riesgos: Costo directo asociado de 24 UF/mes.
- 5 Maestros de 2^a: Costo directo asociado unitario de 22UF/mes

4.1. Evaluación de costos reales

El procedimiento de evaluación de costos reales (C_{Total}) (Ec. 1) considera el desglose de cada partida de forma individual, cantidad de estas a realizar, costos unitarios y rendimientos reales obtenidos en terreno tanto del $C_{Real\ inicial}$ que contempla la etapa de perforado e hincado además de la confección de terrazas en la zona de estudio (Ec. 3) como del $C_{Real\ adicional}$ (Ec. 2), el cual contempla todos los aumentos de obra ejecutados ya sean mecanizados, dados superficiales o micropilotes, por lo cual definiendo y cuantificando cada variable es posible determinar el valor del costo total real de ejecución. A continuación se presentan las variables consideradas en costo real de ejecución de cimientos según manual y contrato:

Costo real total

$$C_{Total} = C_{Real\ inicial} + C_{Real\ adicional} \quad (1)$$

Costo real adicional

$$C_{Real\ adicional} = C_{Mecanizados} + C_{Dados} + C_{Micropilotes} \quad (2)$$

$$C_{Real\ inicial} = C_t * T_H + C_p * T_p + C_{Hp} * T_{Hp} + C_{Hd} * T_{Hd} \quad (3)$$

$$C_{Real\ inicial} = C_{Terrazas} + C_{Perforaciones} + C_{Hincado\ (predrill)} + C_{Hincado\ directo} \quad (3.1)$$

Donde:

- C_t : Costo por confección de terrazas.
- T_H : Total de incas en área de estudio.
- C_p : Costo por perforación.
- T_p : Total de perforaciones.
- C_{Hp} : Costo hincado (con pre-perforación).
- T_{Hp} : Total de hincados (con pre-perforación).
- C_{Hd} : Costo de hincado directo.
- T_{Hd} : Total de hincados directo.

Costo real extra en zona de estudio según las condiciones del cliente.

Costo total de mecanizados.

$$C_{Mecanizados} = C_M(T_M + T_{D\ SAC} + T_{D\ SOP}) \quad (4)$$

Nota: Se consideran los totales de datos SAC y SOP dado que estos deben pasar por la etapa de mecanizado para quedar los perfiles en cota de proyecto.

Donde:

C_M : Costo por mecanizados. (Subcontratados).

T_M : Total de mecanizados.

$T_{D\ SAC}$: Total de datos SAC.

$T_{D\ SOP}$: Total de datos SOP002.

Costo total datos de hormigón

$$C_{Datos} = T_{D\ SAC} * (C_{S\ exc\ d} + C_{HD\ SAC}) + T_{D\ SOP} * (C_{S\ exc\ d} + C_{HD\ SOP}) \quad (5)$$

Donde:

$C_{S\ exc\ d}$: Costo sobre excavación de datos superficiales.

$C_{HD\ SAC}$: Costo datos de hormigón SAC.

$C_{HD\ SOP}$: Costo datos de hormigón SOP002.

Costo total micropilotes

$$C_{Micropilotes} = T_{M\ SAC} * (C_{RP} + C_{HM\ SAC} + C_{RET\ y\ COM}) + T_{M\ SOP} * (C_{RP} + C_{HM\ SOP} + C_{RET\ y\ COM}) \quad (6)$$

Donde:

$T_{M\ SAC}$: Total de micropilotes SAC.

C_{RP} : Costo de retiro y posicionamiento de hincas.

$C_{HM\ SAC}$: Costo hormigonado micropilotes SAC.

$C_{RET\ y\ COM}$: Costo unitario retiro moldajes, tapado y compactación.

$T_{M\ SOP}$: Total de micropilotes SOP002.

$C_{HM\ SOP}$: Costo hormigonado micropilotes SOP002.

4.2. Evaluación de costos mediante implementación teórica GPR

El geo-radar es una técnica no destructiva orientada al estudio del subsuelo que se fundamenta en la capacidad de las ondas de radar de baja frecuencia (10 MHz a 2,5 GHz) para propagarse a través de medios poco conductivos. El método emplea una antena emisora para dirigir pulsos electromagnéticos de 1 a 20 ns de duración hacia el interior del terreno. Este frente de ondas es parcialmente reflejado al encontrar una discontinuidad o un cambio de material en el subsuelo, pudiendo ser detectado en la superficie mediante una antena receptora dispuesta a tal efecto. Al ir desplazando el sistema sobre la superficie del terreno será posible registrar la historia de reflexiones detectadas en el subsuelo bajo la línea de desplazamiento del equipo. Las antenas GPR han sido diseñadas para emitir un pulso de muy corta duración con el fin de mejorar la resolución vertical del método. Habitualmente este pulso está constituido por 1 1/2 a 2 periodos de la frecuencia nominal que caracteriza la antena. Su corta duración en el dominio de los tiempos (Δt) lleva asociado un aumento inversamente proporcional de la aportación de sus componentes frecuenciales (Δf) según la relación $\Delta t=1/\Delta f$.

Las posibilidades de detección de la roca están muy condicionadas por su profundidad, su grado de meteorización y el tipo de material sedimentario que las cubre siendo nuestro caso en estudio un sector con condiciones aptas para la implementación del método debido a la ausencia de nivel freático y de elementos electromagnéticos que puedan interferir en la toma de datos. A modo de ejemplo se presenta la **Figura 15** la cual presenta un perfil estratigráfico obtenido en las Islas Cíes donde el objetivo en cuestión es la detección de hidrocarburos posteriores al derrame de un buque en 2002.

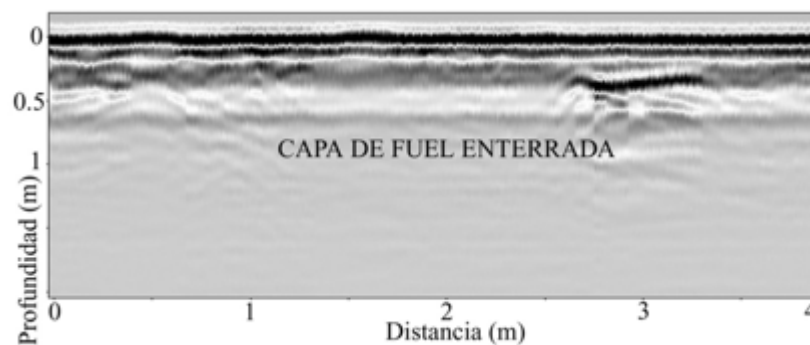


Figura 15. radargrama obtenido en una zona de pruebas donde se aprecia la presencia de una pequeña placa de fuel enterrada a 0,5 m de profundidad. fuente: *aplicabilidad del radar de subsuelo para el estudio de la zona no saturada del suelo: ejemplos en ambientes arenosos costeros*. universida de vigo., 2005

Considerando el costo asociado a la prospección no invasiva como servicio subcontratado (7 UF/m²) y la preparación del terreno de las zonas a escanear, el costo total asociado quedaría definido por la **Ec. 7**.

Costo total de prospección.

$$C_{T \text{ prospecciones}} = T_{\text{prospecciones}} * (C_{\text{prospecciones}} + C_{p \text{ terreno}}) \quad (7)$$

Donde:

$T_{\text{prospecciones}}$: Total de prospecciones a ejecutar.

$C_{\text{prospecciones}}$: Costo unitario por prospección a ejecutar.

$C_{p \text{ terreno}}$: Costos unitarios asociados a preparación de terreno.

4.3. Evaluación de costos posterior a evaluación de GPR

En la Ecuación 8, se considera el costo asociado a la confección de terrazas dado que estas son necesarias en zonas de difícil acceso para mantenimiento y lavado de paneles como también el costo asociado a las prospecciones realizadas en el apartado 3.2, por lo cual el costo supuesto total posterior a evaluación quedaría definido por la Ec.8.

$$C_{Supuesto} = C_{Total\ de\ micropilotes} + C_{T\ prospecciones} \quad (8)$$

Donde el costo asociado a los micropilotes, teniendo en cuenta que en el apartado 3.2 posterior a la evaluación de los datos obtenidos mediante GPR se obtiene el peor caso posible donde toda el área en estudio se encuentra con rocas meteorizadas, se debiese tomar la decisión de considerar la totalidad de las cimentaciones como micropilotes, por lo cual el costo asociado queda definido por la **Ec.9**.

$$C_{Total\ de\ micropilotes} = T_{pSAC} * (C_{RP} + C_{HMSAC} + C_{RETY\ COM}) + T_{pSOP} * (C_{RP} + C_{HMSOP} + C_{RETY\ COM}) \quad (9)$$

Donde:

T_{pSAC} : Total de perfiles SAC en área de estudio.

T_{pSOP} : Total de perfiles SOP002 en área de estudio.

En la Figura 16 se presenta la actividad de toma de datos con equipo GPR.



Figura 16. Implementación radar de penetración terrestre. Fuente: www.Terradar.com

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados obtenidos en terreno

En la Tabla 2 se presenta a modo de resumen la información referida a la totalidad de hincas en la zona de estudio, el tipo de perfil y cuál fue el método utilizado para la instalación del cemento.

RESUMEN DE EJECUCIONES REALES EN ÁREA DE ESTUDIO		
ÍTEM	PERFIL	TOTAL
TOTAL DE HINCAS	SAC	40
	SOP002	240
TOTAL DE HINCADOS DIRECTO	SAC	14
	SOP002	93
TOTAL DE PERFORACIONES + HINCADO (PRE-PERFORADO)	SAC	26
	SOP002	147

TABLA 2. Resumen de ejecuciones reales en área de estudio.

En el Anexo C se presentan los rechazos reales obtenidos en terreno según su clasificación mencionada en apartados anteriores además se detalla con un recuadro rojo el sector en estudio (pendientes fuertes y/o zona indicada como perforación según mecánica de suelos) (Rojo: Micropilotes; Amarillo: Dado superficial; Verde: Mecanizado).

En la Tabla 3. presentada a continuación se presenta el detalle de rechazos presentados en el pictograma anterior, desglosando tanto mecanizado, dados superficiales y micropilotes según cada tipo de perfil correspondiente.

RESUMEN SOLUCIÓN REAL		
ÍTEM	PERFIL	TOTAL
MECANIZADOS	SAC	6
	SOP002	39
DADOS SUPERFICIALES	SAC	6
	SOP002	47
MICROPILOTES	SAC	11
	SOP002	58

TABLA 3. Datos reales obtenidos en terreno en área de estudio.
 Fuente: Elaboración propia.

A continuación en la Tabla 4. se presentan los valores obtenidos mediante un análisis de precios unitarios para cada actividad realizada en obra y para los casos supuestos, dichos análisis de precios unitarios se encuentra en el apartado de anexos.

Actividad	Costo directo (UF)	unidad
Confección de terrazas	0,920	UF/Hinca
Perforación	0,404	UF/perforación
Instalación de Hincas (con pre-perforación)	0,287	UF/Hinca
Instalación de Hincas (Directo)	0,337	UF/Hinca
Preparación terreno (GPR)	0,184	UF/Hinca
Dados de Hormigón (SOP002)	0,416	UF/Hinca
Dados de Hormigón (SAC)	1,912	UF/Hinca
Hormigonado micropilotes (SAC)	0,385	UF/Hinca
Hormigonado micropilotes (SOP002)	0,329	UF/Hinca
Retiro y posicionamiento de hincas(SAC y SOP)	0,577	UF/Hinca
Mecanizados SAC y SOP002 (subcontratados)	0,632	UF/Hinca
Sobre excavación dados de hormigón	0,149	UF/Hinca
Prospección no invasiva (GPR)	7,000	UF/Hinca*m ²
Posicionamiento de hincas(SAC y SOP) para supuesto de micropilotes	0,427	UF/Hinca
Retiro de moldajes, tapado y compactación	0,207	Uf/hinca

TABLA 4. Resumen de análisis de precios unitarios.

Por lo tanto al aplicar la ecuación establecida en el apartado 3.1 para obtención del costo asociado total real, se obtiene el siguiente valor:

$$C_{Total} = 554,6 UF$$

El resultado referido a la implementación de GPR depende de la cantidad de prospecciones que se determinen a ejecutar; Por temas prácticos se determinara un total de 6 prospecciones de tal forma que se realicen 2 en cada bloque del parque y los datos obtenidos sean representativos en cada bloque, por ende el costo asociado a este ítem corresponde a:

$$C_{T \text{ prospecciones}} = 43,1 UF$$

Considerando el caso más desfavorable que podría entregar el equipo GPR como se mencionó en el apartado 3.3, en donde se debiese considerar que todos los sectores en estudio corresponden a la ejecución de micropilotes debido a la existencia de interferencias en la zona se obtiene el costo asociado a la ejecución de dichos micropilotes (EC.9) y por ende se utiliza la Ecuación 10 para obtener de igual forma el costo total asociado a la ejecución del supuesto.

$$C_{Total \text{ de micropilotes}} = 271,6 UF$$

$$C_{Supuesto} = 314,7 UF$$

5.2. Discusión de Resultados

Como es presentado en el apartado 4.1, el costo real obtenido está relacionado tanto con la ejecución de cimientos iniciales y aumentos de obras realizados, los que además de influir directamente en el costo directo también influirán el gasto general debido a las variaciones en el plazo de nuestra obra. Es importante mencionar que debido a las pendientes fuertes se ven disminuidos los rendimientos de la maquinaria utilizada en este tipo de proyectos, la cual referida a un terreno regular desciende a menos del 50% del rendimiento (ver anexo B), valor importante a considerar en la ejecución de parques fotovoltaicos con topografía excéntrica.

El valor obtenido referido a la implementación de GPR (servicio 100% subcontratado, toma e interpretación de datos) afecta el costo directo de la obra. En cambio la actividad de preparación de terreno es ejecutada con mano de obra directa, por lo cual si tendríamos incidencia en este apartado en nuestro plazo por ende en nuestro gasto general.

El valor obtenido en este caso supuesto como ya fue mencionado con anterioridad corresponde al caso más desfavorable, por lo cual este valor representaría el límite superior en cuanto a los costos y plazos de ejecución de las cimentaciones.

Una vez relacionados los valores tanto del costo real total como del costo supuesto y teniendo en cuenta que en este último caso está en el límite superior, se puede obtener un coeficiente que relaciona el costo real versus costo supuesto, dicho coeficiente nos permite interpretar de manera positiva nuestro caso en estudio ya que nos indica que el costo supuesto equivale a un 57% de costo real ejecutado (equivalente a aproximadamente a 240 UF) por ende tendremos holgura en la realización de prospecciones en caso de necesitar más.

6. CONCLUSIONES

Un análisis técnico-económico asociado a los procesos constructivos de tecnologías en aumento como lo es la fotovoltaica son de vital importancia tanto para la optimización de recursos de maquinaria como de mano de obra, dichos resultados se ven reflejados en los factores obtenidos en los apartados anteriores, a su vez implicar nuevas tecnologías no utilizadas en este tipo de obras como lo son las prospecciones no invasivas nos entregan otra mirada en cuanto a la toma de decisiones en la planificación y organización de faenas.

Un beneficio que trae la implementación de estas tecnologías en las optimización del material presente en obra, dado que cada vez que se presenta un rechazo, el perfil de cimentación se daña y en muchos casos no se puede utilizar nuevamente en el proyecto, por ende se disminuye el costo de sustitución de dicho suministro.

A su vez implicar este tipo de tecnologías (GPR) las cuales no son invasivas ni para la zona en estudio ni en cuanto a la generación de residuos o gases contaminantes y siguiendo en una línea más ecológica desde la etapa cero de planificación de nuestros proyectos, ya que en gran medida muchos de los ensayos requeridos para la planificación de parques fotovoltaicos consta de instalar hincas de pruebas con equipo perforador e hincadora, las cuales ya de por sí generan un impacto medioambiental tanto en la huella de carbono como acústicamente. Cabe mencionar que este estudio está enfocado en los PMGD, los cuales en su mayoría se encuentran ubicados en lugares apartados y abundantes en fauna nativa.

En síntesis una vez logrados los objetivos específicos de cálculos de costos asociados a la implementación de GPR y validar económicamente dicho proceso y el método actual, podemos concluir que sí se genera una reducción de costos real en el proceso de hincado de perfiles estructurales en parques fotovoltaicos con el método propuesto.

7. BIBLIOGRAFÍA

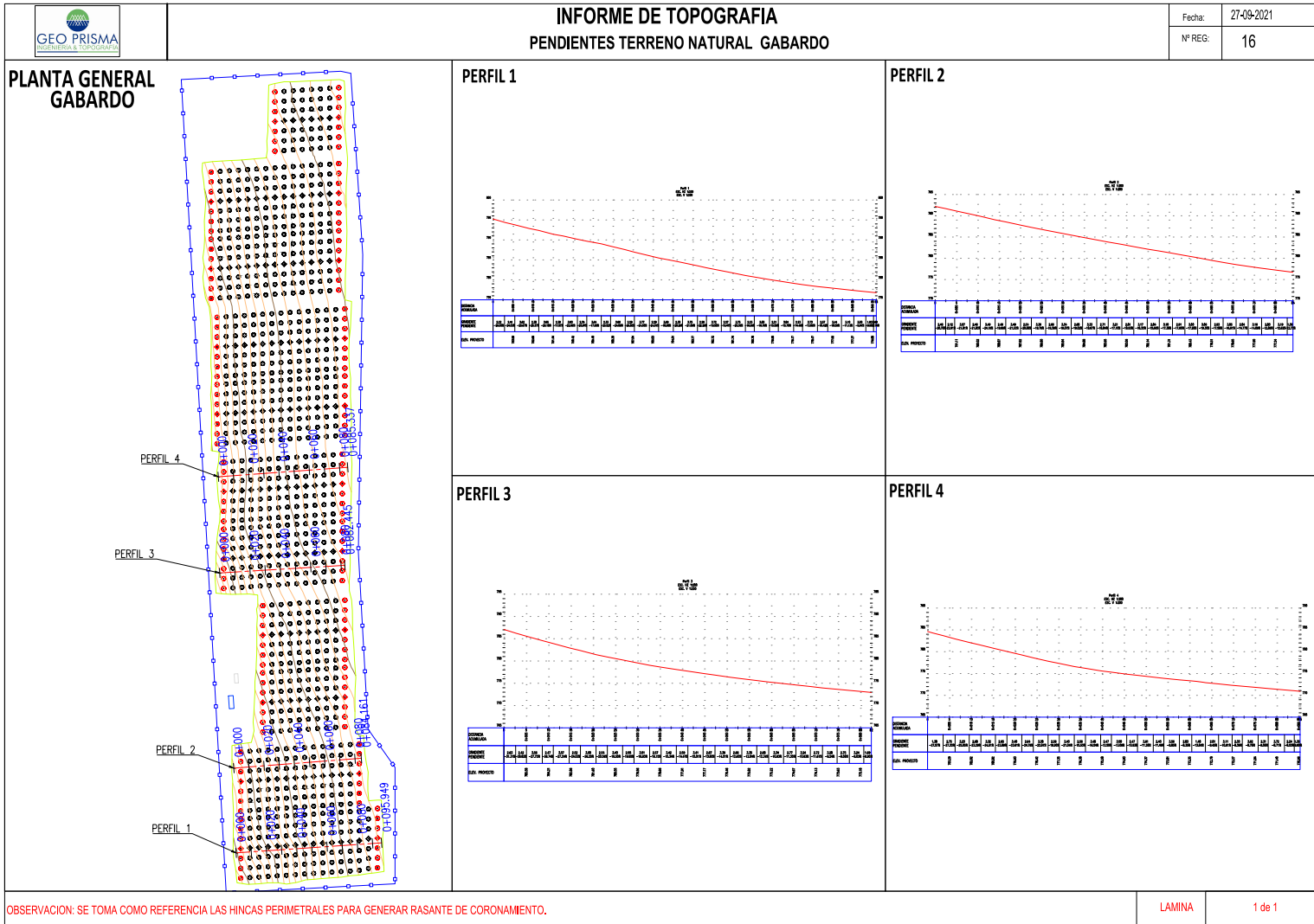
- Geotecnia e ingeniería del terreno s.l. (2020). Estudio Geotécnico y de ensayos pull out para el proyecto fotovoltaico “Gavardo”. Huelquén, Chile.
- Harazin, J., & Wróbel, A. (2020). Analysis and study of the potential increase in energy output generated by prototype solar tracking, roof mounted solar panels. F1000Research.
- Ministerio de Energía & División de prospectiva y análisis de impacto regulatorio. (2019). Planificación energética de largo plazo (2018, 2022). Informe de actualización de antecedentes N° 1.
- Ministerio de energía. División de políticas y estudios energéticos y ambientales. (2020). Planificación energética de largo plazo. Informe de antecedentes [Archivo pdf] https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/20201230_actualizacion_pelp_-_iaa_2020_1.pdf
- Instituto Nacional de Estadística. (2019). Ciudades, pueblos y aldeas [Archivo pdf]. https://geoarchivos.ine.cl/File/pub/Cd_Pb_Al_Cs_2019.pdf
- Magazine, R. S. B. S. D. (8 de abril de 2015). Chile, potencia en energía solar. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. <https://ingenieria.uchile.cl/noticias/110529/chile-potencia-en-energia-solar>
- Romero, R., & Gómez, A. (2015). *Perspectivas de desarrollo de la Energía Solar en Chile SERC como caso de estudio*. [Tesis para optar al grado de Magíster en Análisis Sistemico Aplicado a la Sociedad, Universidad de Chile]. https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/142109/Tesis%20R.%20Romero_impresion.pdf?sequence=1
- País, A. (25 de junio de 2021). Cifras récord en energías limpias ¿Qué queda por delante?. El Mostrador. <https://www.elmostrador.cl/agenda-pais/2021/06/25/cifras-record-en-energias-limpias-que-queda-por-delante/>

- López, V. (2019). Desarrollo y Desafíos de Proyectos de Generación de Energía Solar Fotovoltaica en Chile [López, V. (2019). Desarrollo y Desafíos de Proyectos de Generación de Energía Solar Fotovoltaica en Chile [Tesis para optar al grado de magister en gestión empresarial, Universidad técnica Federico Santa María].
<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/47150/3560900260742UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [1&isAllowed=y](https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/47150/3560900260742UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Lorenzo, E. (1996). Prospección geofísica de alta resolución mediante geo- radar. Aplicación a obras civiles. Monografías CEDEX, Madrid.
- Biskup, K., Lorenzo, H., & Arias, P. (2005). Aplicabilidad del radar de subsuelo para el estudio de la zona no saturada del suelo: ejemplos en ambientes arenosos costeros. Vigo. Universidad de Vigo.

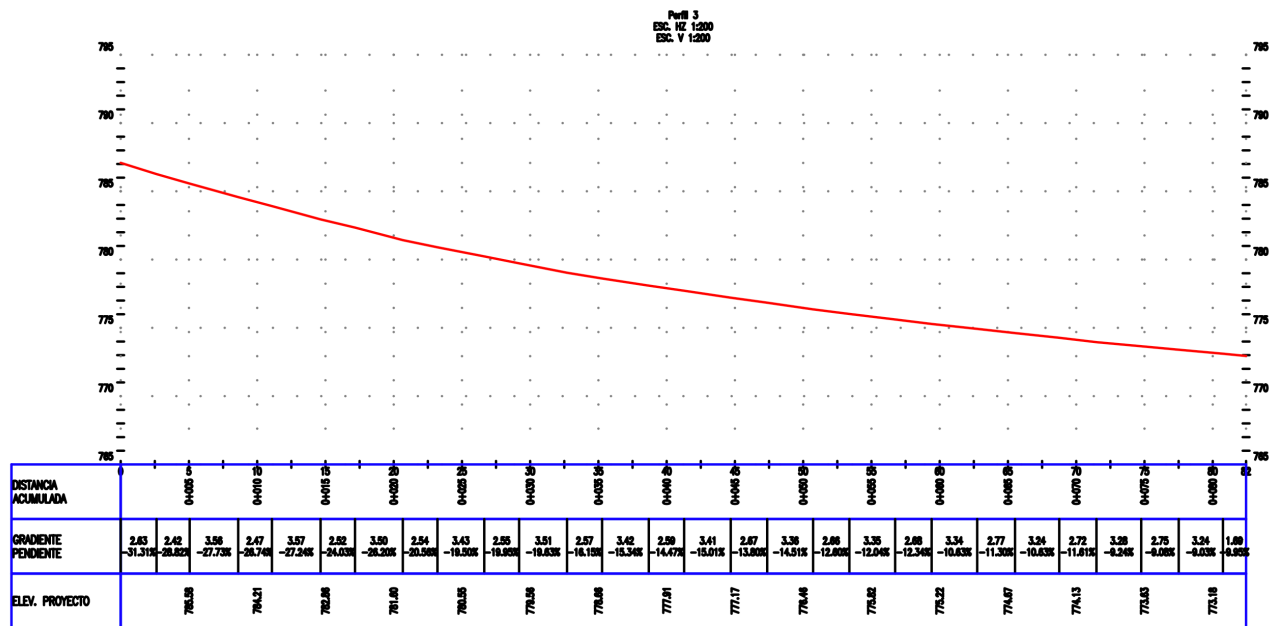


8. ANEXOS

Anexo A



PERFIL 3



Anexo B.

Terreno regular	Perforadora	50	perforaciones/día
	Hincadora	100	Hincas/día
Terreno irregular	Perforadora	15,75	perforaciones/día
	Hincadora	70	Hincas/día

TABLA 5. Variaciones en rendimientos de equipos según condiciones topográficas desfavorables.

Anexo C

Rechazos reales obtenidos en terreno según su clasificación.

BLOQUE A3

TK	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	TK	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	TK	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
131	Mecanizado	Dado superficial	Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado	117	Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado	Dado superficial	Micropiloteaje	Micropiloteaje		107	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
132	Micropiloteaje	Dado superficial	Micropiloteaje	Dado superficial	Dado superficial	Micropiloteaje	Dado superficial	118	Dado superficial	Mecanizado	Mecanizado	Dado superficial	Micropiloteaje	Micropiloteaje		108							
133	Dado superficial	Mecanizado	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Mecanizado	119	Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado	Dado superficial	Mecanizado			109							
134	Mecanizado	Micropiloteaje	Mecanizado	Micropiloteaje	Mecanizado	Micropiloteaje	Dado superficial	120	Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado				110							
135	Dado superficial	Mecanizado	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	121	Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado				111							
136	Dado superficial	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	122								112							
137	Mecanizado	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Dado superficial	123								113							
138	Dado superficial	Dado superficial	Dado superficial	Dado superficial	Dado superficial	Dado superficial	Dado superficial	124								114							
139	Dado superficial	Dado superficial	Dado superficial	Dado superficial	Dado superficial	Dado superficial	Dado superficial	125								115							
140	Dado superficial	Dado superficial						126								116							
141								127								117							
142	Dado superficial					Mecanizado		128								118							
143								129								119	Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado	Micropiloteaje	Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado
144								130								120	Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado	Micropiloteaje	Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado
145																121							
146																122							

FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH	FINISH
300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450	300-450
<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300
MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE	MICROPILOTAJE
DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL	DADO SUPERFICIAL
MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO	MECANIZADO

BLOQUE A2

TK	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	TK	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	TK	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	
83	Mecanizado	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Dado superficial	Mecanizado		69	Dado superficial	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Mecanizado	Mecanizado		54	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Dado superficial	Dado superficial	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje
84	Micropiloteaje	Mecanizado	Mecanizado	Micropiloteaje	Mecanizado	Mecanizado		70	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Mecanizado	Mecanizado		55	Micropiloteaje	Mecanizado	Dado superficial	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje
85	Dado superficial	Dado superficial	Dado superficial	Dado superficial	Micropiloteaje			71	Dado superficial	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje		Mecanizado		56	Mecanizado	Mecanizado	Dado superficial	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje
86	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Micropiloteaje	Dado superficial	Dado superficial			72	Dado superficial	Dado superficial	Micropiloteaje				57	Mecanizado			Mecanizado	Mecanizado	Mecanizado			
87		Mecanizado				Mecanizado		73	Dado superficial						58				Mecanizado	Mecanizado	Dado superficial	Mecanizado		
88								74							59				Mecanizado	Mecanizado	Dado superficial	Mecanizado		
89								75							60									
90	Micropiloteaje					Dado superficial		76							61				Micropiloteaje					
91		Micropiloteaje				Mecanizado		77							62									
92								78							63				Micropiloteaje					
93	Micropiloteaje					Mecanizado		79							64									
94								80							65									
95								81	Mecanizado						66				Dado superficial					
96								82							67				Mecanizado					

BLOQUE A1

TK	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	TK	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
24	Dado superficial	Dado superficial	Mecanizado	Dado superficial	Dado superficial	Dado superficial	Dado superficial	9							
25	Micropiloteaje	Dado superficial						10							
26			Mecanizado	Mecanizado				11							
27	Dado superficial		Mecanizado					12							
28		Dado superficial						13							
29	Dado superficial							14							
30								15							
31								16							
32								17							
33								18							
34		Dado superficial			Micropiloteaje	Mecanizado		19							
35								20							
36								21							
37								22							
38		Mecanizado		Micropiloteaje				23							



Anexo D

Análisis de precios unitarios.

Análisis de Precios Unitarios									
NOMBRE	Confeccion de terrazas								
UNIDAD	UF/Hinca								
FECHA									
ITEM	UNIDAD	EF.UNITARIA	UNIDAD	EF. CONJUNTA	UNIDAD	PU	unidad	P.TOTAL	
EQUIPOS									
Excavadora (operador incluido)	hinca/hora	1,75		1,75	UF hora	0,93	UF/Hinca	0,53	
retroexcavadora					UF hora	0,68	UF/Hinca	0,39	
TOTAL DE EQUIPOS								UF/Hinca	0,92
TOTAL (UF/hinca)								UF/Hinca	0,92

Análisis de Precios Unitarios									
NOMBRE	Perforacion								
UNIDAD	UF/perforacion								
FECHA									
ITEM	UNIDAD	EF.UNITARIA	UNIDAD	EF. CONJUNTA	UNIDAD	PU	unidad	P.TOTAL	
MANO DE OBRA									
Perforadora + compresor	perforaciones/dia	50,00	perforaciones/dia	50,00	UF/dia	16,5	UF/perforacion	0,33	
TOTAL DE EQUIPOS								UF/perforacion	0,33
MATERIALES									
Diesel	L/perforacion	4			UF/L	0,0184	UF/perforacion	0,0736	
TOTAL DE MATERIALES								UF/perforacion	0,0736
TOTAL (\$/ml)								UF/perforacion	0,4036

Análisis de Precios Unitarios									
NOMBRE	Instalacion de Hincas (con predrill)								
UNIDAD	UF/Hinca								
FECHA									
ITEM	UNIDAD	EF.UNITARIA	UNIDAD	EF. CONJUNTA	UNIDAD	PU	unidad	P.TOTAL	
MANO DE OBRA									
Maestro segunda	-	-	-	70	Hincas/Dia	1	UF/hinca	0,014	
Maestro segunda	-	-	-	70	Hincas/Dia	1	UF/hinca	0,014	
					LEYES SOCIALES (%)	29		0,008	
TOTAL DE MANO DE OBRA									0,037
MATERIALES									
Diesel	lt/hinca	0,3			L/hinca	0,0184	UF/hinca	0,0055	
varillas acero	unidad	-			-	-	-	-	
nivel de mano	unidad	-			-	-	-	-	
Lienza	ml	-			-	-	-	-	
Perdidas (%)							5%		0,0003
TOTAL DE MATERIALES									0,0058
EQUIPOS									
Hincadora	Hinca	70	Hincas/Dia	70	UF/dia	0,23	UF/hinca	0,230	
Nivel Laser					UF/dia	1	UF/hinca	0,014	
TOTAL DE EQUIPOS								UF/hinca	0,244
TOTAL (UF/Hinca)								UF/hinca	0,287

Análisis de Precios Unitarios									
NOMBRE	Instalacion de Hincas (Directo)								
UNIDAD	UF/Hinca								
FECHA									
ITEM	UNIDAD	EF.UNITARIA	UNIDAD	EF. CONJUNTA	UNIDAD	PU	unidad	P.TOTAL	
MANO DE OBRA									
Maestro segunda	-	-	-	50	Hincas/Dia	1	UF/hinca	0,020	
Maestro segunda	-	-	-	50	Hincas/Dia	1	UF/hinca	0,020	
					LEYES SOCIALES (%)	29		0,012	
TOTAL DE MANO DE OBRA									0,052
MATERIALES									
Diesel	L/hinca	0,3			L/hinca	0,0184	UF/hinca	0,0055	
varillas acero	unidad	-			-	-	-	-	
nivel de mano	unidad	-			-	-	-	-	
Lienza	ml	-			-	-	-	-	
Perdidas (%)							5%		0,0003
TOTAL DE MATERIALES									0,0058
EQUIPOS									
Hincadora	Hinca	50	Hincas/Dia	50	UF/dia	0,26	UF/hinca	0,260	
Nivel Laser			Hincas/Dia	50	UF/dia	1	UF/hinca	0,020	
TOTAL DE EQUIPOS								UF/hinca	0,280
TOTAL (UF/Hinca)								UF/hinca	0,337



Análisis de Precios Unitarios									
NOMBRE	Prospección no Invasiva (GPR)								
UNIDAD	UF/Hinca(1m2)								
FECHA									
ITEM	UNIDAD	EF.UNITARIA	UNIDAD	EF. CONJUNTA	UNIDAD	PU	unidad	P.TOTAL	
EQUIPOS									
análisis de suelo						UF/Hinca	7	UF/Hinca(1m2)	7,00
TOTAL								UF/Hinca(1m2)	7,00
TOTAL (UF/Hinca)								UF/Hinca(1m2)	7,00

Análisis de Precios Unitarios									
NOMBRE	Posicionamiento de hincas(SAC y SOP) para supuesto de micropilotes								
UNIDAD	UF/Hinca								
FECHA									
ITEM	UNIDAD	EF.UNITARIA	UNIDAD	EF. CONJUNTA	UNIDAD	PU		P.TOTAL	
MANO DE OBRA									
Maestro segunda	hincas/día	15,00	hincas/día	30,00	UF/día	1	UF/Hinca	0,033	
Maestro segunda	hincas/día	15,00	hincas/día	30,00	UF/día	1	UF/Hinca	0,033	
						LEYES SOCIALES (%)	29	UF/Hinca	0,019
TOTAL DE MANO DE OBRA								UF/Hinca	0,086
MATERIALES									
Madera (4"x4")					UF/hinca	0,1200	UF/hinca	0,1200	
alambre									
						Perdidas (%)	5%	UF/Hinca	0,0060
TOTAL DE MATERIALES								UF/Hinca	0,1260
EQUIPOS									
Retroexcavadora	hincas/día	50	hincas/día	30	UF/día	5,44	UF/Hinca	0,181	
Nivel Laser				30	UF/día	1	UF/Hinca	0,033	
TOTAL DE EQUIPOS								UF/Hinca	0,215
TOTAL (UF/Hinca)								UF/Hinca	0,427

Análisis de Precios Unitarios									
NOMBRE	Retiro de moldajes, tapado y compactacion								
UNIDAD	UF/Hinca								
FECHA									
ITEM	UNIDAD	EF.UNITARIA	UNIDAD	EF. CONJUNTA	UNIDAD	PU		P.TOTAL	
MANO DE OBRA									
Maestro segunda	hincas/día	20,00	hincas/día	40,00	UF/día	1	UF/Hinca	0,025	
Maestro segunda	hincas/día	30,00	hincas/día	40,00	UF/día	1	UF/Hinca	0,025	
						LEYES SOCIALES (%)	29	UF/Hinca	0,015
TOTAL DE MANO DE OBRA								UF/Hinca	0,065
MATERIALES									
						Perdidas (%)	5%	UF/Hinca	0,0000
TOTAL DE MATERIALES								UF/Hinca	0,0000
EQUIPOS									
Retroexcavadora			hincas/día	40	UF/día	5,44	UF/Hinca	0,136	
compactadora			hincas/día	40	UF/día	0,24	UF/Hinca	0,006	
TOTAL DE EQUIPOS								UF/Hinca	0,142
TOTAL (UF/Hinca)								UF/Hinca	0,207