

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UNA EMPRESA DE SERVICIOS  
DE PERFORACIÓN DE MICROPILOTES, PERNOS Y ANCLAJES EN EL  
VALLE DE ABURRÁ**

**AUTORES:**

**MARTHA ISABEL GRIJALBA SÁNCHEZ**

**LUIS VILLEGAS NEGRETTE**

**Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Finanzas**

**ASESOR:**

**CAMILO CORONADO**



**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**MEDELLÍN**

**2019**

# CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN .....	10
1. PRELIMINARES .....	11
1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES.....	11
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	15
1.2.1 Objetivo General.....	15
1.2.2 Objetivos Específicos.....	15
2. DESARROLLO DEL ESTUDIO .....	16
2.1 Contexto económico.....	16
2.2 ESTUDIO DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN.....	19
2.2.1 Colombia.....	19
2.2.2 Condiciones en el Valle de Aburrá.....	22
2.3 ESTUDIO DEL MERCADO .....	24
2.3.1 Perspectivas del Mercado en el Valle de Aburrá .....	24
2.3.2 Mercado Objetivo .....	29
2.3.3 Competidores .....	30
2.3.4 Proveedores.....	32
2.3.5 Modelo de Negocios .....	33

2.4	ESTUDIO TÉCNICO .....	35
2.4.1	Proceso .....	35
2.4.2	Alternativas Tecnológicas.....	43
2.4.3	Descripción de Actividades y Recursos Asociados .....	45
2.4.4	Consulta a Expertos en el Valle de Aburrá .....	49
2.4.5	Maquinaria y Accesorios Disponibles .....	49
2.4.6	Selección de Maquinaria.....	50
2.5	ESTUDIO ORGANIZACIONAL.....	52
2.5.1	Misión .....	52
2.5.2	Política Organizacional.....	52
2.5.3	Visión.....	52
2.5.4	Componente Organizacional.....	53
2.6	ESTUDIO LEGAL.....	53
2.7	ESTUDIO AMBIENTAL .....	54
2.8	ESTUDIO FINANCIERO.....	54
2.8.1	Inversión .....	54
2.8.2	Ingresos, Costos y Gastos .....	55
2.8.3	Costo de Capital Promedio Ponderado (CCPP).....	58
2.8.4	Estados Financieros y Flujo de Caja Proyectados .....	59

2.8.5	Evaluación de Riesgos .....	69
3.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	78
	REFERENCIAS.....	81
	ANEXOS .....	85

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1 - Proveedores .....	32
Tabla 2 - Actividad, equipo, utensilios y materiales requeridos.....	46
Tabla 3 - Comparación de especificaciones técnicas de los taladros disponibles, precio y condiciones de pago .....	50
Tabla 4 - Accesorios y/o equipos adicionales mínimos para la operación .....	50
Tabla 5 - Estado de Situación Financiera Proyectado .....	60
Tabla 6 - Estado de Resultados Proyectado .....	61
Tabla 7 - Flujo de Caja Proyectado.....	62
Tabla 8 - Flujo de Caja Proyectado. C.30% y D:70% .....	64
Tabla 9 - Flujo de Caja Proyectado. C.70% y D:30% .....	64
Tabla 10 - Matriz de riesgos .....	70
Tabla 11 - Valores para Escenarios .....	73
Tabla 12 - Resultados del VPN y la TIR para el Análisis de Escenarios .....	74
Tabla 13 - Matriz de Correlación de Variables.....	75
Tabla 14 - Consulta a experto 1 .....	88
Tabla 15 - Consulta a experto 2 .....	89

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 - Variación anual trimestral del valor agregado Construcción 2012-2018. Tomado de (CAMACOL, 2018).....	20
Figura 2 - Áreas de Intervención Estratégicas y Macroproyectos de Medellín. Tomado de (Concejo de Medellín, 2015) .....	25
Figura 3 - Macroproyecto Rio Centro - Sector La Alpujarra. Izquierda: Condición Actual, derecha: Condición Prevista. Tomado de (Concejo de Medellín, 2015) .....	26
Figura 4 - Macroproyecto Rio Norte - Sector Moravia. Condición Prevista. Tomado de (Concejo de Medellín, 2015) .....	26
Figura 5 - Macroproyecto Rio Sur - Sector Coltabaco. Izquierda: Condición Actual, derecha: Condición Prevista. Tomado de (Concejo de Medellín, 2015).....	26
Figura 6 - Macroproyecto Rio Sur - Sector Calle 10 Costado Occidental. Condición Prevista. Tomado de (Concejo de Medellín, 2015) .....	27
Figura 7 - Esquema proyecto Centralidad Sur. Tomado de (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2010).....	28
Figura 8 - Participación porcentual de las empresas de servicios de perforación de pernos, anclajes y micropilotes en el sector urbano del Valle de Aburrá.....	31
Figura 9 - Modelo de Negocios .....	34
Figura 10 - Proceso constructivo del Suelo Pernado. Tomado de (French National Project CLOUTERRE, 1993).....	35

Figura 11 - Proceso constructivo de Muros Anclados. Tomado de (P.J. Sabatini, D.G. Pass, 1999) .....	36
Figura 12 - Proceso constructivo de Micropilotes. Tomado de (FHWA, 2005).....	36
Figura 13 - Proceso de perforación, instalación, inyección y fijación.....	37
Figura 14 - Maquinaria de perforación. Imagen tomada de (Dirección General de Carreteras, 2005) .....	38
Figura 15 - Esquema de instalación de elementos autopercutores, paso 1. Tomado de (Ischebeck, 2016).....	44
Figura 16 - Esquema de instalación de elementos autopercutores, paso 2. Tomado de (Ischebeck, 2016).....	45
Figura 17 - Estructura Organizacional.....	53
Figura 18 - Distribución de costos asociados al ml de perforación, reforzamiento e inyección de elementos con sistema autopercutor .....	57
Figura 19 - Resumen Resultados del Periodo.....	65
Figura 20 - Resumen de Indicadores de Rentabilidad y Palanca de Crecimiento .....	66
Figura 21 - Resumen Flujos de Caja y EVA del Proyecto .....	67
Figura 22 - Valor presente del Proyecto y del Inversor.....	68
Figura 23 - Mapa de Calor y Riesgos .....	69
Figura 24 - Gráfico de Tornado .....	71
Figura 25 - Gráfico de Telaraña.....	71

Figura 26 - Análisis de equilibrio Meta Inicial (ml) Vs. Tasa de Crecimiento Anual (ml).....	72
Figura 27 - Análisis de equilibrio Tasa de Crecimiento Anual (ml) Vs. Precio del Mercado (\$COP).....	73
Figura 28 - Funciones de distribución de probabilidad .....	75
Figura 29 - Simulación Monte Carlo para el VPN Evaluada en Cero .....	76
Figura 30 - Simulación Monte Carlo para el VPN Evaluada en el Percentil 5.....	76
Figura 31 - Simulación Monte Carlo para la TIR Evaluada en el CCPP.....	77
Figura 32 - Métodos de Perforación de Micropilotes, imagen tomada de (FHWA, 2005) .....	86
Figura 33 - Métodos de Perforación de Micropilotes, imagen tomada de (FHWA, 2015) .....	87
Figura 34 - Tipos de brocas, imagen tomada de (Geotechnical Engineering Office, 2006).....	87

## RESUMEN

Por las condiciones de crecimiento proyectado del Valle de Aburrá, se ha identificado que en los próximos 10 años se incrementará la utilización de elementos de soporte lateral y vertical tipo anclajes, pernos y/o micropilotes para las edificaciones de uso residencial.

Al identificar un mercado creciente que se encuentra desatendido por las condiciones actuales de la oferta, se decidió adelantar un estudio a nivel de prefactibilidad para poder evaluar la viabilidad financiera de un proyecto de adquisición y operación de un equipo de perforación con capacidad de instalar elementos autoperforantes en la llanura de inundación del Valle.

Para la evaluación financiera del proyecto, se adelantaron estudios del sector, del mercado, técnicos, organizacionales, legales y ambientales a partir de información secundaria; lo anterior con el objetivo de identificar las variables y las condiciones del horizonte de evaluación del proyecto. Finalmente, se hicieron estados financieros proyectados, se identificaron los riesgos de la inversión y se evaluó la viabilidad del proyecto para diferentes escenarios probables a partir del VPN y la TIR.

**Palabras Clave:** anclajes, pernos, micropilotes, autoperforante, excavaciones, cimentaciones, Valle de Aburrá, VPN y TIR.

## INTRODUCCIÓN

El presente documento se ha desarrollado con el fin de optar por el título de especialistas en finanzas. En este se presentan los estudios necesarios para determinar la factibilidad financiera de creación de una empresa de servicios de perforación de micropilotes, pernos y anclajes, con operación en el Valle de Aburrá para edificaciones de uso residencial.

La motivación para la realización de este trabajo, obedece a la desatención actual del sector constructor en el Valle de Aburrá en el segmento de perforación, en construcción de edificaciones residenciales, detectada de manera cercana por uno de los desarrolladores del presente documento, en razón a pertenecer al sector en mención.

Se evidencia la oportunidad de atender esta demanda con la incertidumbre de que tan factible es financieramente invertir en este tipo de proyectos, por lo tanto, tratando de dar respuesta a este interrogante se plantean cada uno de los objetivos específicos para el desarrollo del proyecto.

A lo largo del documento se realizan los estudios correspondientes, en lo que respecta al sector, mercado, técnico, organizacional, legal y ambiental, para finalmente con las incidencias de cada uno de estos estudios, realizar el análisis financiero y ubicar la cuantía correspondiente en la partida del informe financiero en el que se deba ver reflejado.

El estudio financiero realizado, aplica los conceptos asimilados en la especialización en finanzas y permite afianzar dicho conocimiento mejorando la capacidad de análisis financiera.

Por medio de los indicadores financieros obtenidos y acompañado del análisis de riesgos desarrollado, se puede concluir que el resultado procedente responde de forma positiva a la hipótesis planteada, y motiva la implementación del estudio de prefactibilidad.

# 1. PRELIMINARES

## 1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES

En la actualidad el gran desarrollo urbano ha llevado a aprovechar mejor los espacios de la ciudad para la construcción de infraestructura en su interior y a sus alrededores, de acuerdo con (ITACUS, 2011) se espera que para el año 2050 más del 70% de la población mundial se encuentre concentrado en las ciudades.

En el Valle de Aburrá la situación no ha sido diferente, en correspondencia con la proyección poblacional del (DANE, 2018b), para el 2020 se estima que la población sea cercana a seis millones de habitantes. Esta tendencia al crecimiento poblacional se ha reflejado en los últimos 40 años con la densidad poblacional y el aumento de edificaciones en altura como se puede observar de las siguientes fotografías.



*Fotografía 1 – Edificaciones en El Poblado. A la izquierda: fotografía de la Biblioteca Pública Piloto de 1977 y a la derecha: fotografía en el 2017*

Por efecto del incremento de la demanda de la vivienda y la reducción de los espacios para la construcción en las ciudades, las edificaciones urbanas han tenido que aprovechar la disponibilidad del espacio en altura y profundidad. La consecución de estos espacios ha

implicado grandes retos para la ingeniería civil, y particularmente para el área de geotecnia como lo menciona (Salvá, 2014).

Si bien el aumento en altura de las estructuras implica un incremento proporcional de las cargas a nivel de cimentación, por otra parte (en profundidad), el incremento de la altura de las excavaciones conlleva al aumento de los empujes de suelo a una tasa equivalente al cuadrado de la altura. Esto obliga a usar diversos sistemas de cimentación, excavación y de contención (Clayton, Woods, Bond, & Milititsky, 2014) como los que se muestran a continuación.



*Fotografía 2 - Cimentación tipo micropilotes - Sabaneta, Antioquia*



*Fotografía 3 – Contención tipo suelo pernado (Soil Nailing) – A la izquierda: Envigado, Antioquia y a la derecha: Sabaneta, Antioquia*



*Fotografía 4 - Contención tipo muro diafragma con anclajes activos - Medellín, Antioquia*

Si bien los desafíos de la ingeniería aumentan cada día, resulta lamentablemente saber que en menos de una década la ingeniería colombiana y particularmente la antioqueña ha tenido que afrontar eventos como: el desplome de la torre 6 de Space en el 2013 (Avenida & Arias, 2013), la posterior demolición del conjunto residencial completo en el 2015, la incertidumbre de los

residentes de Continental Towers, Asensi, Mantua, Colores de Calasanía, Punta Luna 1 y 3, Cerezos de Calasania, La Merced, San Miguel del Rosario, Parque Residencial Alcalá, Altos de San Juan y Babilonia (Cardenas, 2018), la caída del puente Chirajara (La FM, 2018), la implosión de Bernavento en el 2018 (Revista Semana, 2018b) y las medidas de contingencia adoptadas en el proyecto Hidroitungo que todavía hoy afectan a las comunidades vecinas al proyecto (Pulzo, 2019).

Si estos factores se combinan con la dificultad de obtener espacios disponibles aptos para la construcción de edificaciones, los planes de ordenamiento territorial y la formulación de leyes como la “*Anti Space*” (ley 1796 del 13 de julio del 2016, complementada con el decreto 282 del 21 de febrero de 2019). Se pone de manifiesto la necesidad de satisfacer un mercado que demanda mayor seguridad frente a su inversión.

De esta forma puede entenderse el surgimiento de un mercado cada vez más creciente y demandante de mejores prácticas constructivas y seguridad; en cuyo caso la implementación de métodos constructivos tecnificados como son los micropilotes, anclajes y pernos constituyen elementos de primer orden para ayudar a satisfacer esta necesidad, particularmente en el Valle de Aburrá.

## **1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.2.1 Objetivo General**

Evaluar financieramente a nivel de prefactibilidad la creación de una empresa de servicios de perforación de micropilotes, pernos y anclajes en el Valle de Aburrá para edificaciones de uso residencial.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Hacer estudio:

- Del sector.
- Del mercado.
- Técnico.
- Organizacional.
- Legal.
- Ambiental.
- Financiero.

## 2. DESARROLLO DEL ESTUDIO

### 2.1 CONTEXTO ECONÓMICO

#### ○ **Producto Interno Bruto (PIB)**

En el tercer trimestre de 2018 (julio a septiembre), el PIB a precios constantes aumentó 2,7% con relación al tercer trimestre de 2017. Al analizar el resultado del valor agregado por grandes ramas de actividad, se observa un incremento de 1,8% del valor agregado del sector construcción; este resultado se explica principalmente en los subsectores de: Construcción de edificaciones residenciales y no residenciales 4,1% y actividades especializadas 1,3%, en comparación con el tercer trimestre de 2017 (DANE, 2018a).

*“Vamos a proyectar 2019, como un año de recuperación y de consolidación, pero también como un año en el que no hay que hacer cuentas alegres”, sostiene Juan Pablo Espinosa, gerente de Investigaciones Económicas de Bancolombia. De ahí que se estime un crecimiento del 3,2% para 2019, lo que significa que la economía colombiana subirá un escalón más en su proceso de recuperación. Para las condiciones que está viviendo el país y para el entorno internacional, no es razonable ni deseable crecer a tasas mucho más altas de las que estamos viviendo ahora, porque cuando esto ocurre, se generan problemas”, afirma Espinosa.(Bancolombia, 2018)*

#### ○ **Índice de Precios al Consumidor (IPC) Total y del Sector Vivienda**

En noviembre de 2018, el IPC registró una variación mensual de 0,12%. Por su parte, el IPC del sector vivienda registró una variación mensual de 0,18%. La variación anual del IPC total fue de 3,27% y el IPC del sector de vivienda 3,96% (DANE, 2018a).

En noviembre de 2018 frente a noviembre de 2017, el IPC del sector vivienda registró las mayores variaciones anuales en: Bogotá (3,95%), Medellín (4,73%), Cali (3,45%) y Barranquilla

(4,61%), aportando en conjunto 2,97 puntos porcentuales a la variación anual total del IPC del sector, licencias de construcción y censo de edificaciones (DANE, 2018a).

El área aprobada para vivienda presentó una disminución de 10,4% respecto a octubre de 2017 al pasar del 1.428.319 m<sup>2</sup> a 1.279.576 m<sup>2</sup> registrados en octubre del 2018; este resultado se explica principalmente por la reducción del 20,7% en el área aprobada para vivienda de interés social (VIS) al pasar de 334.709 m<sup>2</sup> registrados en octubre de 2017 a 265.275 m<sup>2</sup> registrados en octubre de 2018 (DANE, 2018a).

En octubre de 2018, se licenciaron 12.799 soluciones de vivienda; 4.124 viviendas VIS y 8.675 viviendas diferentes a interés social, lo cual representó una variación negativa en el número de unidades aprobadas para vivienda VIS de -23,4% y para vivienda diferente de interés social la variación fue -6,8% (DANE, 2018a).

El análisis del PIB y el área aprobada para vivienda en el año 2018 (el cual refleja el comportamiento del IPC en el sector vivienda, que es nuestro nicho de mercado) presentado en los párrafos anteriores, nos prevé a nivel general un panorama poco favorecedor para la puesta en marcha de este plan de negocio, sin embargo, la delimitación a nivel local, la cual ha presentado un comportamiento favorable (crecimiento del IPC del sector vivienda del 4,73% en Medellín en noviembre 2018 frente a noviembre 2017) y el estudio del sector presentado en la parte dos de este capítulo, nos mostrará que estos indicadores poco favorecedores no necesariamente indican pérdidas en la inversión, en razón a la perspectiva de crecimiento en el segmento de mercado donde se piensa operar.

- **Comportamiento de las divisas**

## **Euro**

Hemos incluido en el análisis económico de este proyecto las divisas, dado que la compra de la maquinaria requerida para el desarrollo del negocio, tal y como se tiene pensado, sería importada y la moneda considerada para dicha adquisición, de acuerdo con las cotizaciones que se presentarán en el capítulo de estudio financiero, es el euro.

El comportamiento de esta moneda frente al peso colombiano se ha venido observando en los últimos meses con tendencia a la baja, es decir como una revaluación del peso frente al euro.

Dicho comportamiento lo justifican expertos en el tema:

*"Una economía de la eurozona relativamente más baja, un ajuste más rápido en la Reserva Federal y la creciente incertidumbre política han hecho que los activos en euros sean relativamente menos atractivos que los estadounidenses, alejando los flujos de capitales del euro",* ha explicado la economista senior de S&P Global, Marion Amiot.

*"A partir del tercer trimestre de 2019, el inicio del ciclo de aumentos del Banco Central Europeo (BCE) y lo que esperamos que sea un periodo de menor riesgo político debería de respaldar una apreciación del euro frente al dólar, especialmente dado que el euro está infravalorado en comparación con el superávit de cuenta corriente de la eurozona o la paridad de poder adquisitivo",* ha indicado Amiot.(Expansión, 2018)

De acuerdo con lo anterior, podemos concluir que el valor del euro en este momento respecto al peso colombiano y las demás divisas favorece las importaciones, para nuestro caso en específico de maquinaria. Nos hace pensar también en la adquisición de algún tipo de cobertura para el alza

que de acuerdo con estudios económicos se cree que tendrá al finalizar el año 2019, periodo en el cual se preveía puesta en marcha de este negocio.

#### ○ **Tasa de interés**

Todo parece indicar que el Banco de la República mantendrá estable la tasa de interés en 4,25%. Para 2019, Bancolombia prevé dos incrementos de esa tasa de referencia, hasta alcanzar 4,75%, debido a la tendencia de recuperación que está viviendo la economía colombiana.

“Lo que vemos en ese panorama para Colombia es un incremento en las tasas de interés, pero sobre unos niveles muy moderados, porque al final del día la economía no va a requerir de ninguna manera un ajuste o apretón de tipo monetario que pueda poner en riesgo algún sector o que implique una amenaza para nuestros clientes”.(Bancolombia, 2018).

La proyección prevista de la tasa de intervención del Banco de la República muestra un panorama favorecedor para nuestro plan de negocio, ya que al tratar de mantener la tasa favorece nuestra inversión, pues indica que, en el momento de la puesta en marcha, se puede negociar una tasa baja o por lo menos predecible para la financiación del proyecto, en el capítulo de análisis financiero se detallará como es debido el impacto económico de la financiación.

## **2.2 ESTUDIO DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN**

### **2.2.1 Colombia**

La comercialización de vivienda en Colombia durante el año 2018 fue de 172.000 unidades, de las cuales 102.000 unidades fueron de vivienda social (60%) y 70.000 fueron no VIS (40% ), lo anterior representado en una inversión para los hogares de \$32 billones (CAMACOL, 2019b).

Para la presidente Ejecutiva del Camacol, Sandra Forero Ramírez, *“el 2018 fue un segundo año de menor actividad comercial y en particular en el lanzamiento de nuevos proyectos, luego del*

máximo histórico de 2016. Sin embargo, la vivienda social se destacó como el segmento de mayor relevancia del mercado, permitiendo cerrar el año por encima de las expectativas” (CAMACOL, 2019b).

Luego de dos años de decrecimiento, la perspectiva del sector constructor es que el 2019 sea más próspero que el 2018, por lo que este año se esperan mejores niveles de ventas y una mayor oferta que la del anterior. Estas expectativas están sustentadas por un mayor crecimiento de la economía, la continuidad de los programas de vivienda Mi Casa Ya y Frech VIS con 58.000 cupos y buenos resultados en la generación de empleo (CAMACOL, 2019a).

Por otra parte y luego de siete trimestres de desaceleración económica del sector de la construcción de edificaciones, el ministro de Vivienda, Jonathan Malagón reconoce que el comportamiento del sector de la construcción es muy cíclico (ver Figura 1) y espera que el crecimiento del sector construcción de vivienda para este año sea del 3% luego de lo que él mismo denominó como “la desaceleración más larga registrada desde la crisis del Upac” (Revista Dinero, 2019).

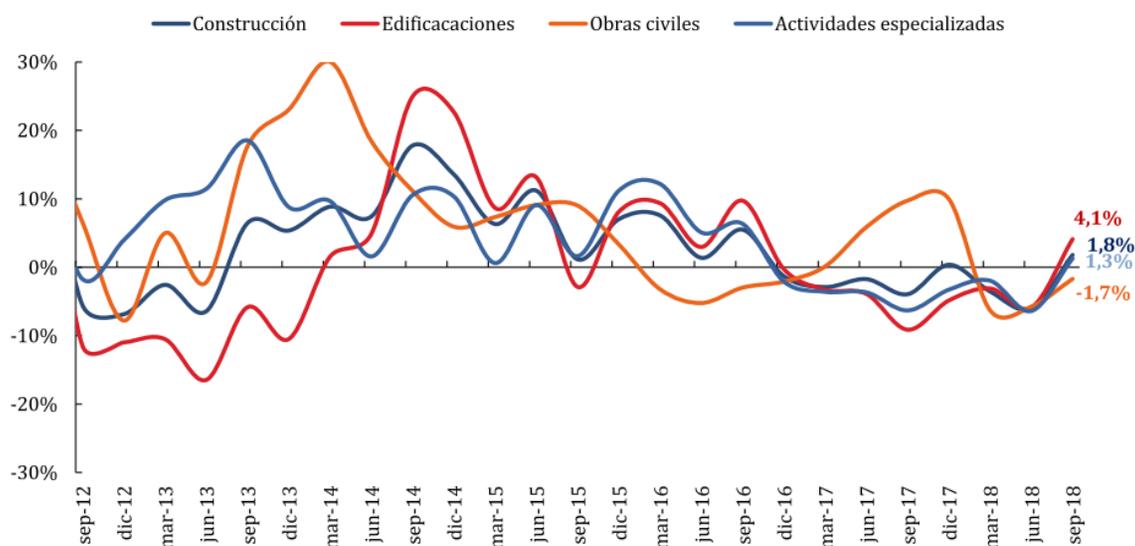


Figura 1 - Variación anual trimestral del valor agregado Construcción 2012-2018. Tomado de (CAMACOL, 2018)

Pese a esto, Sandra Forero Ramírez señaló que no se puede desconocer algunos factores de incertidumbre como son *“la debilidad en la confianza del comprador y los efectos de la Ley de Financiamiento sobre la inversión de los hogares. A esto se suma que hay posibilidad de que un nuevo Fenómeno de El Niño contribuya al alza de precios en la economía y por esta vía se generen presiones en los tipos de interés, además de estar en un año de transición electoral”* (CAMACOL, 2019a).

Tal y como lo plantea Malagón el gobierno al cual él pertenece aspira a que en su cuatrienio se construyan 520.000 viviendas VIS, que se mejoren 600.000 viviendas en ruinas y que más personas de estrato 1 sean propietarias (Revista Dinero, 2019). Esto ayudará no solo a los constructores, sino también a los compradores y bancos.

Este último factor es muy importante dado que el gremio constructor hace énfasis en que las futuras administraciones locales deben priorizar la habilitación de suelo como fuente para la construcción formal, para poder así impulsar las obras de infraestructura urbana y servicios públicos, y a la vez, se deberá tener en cuenta las necesidades de vivienda de la población como base para los planes de desarrollo de largo plazo (CAMACOL, 2019a).

*“El sector constructor es uno de los sectores clave de la economía colombiana, por el volumen de mano de obra (calificada y no calificada) que emplea. No obstante, está pasando por una coyuntura compleja y ha presentado crecimientos negativos, tendencia que podría revertirse a partir de 2019, ya que esta actividad suele reaccionar de manera positiva, pero lentamente, al buen comportamiento de la economía.*

*Por sus propias características, el sector de la construcción tarda tiempo en recuperarse, ya que pueden pasar por lo menos dos años entre la intención de compra de un hogar y la fase de ejecución de un proyecto. Por eso esperamos que, en 2019 empiece a mostrar buenos resultados,*

*ya que esta actividad moviliza mano de obra y dinamiza otros sectores, como materiales de construcción y servicios (carpintería, plomería, electricidad, entre otros)”,* señala el Gerente de Investigaciones Económicas de Bancolombia.(Bancolombia, 2018)

Para terminar, debemos considerar que el mercado de vivienda se encuentra intrínsecamente relacionado a los mercados financieros, ya que tanto compradores como desarrolladores de productos de vivienda, tienen necesidades de apalancamiento financiero de largo plazo, por tal motivo el fortalecimiento de los mercados de crédito favorece el desarrollo de los mercados de vivienda.

### **2.2.2 Condiciones en el Valle de Aburrá**

La Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol), regional Antioquia, espera que durante 2019 se vendan en el departamento cerca de 20.300 inmuebles nuevos, con un volumen de ventas de \$4,3 billones. Lo que equivale a una recuperación de entre 7% y 10%, es decir, de 21.000 y 23.000 unidades. Según Camacol, durante el año 2018 las ventas de vivienda nueva evidenciaron una reducción de 16,47%, frente al año pasado, sobre todo golpeadas por la incertidumbre política y económica del primer semestre del año.

De acuerdo con el gerente de Camacol Antioquia Eduardo Loaiza Posada *“Durante 2018, la actividad edificadora en Antioquia registró una reducción en las ventas de vivienda nueva, con 3.865 unidades menos que en el 2017. Esto se debe al impacto de la incertidumbre política y económica que atravesó el país a principio de año y al estrangulamiento de la VIS que ha limitado la generación de oferta a mínimos históricos. Sin embargo, es importante destacar el crecimiento en las ventas de las edificaciones no residenciales en la región. Así mismo, somos optimistas para el 2019, debido a los proyectos estratégicos de construcción que se desarrollarán y entregarán en el departamento”* (Revista Dinero, 2018).

En la misma entrevista, Loaiza destacó la disponibilidad de 21.220 unidades de vivienda nueva en la región para la venta y resaltó la representatividad en ventas de los siguientes municipios: Bello con 5.344 unidades, Medellín con 3.425 unidades y Oriente Antioqueño con 2.711 unidades (Revista Dinero, 2018). Esto coincide con los proyectos de vivienda que presentan los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) de los municipios que hacen parte del Valle de Aburrá.

## 2.3 ESTUDIO DEL MERCADO

### 2.3.1 Perspectivas del Mercado en el Valle de Aburrá

El Valle de Aburrá está conformado por los municipios de: Babosa, Girardota, Copacabana, Bello, Medellín, Envigado, Itagüí, Sabaneta, La Estrella y Caldas. Sin embargo, de acuerdo con los datos de las proyecciones del (DANE, 2005) para el 2019, aproximadamente el 90% de la población se encuentra en: Itagüí, Medellín, Sabaneta, Bello, Envigado y La Estrella. De esta manera estos son los municipios más relevantes del Valle.

En Colombia la ley 388 de 1997 define la creación de un instrumento técnico y normativo para definir el orden territorial de carácter municipal o distrital denominado Plan de Ordenamiento Territorial (POT). Este instrumento define el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas destinadas a orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo. Permitiendo así definir por un periodo de tiempo un modelo de ciudad. Es así como los constructores urbanos definen sus proyectos objetivo en cada municipio. A continuación, se presentarán las principales características de los POT definidos para estos municipios donde se concentra la mayor parte de la población del Valle.

Bello ha aprovechado las restricciones que el POT de Medellín le ha impuesto al sector edificador, fortaleciendo sus estímulos para la construcción. Para Eduardo Loaiza, gerente de Camacol Antioquia, esto ha permitido que en la ciudad *“haya una oferta que supera en unidades y proyectos de vivienda a la que tiene la capital antioqueña”*.(Revista Semana, 2018a). Para el 2018 Bello tenía 5.536 viviendas en construcción, representada por 72 proyectos.

Por su parte, el POT de Medellín tenía previsto cubrir el periodo 2014-2027, sin embargo, a la fecha no ha podido ser usado como lo menciona el Gerente de Camacol Antioquia, Eduardo Loaiza en la entrevista con (Aguirre Eastman, 2019). De esta forma, se estima que si ha habido 5 años de retraso el nuevo POT funcionará entre 2019 y 2032.

Vale la pena resaltar que el POT de Medellín “... *ha propuesto principalmente crecer hacia adentro, sellar las laderas y promover modos limpios de transporte, estos propósitos han sido emulados por los demás municipios metropolitanos.*” (Ortiz Jiménez, 2018). Esto se puede observar en las siguientes figuras donde se muestra la distribución de los macroproyectos del municipio y algunos de ellos.

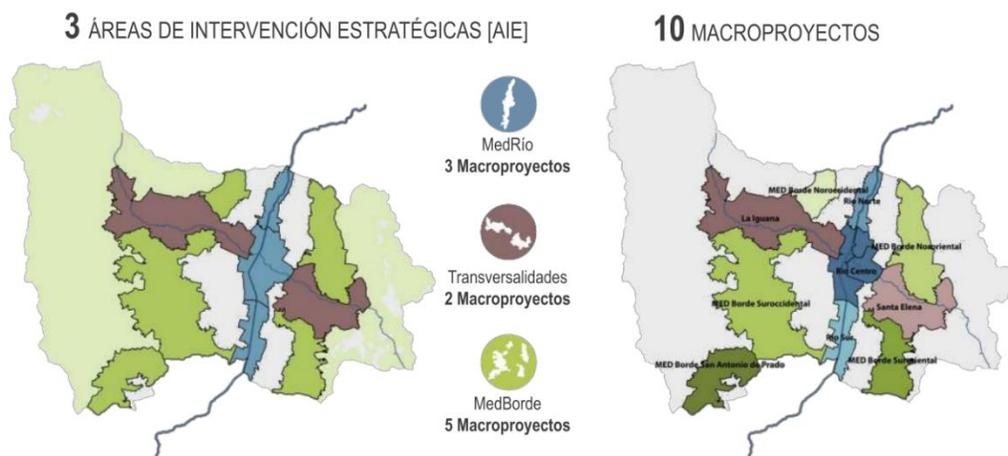


Figura 2 - Áreas de Intervención Estratégicas y Macroproyectos de Medellín. Tomado de (Concejo de Medellín, 2015)

De los macroproyectos existentes sólo los del río se enfocan en el desarrollo de vivienda, el resto son proyectos de conservación y adecuación de espacios y servicios públicos. Por lo que sólo se presentará información de este macroproyecto.

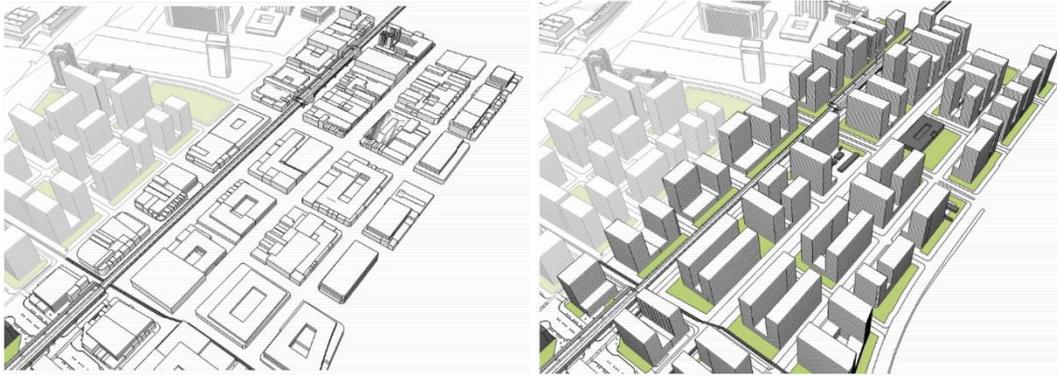


Figura 3 - Macroproyecto Río Centro - Sector La Alpujarra. Izquierda: Condición Actual, derecha: Condición Prevista.

Tomado de (Concejo de Medellín, 2015)

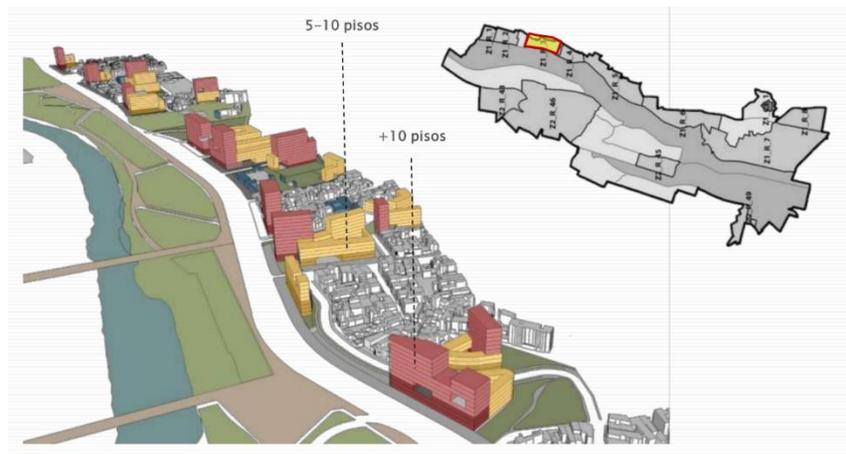


Figura 4 - Macroproyecto Río Norte - Sector Moravia. Condición Prevista. Tomado de (Concejo de Medellín, 2015)

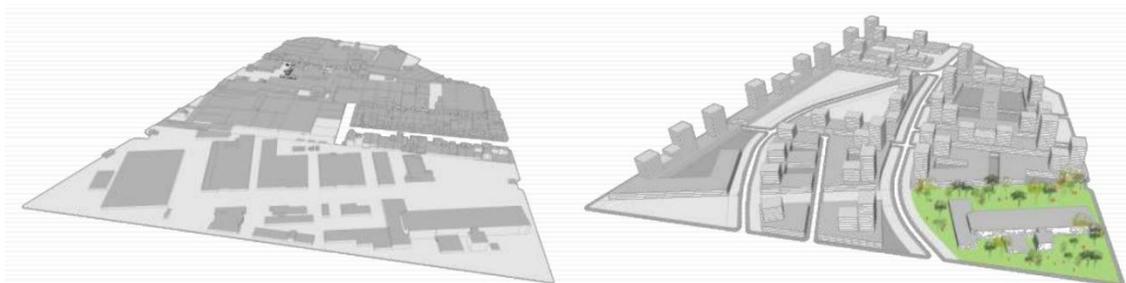


Figura 5 - Macroproyecto Río Sur - Sector Coltabaco. Izquierda: Condición Actual, derecha: Condición Prevista. Tomado de (Concejo de Medellín, 2015)



Figura 6 - Macroproyecto Rio Sur - Sector Calle 10 Costado Occidental. Condición Prevista. Tomado de (Concejo de Medellín, 2015)

Para el macroproyecto del río se espera que 30.007 viviendas sean Viviendas de Interés Prioritario (VIP) y 396.099 viviendas No VIP con alturas variables entre 5 y 25 niveles con máximo 5 niveles de parqueadero desde el nivel de las vías (Concejo de Medellín, 2015).

Según Iván Alonso Montoya, alcalde del municipio de Sabaneta, en el nuevo Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) se integran las *“lecciones aprendidas”* y se logra equilibrio entre lo público y lo privado. *“Bajaremos las densidades en el sector céntrico y en las laderas, para que, en la zona del río, en Las Vegas y la Avenida Regional se tenga el mayor desarrollo”*. (Ortiz Jiménez, 2019)

Por último, Esteban Salazar, director del Departamento Administrativo de Planeación de Envigado explicó que: *“Envigado pretende modificar el modelo de ocupación del territorio, de manera que en la zona urbana se desestime la ocupación en la ladera. Para ello se disminuirán las densidades en un 60 % en estas zonas. También estimulará la ocupación en las zonas de renovación urbana, ubicadas entre el río Medellín y la Avenida Las Vegas.”* (Ortiz Jiménez, 2019)

Las declaraciones de los mandatarios locales coinciden con las directrices del megaproyecto Centralidad Sur del (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2010), el cual se desarrollará en los municipios de Envigado, Sabaneta, Itagüí y La Estrella, como se puede apreciar en la siguiente figura.



*Figura 7 - Esquema proyecto Centralidad Sur. Tomado de (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2010)*

A la fecha se desconoce la cantidad exacta de viviendas proyectadas, sin embargo, se dispondrán de 76 de 450 hectáreas para este uso, en principio, se estima que la cantidad de viviendas varíe entre 330.000 y 789.000, con edificaciones hasta de 23 niveles y con restricción a dos niveles de parqueadero que sobresalgan de la vía como se deriva de la información de las posibilidades tipológicas de las manzanas de 65x45 del (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2010). Este

proyecto dará inicio a su construcción en el 2020 como los indicó Esteban Salazar a (Álvarez, 2018).

### **2.3.2 Mercado Objetivo**

Teniendo en cuenta lo anterior, se estima que el número de viviendas que se planea construir en los principales municipios del Valle de Aburrá será entre 827.500 y 1.286.600 (entre 756.000 y 1.215.106 en los municipios de La Estrella, Itagüí, Envigado, Sabaneta y Medellín; y 5.500 viviendas por año en Bello) para los próximos 13 años aproximadamente.

Teniendo en cuenta las restricciones en altura mencionados en los POT, se asumirá que el número medio de niveles de las viviendas será 20 y que cada nivel consta de 4 a 6 viviendas por piso; así, se estima que en promedio durante los próximos 13 años cada año en el Valle de Aburrá habrá entre 530 y 1237 torres de vivienda, por lo que si se considera que en promedio los conjuntos residenciales constan de 3 a 5 torres, entonces cada año habría entre 106 y 412 proyectos de vivienda en el Valle.

#### **○ Demanda**

Al consultar con 5 de las empresas consultoras geotécnicas más relevantes del Valle de Aburrá en el área de proyectos urbanos acerca de cuál es el porcentaje histórico de los proyectos diseñados que requieren el uso de pernos, anclajes y/o micropilotes, se encontró que estos variaban entre el 15 y 30%, que es equivalente a 10 a 20 proyectos por empresa al año. Esto implica que, para el total de proyectos estimados, la demanda anual de estos servicios es del orden de 16 a 124 proyectos por año.

Entre las condiciones típicas con las que se diseñan estos elementos son:

- Diámetro de perforación: 4.5” y 6”

- Longitudes: 6 a 35 m
- Inclinaciones verticales: 0 a 45°
- Inclinaciones horizontales: 0 a 20°
- Refuerzo: torones 5/8", 1/2" y varillas de acero  $f_y=420\text{MPa}$
- Presión de inyección: 0 a 2 MPa

○ **Otros Factores**

Tras consultar a 5 de las empresas constructoras que más utilizan este tipo de elementos en el Valle de Aburrá acerca de los criterios de selección de las empresas de servicios se encontró que el orden de estos es:

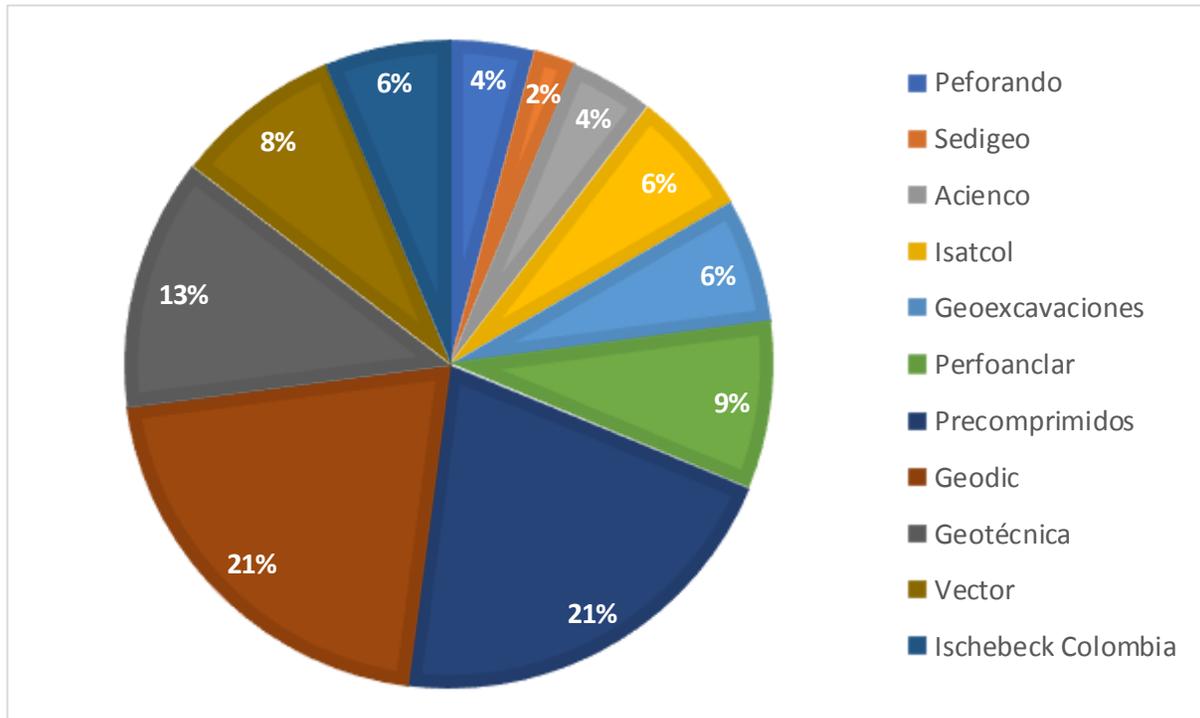
- 1) Costo
- 2) Capacidad Técnica para Atender Requerimientos de Diseño
- 3) Calidad
- 4) Tiempo
- 5) Servicio Posventa
- 6) Capacidad Financiera

### **2.3.3 Competidores**

En el Valle de Aburrá se han identificado 11 competidores que trabajan en proyectos de infraestructura y urbanos, de los cuales, 8 se dedican exclusivamente a este último sector (que es más demandante en cuanto a la calidad de los productos). Con base en esto, se identificaron los equipos de perforación de los que dispone cada una de las empresas y su cantidad por medio de la información que tienen en sus páginas web.

○ **Oferta**

Actualmente el mercado cuenta con 39 equipos pertenecientes a 8 compañías. Teniendo en cuenta la cantidad de equipos disponibles en el mercado, se estima que la distribución porcentual del mercado actualmente es como se muestra a continuación.



*Figura 8 - Participación porcentual de las empresas de servicios de perforación de pernos, anclajes y micropilotes en el sector urbano del Valle de Aburrá*

Vale la pena mencionar que, de estos 39 equipos, 21 corresponden a equipos con características mecánicas que permiten adaptarse para la utilización del sistema convencional o autopercutor, y a su vez alcanzar altos rendimientos, siendo esta última una de las principales características que debe tener este tipo de servicio de acuerdo con la consulta que se hizo a las empresas constructoras consultadas.

### 2.3.4 Proveedores

Los proveedores se encuentran en el Valle de Aburrá o en Bogotá. Los proveedores de productos especializados identificados como aliados estratégicos se relacionan en la siguiente tabla.

Tabla 1 - Proveedores

<i>Insumo</i>	<i>Proveedor</i>	<i>Localización</i>
<i>Brocas y utensilios de perforación</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dirimpex</li><li>• Supertec</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Medellín</li><li>• Bogotá</li></ul>
<i>Manguera de polietileno</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cauchos Málaga</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Medellín</li></ul>
<i>Torones de acero</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Emcocable</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bogotá</li></ul>
<i>Centradores</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sireg</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Medellín</li></ul>

Con base en lo anterior se definió que:

- **Producto**

Prestación de servicios de perforación de micropilotes, pernos y anclajes para edificaciones de uso residencial.

- **Plaza**

Constructoras en el Valle de Aburrá que desarrollen proyectos de vivienda VIS y no VIS.

- **Precio**

De acuerdo con la consulta realizada a los expertos, el precio del metro lineal está estandarizado en el mercado local y varía entre \$70.000 y \$90.000 cuando el contratante suministra los

elementos de equipamiento, o entre \$110.000 y \$180.000 cuando no se suministran los elementos de equipamiento; esto aplica para el sistema convencional.

Por otra parte, cuando se utiliza el sistema autoperforante, el precio del metro lineal corresponde a \$300.000 cuando se incluyen los elementos de refuerzo (broca perdida y refuerzo).

- **Promoción**

La forma de dar a conocer el portafolio de productos ofertado será por medio de acercamiento directo a los potenciales clientes. En estos acercamientos se hará énfasis en que nuestro factor diferenciador es el rendimiento en la perforación por las características técnicas del equipo de perforación.

### **2.3.5 Modelo de Negocios**

En la siguiente figura se ilustra el modelo Canvas del negocio. En este se identifican los socios, actividades y recursos clave, nuestra propuesta de valor, los canales de distribución, relacionamiento con clientes, segmentación del mercado, la estructura de costos y fuentes de ingresos.

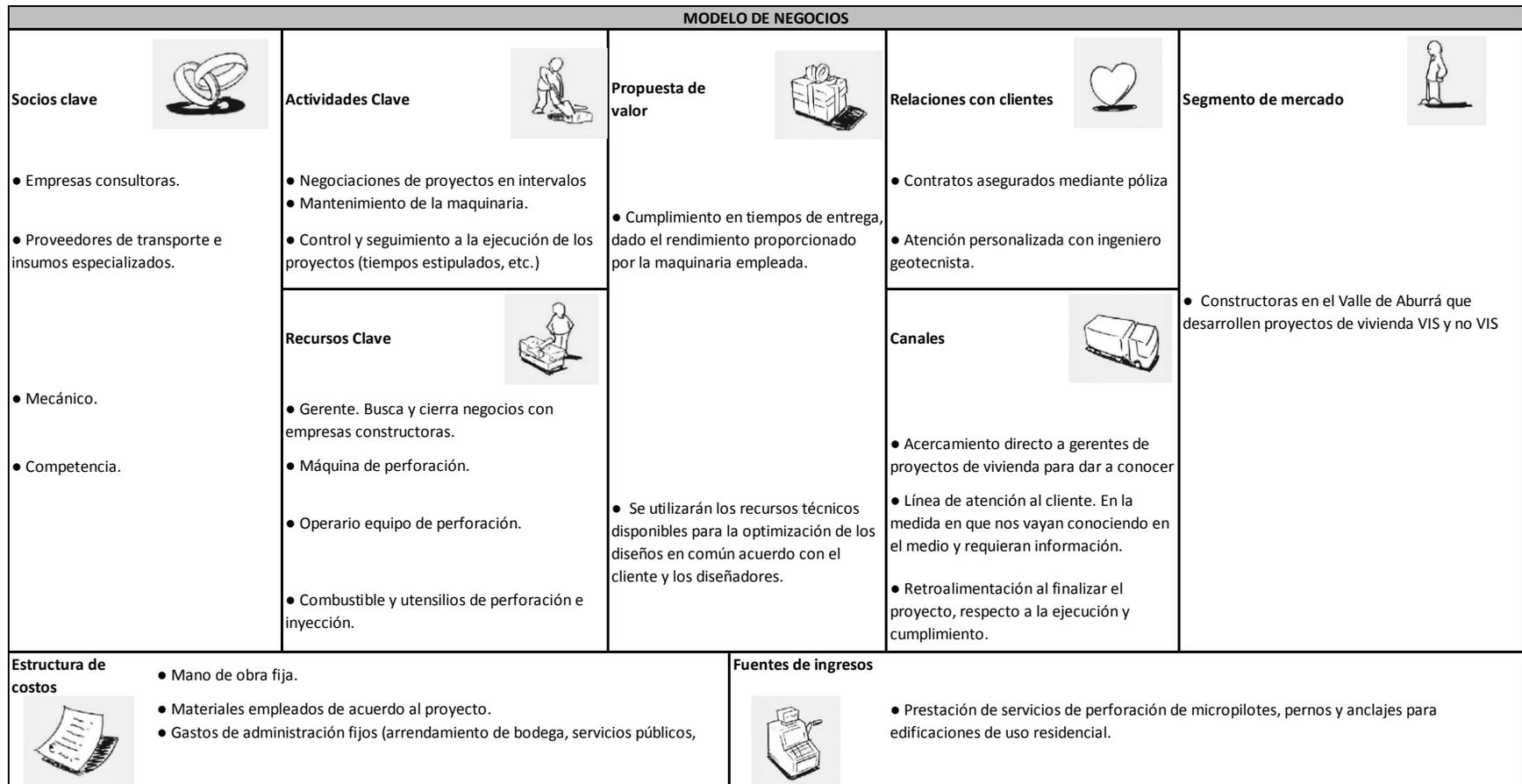


Figura 9 - Modelo de Negocios

## 2.4 ESTUDIO TÉCNICO

Los pernos y anclajes son elementos de soporte lateral que se utilizan para atender los empujes de suelo y conformar sistemas de contención y estabilización del terreno (P.J. Sabatini, D.G. Pass, 1999); por otra parte, los micropilotes son elementos de cimentación, de diámetro pequeño y gran esbeltez que se usan para atender cargas axiales (L'École Nationale des Ponts et Chaussées, 2004).

A continuación, se describe el proceso constructivo de este tipo de elementos, identificando la mano de obra necesaria, los equipos y utensilios demandados y los insumos requeridos.

También se hace una discusión del tipo de tecnologías disponibles.

### 2.4.1 Proceso

Para la conformación de sistemas de contención tipo Suelo Pernado (Soil Nailing) se debe seguir la secuencia presentada en la Figura 10, para muros in-situ con anclajes activos se usa el proceso de la Figura 11 y en los micropilotes el de la Figura 12.

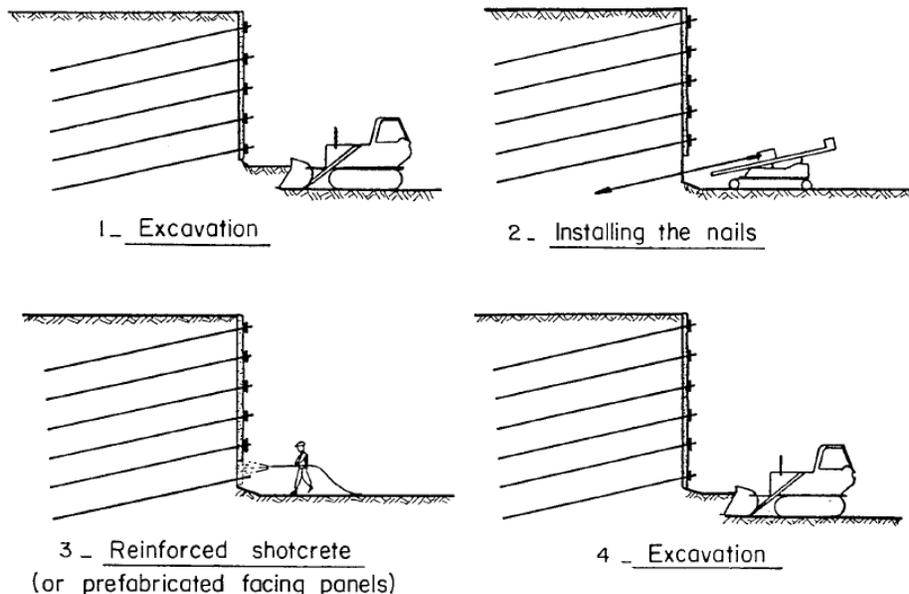


Figura 10 - Proceso constructivo del Suelo Pernado. Tomado de (French National Project CLOUTERRE, 1993)

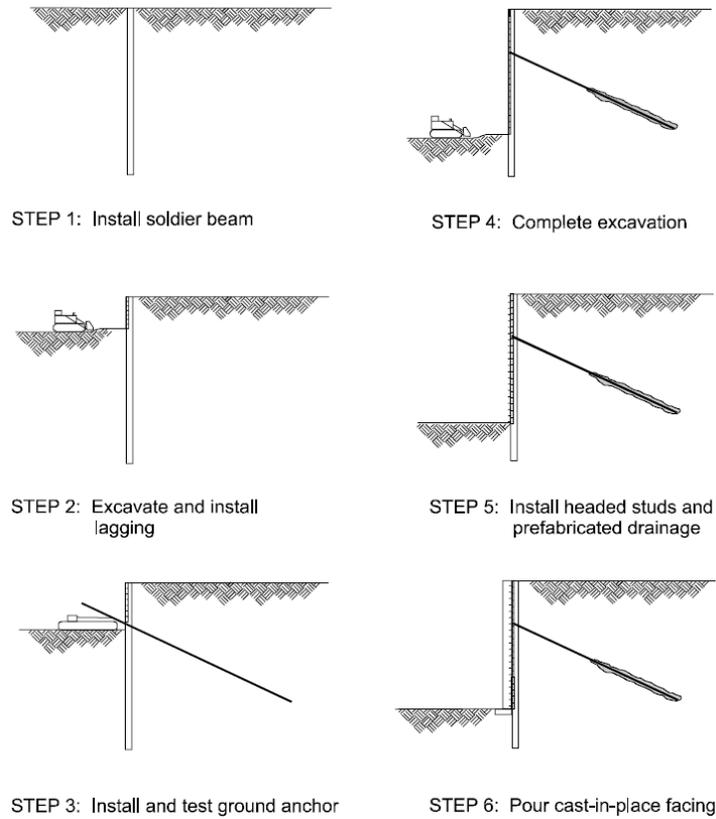


Figura 11 - Proceso constructivo de Muros Anclados. Tomado de (P.J. Sabatini, D.G. Pass, 1999)

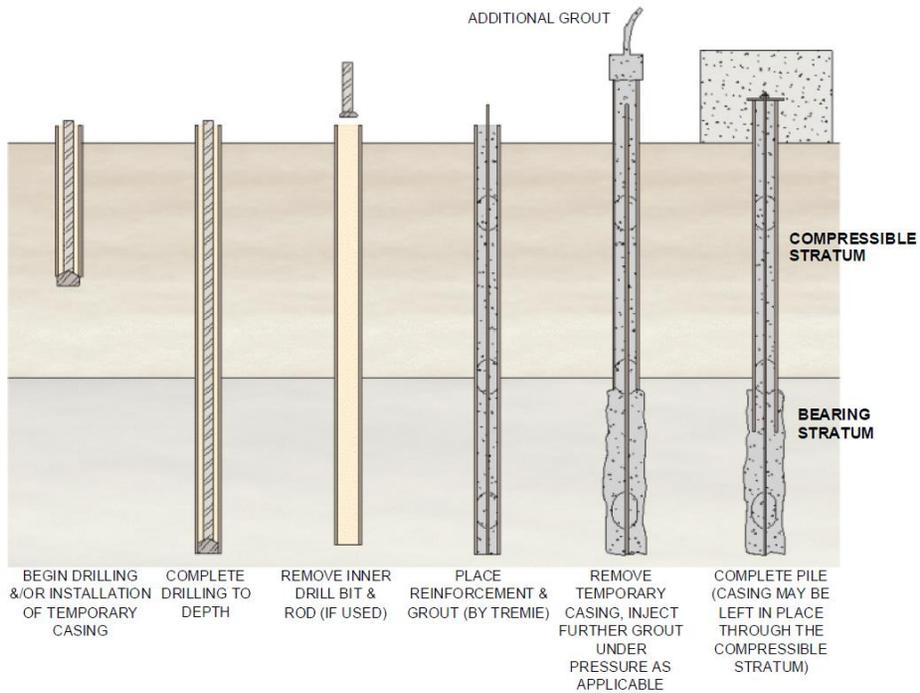
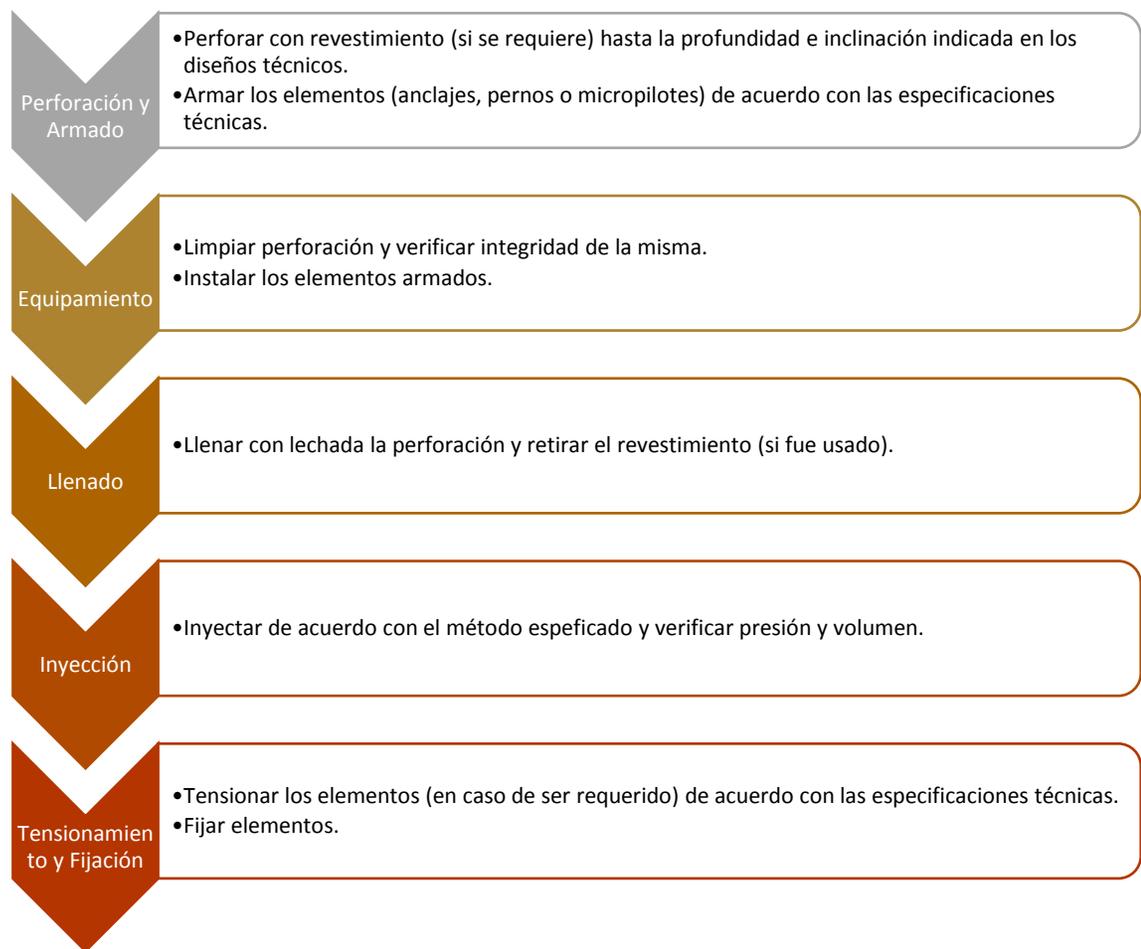


Figura 12 - Proceso constructivo de Micropilotes. Tomado de (FHWA, 2005)

La construcción tanto de los elementos de soporte lateral como vertical consisten en esencia en las mismas actividades; su diferencia radica en su inclinación, uso (soporte lateral o cimentación) y algunos elementos usados en el armado. En la Figura 12 se presenta de forma secuencial y descriptiva el procedimiento constructivo de los micropilotes, pernos y anclajes.



*Figura 13 - Proceso de perforación, instalación, inyección y fijación*

Cada una de las actividades descritas anteriormente implican la utilización de equipos, personal capacitado y materiales específicos. Las características de estos elementos se describen a continuación.

Para la realización de las perforaciones se usan máquinas de rotación o roto-percusión (Dirección General de Carreteras, 2005) que generalmente están equipadas con un mástil de perforación, un

bastidor, un tren de rodaje y una unidad de potencia como se puede observar en la siguiente figura.

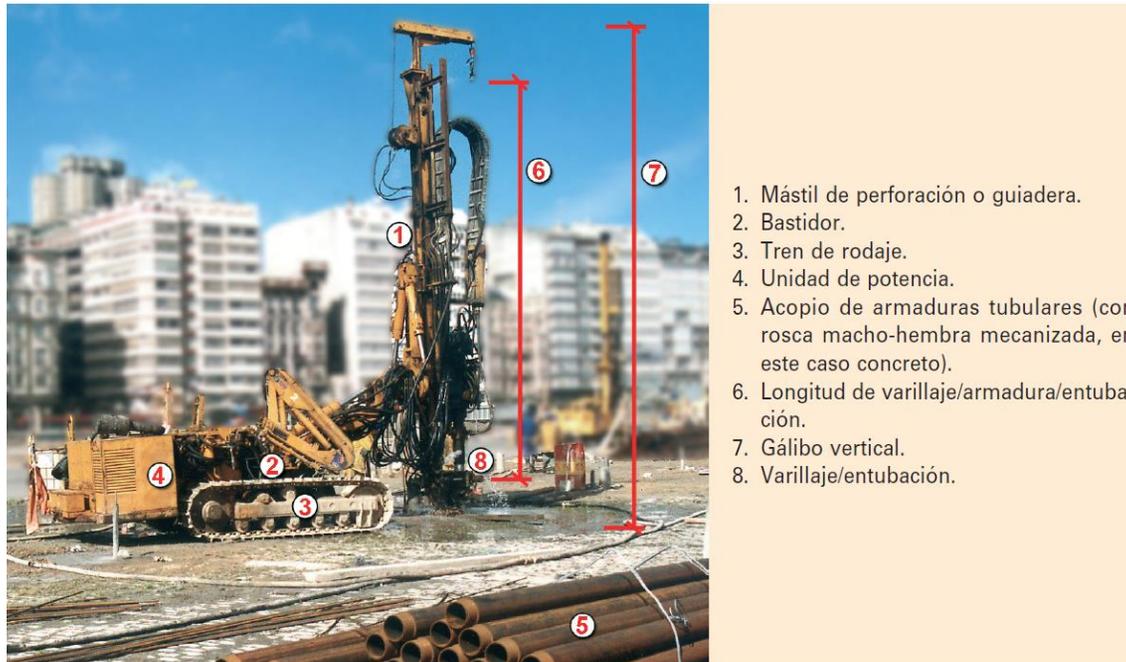


Figura 14 - Maquinaria de perforación. Imagen tomada de (Dirección General de Carreteras, 2005)

Para que la maquinaria de perforación pueda funcionar requiere estar provista de un operador, dos ayudantes como mínimo, un compresor de aire o una bomba de agua (dependiendo del fluido de perforación), mangueras que conduzcan este fluido hasta el mástil donde se acoplará la tubería de perforación al sistema de rotación o roto-percutor con martillo en cabeza o en el fondo (dependiendo del suelo) y la broca de perforación (depende del suelo a perforar -ver **Anexo- Métodos de Perforación-** y el diámetro especificado) en el fondo de la tubería. Estas máquinas de perforación, al igual que el compresor de aire o la bomba de agua funcionan a partir de combustible.

Previo a la ejecución de la perforación o mientras esta se realiza, se deben armar los elementos de refuerzo (anclajes, pernos o micropilotes) de acuerdo con las especificaciones de cada

proyecto. Para esto, se debe disponer de mínimo 3 ayudantes encargados de medir y cortar el refuerzo (varillas o torones de acero), limpiarlo, cubrirlo con pintura antioxidante (si se requiere), cubrirlo con grasa (si requiere), protegerlo con tubería de polietileno (si requiere), disponer estos elementos junto con la tubería de llenado e inyección (si requiere) en los centradores (si requiere), fijarlos con alambre, instalar la protección antioxidante adicional (si el suelo lo requiere) e instalar los centradores.

Una vez los elementos de refuerzo están armados y se ha verificado que la perforación no se ha derrumbado, se debe instalar el refuerzo conformado en la perforación realizada, para esto, se requiere que el personal de perforación como el del armado disponga este elemento en la perforación. Una fotografía de este proceso se puede observar a continuación.



*Fotografía 5 - Equipamiento de anclaje*



*Fotografía 6 - Perforación equipada con anclaje*

Cuando la perforación se encuentra equipada con el elemento de refuerzo se debe proceder con el llenado de la perforación por medio de la lechada (agua-cemento -A/C) realizada en la mezcladora por dos ayudantes con la dosificación A/C especificada, y posteriormente es bombeada al elemento instalado por medio de mangueras (ver Fotografía 7) que se conectan con la tubería de llenado con la que se armó el elemento. Estos equipos requieren de combustible para funcionar.

En este proceso se debe verificar que mínimo el volumen de lechada corresponda al volumen teórico de la perforación.



*Fotografía 7 - Mezcladora, bomba y tubería de llenado*

Al finalizar el llenado, y dependiendo del sistema de inyección (si se requiere) especificado se deberá esperar de una hora a máximo siete horas. Al cabo de este tiempo, se procederá con la inyección, para la que se requerirá instalar un manómetro a la salida de la bomba y otro a la entrada de la tubería de inyección, después se instalará el obturador (ver la siguiente fotografía) que se insertará en la tubería de inyección que se dejó en el armado y se procederá al llenado alcanzando las condiciones de presión y volumen teórico mínimo específico en los requerimientos técnicos.



*Fotografía 8 – Obturador*

Finalmente, cuando se hayan cumplido las especificaciones de la perforación (longitud, diámetro e inclinación), se ha armado el elemento de refuerzo (longitud y número de elementos de refuerzo, se han protegido del óxido, se instalaron estos elementos junto con las tuberías de llenado e inyección en los centradores y se pusieron los separadores), se ha equipado la perforación y se ha llenado e inyectado (verificando volúmenes y presión especificadas); se procede con la fijación y el tensionamiento del refuerzo (si requiere) hasta las condiciones especificadas, esto se hace por medio de una placa de acero de reacción, un bloque de acero perforado, un gato hidráulico, una bomba con un manómetro y unas cuñas (o tuercas -donde aplica) de fijación para evitar que una vez tensionado el elemento pierda esta fuerza de fijación.



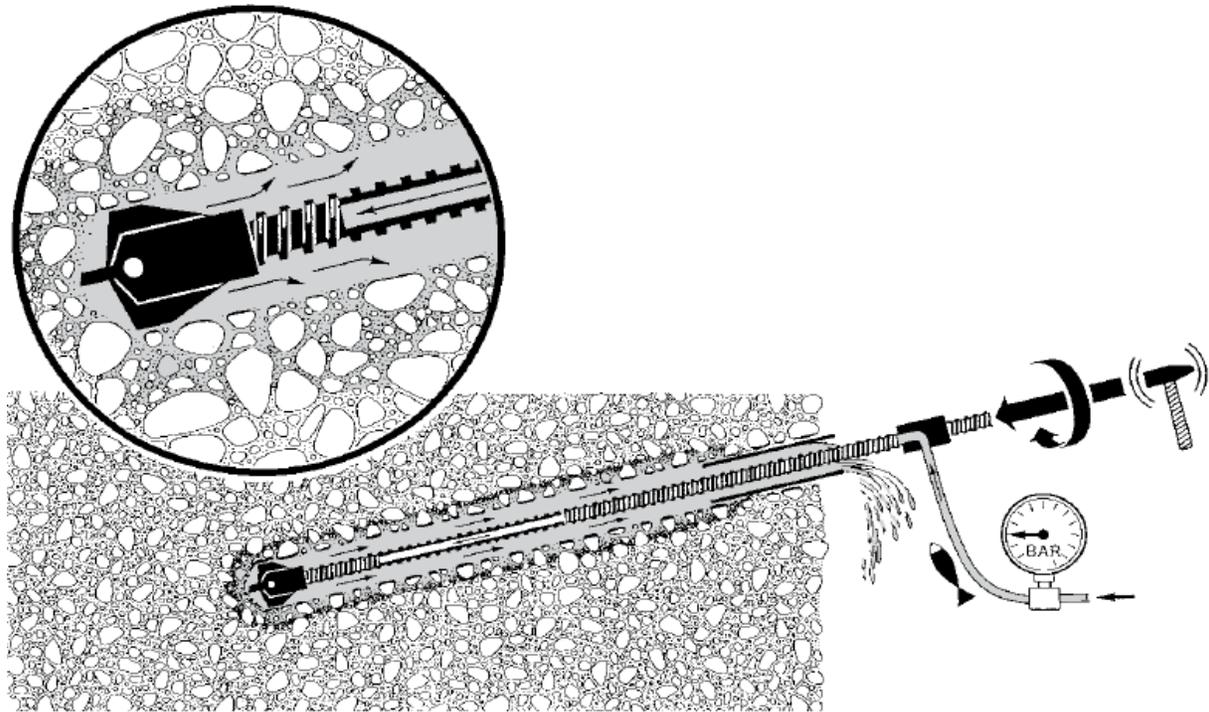
*Fotografía 9 - Placa y bloque de acero para el tensionamiento de anclajes*

## **2.4.2 Alternativas Tecnológicas**

El proceso anteriormente descrito corresponde al que comúnmente se ha denominado sistema convencional, sin embargo, también existe otro sistema de perforación, armado, llenado e inyección que corresponde al de las barras autoperforantes. A continuación, se hace la descripción de este método.

- **Barras Autoperforantes**

Corresponde a un sistema donde se realiza una perforación directa por medio de una broca de perforación de un solo uso que a su avance con lechada estabiliza la perforación, que se conecta por medio de una barra de acero hueca que funciona como tubo de inyección y refuerzo del elemento. Por la forma como realiza el avance, no es necesario usar encamisados para estabilizar la perforación, ni elementos de refuerzo adicional. Un esquema de esto se muestra a continuación.



*Figura 15 - Esquema de instalación de elementos autopercutores, paso 1. Tomado de (Ischebeck, 2016)*

Dado que a su avance se van acoplando barras huecas por medio de mangos de empalme, no hay necesidad de hacer labores de armado previas. Durante su construcción se instalan centradores mínimo cada 3 m para que se pueda tener un elemento que cumpla el recubrimiento.

Al ser barras galvanizadas, estas barras no requieren de elementos de protección adicional contra el ataque de agentes corrosivos.

Para su instalación es necesario usar un sistema de martillo roto-percutor y una lechada de baja densidad con una relación A/C de 0.4 que se conecta directamente al martillo, lo que permite que la lechada sea conducida por medio de la barra hueca hasta la broca del fondo. Una vez se termina este proceso que se denomina de limpieza, se procede a inyectar a presión mientras el elemento rota, una lechada de mayor densidad y relación A/C entre 0.4 y 0.5 para desplazar la lechada inicial. Un indicador de que el elemento se instaló adecuadamente es el incremento de la presión de requerida para desalojar la lechada de limpieza, por lo que es necesario llevar un

registro de esta y verificar que en todos los casos sea superior a 5 bar. Un esquema de esto se muestra a continuación.

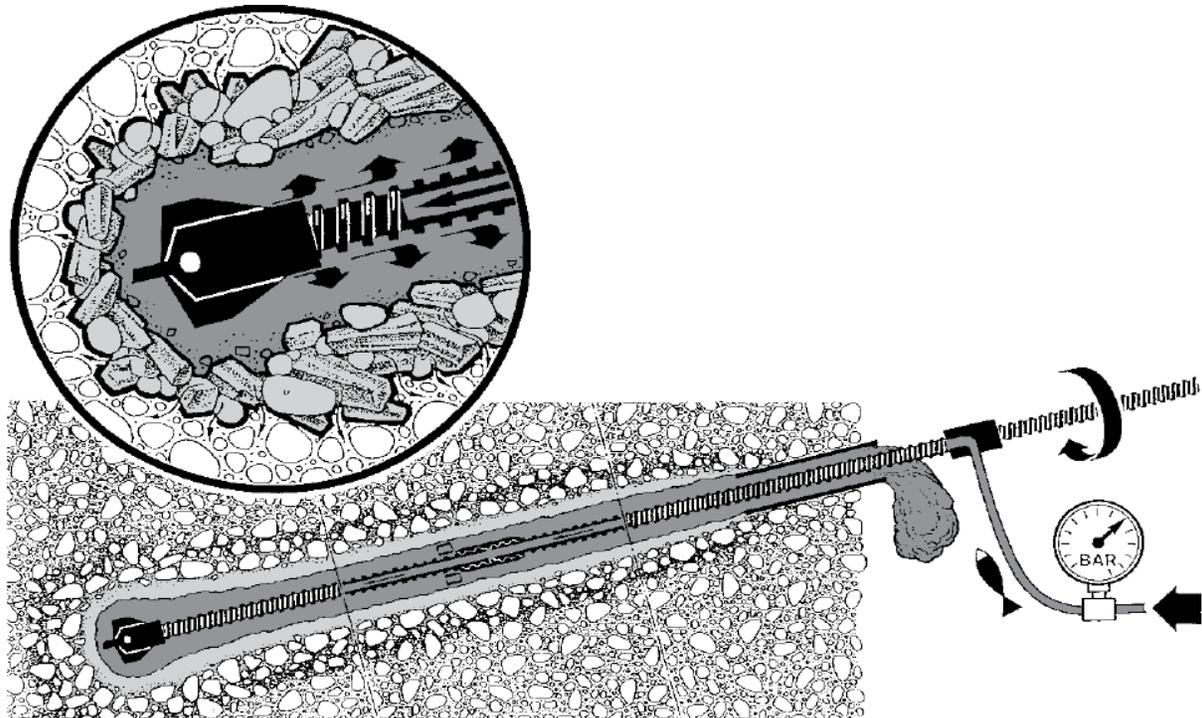


Figura 16 - Esquema de instalación de elementos autopercutores, paso 2. Tomado de (Ischebeck, 2016)

De acuerdo con cada fabricante, pueden consultarse los matillos y equipos de mezclado e inyección recomendado por ellos.

### 2.4.3 Descripción de Actividades y Recursos Asociados

De acuerdo con el proceso descrito en la Figura 13, a continuación, se detalla cada uno de los elementos requeridos para cada actividad del proceso productivo descrito.

- **Equipos y Utensilios**

En la siguiente tabla se relaciona cada una de las actividades mencionadas, los equipos requeridos, los utensilios de los equipos y los materiales necesarios para la ejecución de la

actividad. Posteriormente, se realiza una descripción general de los equipos y los utensilios que requieren para su operación.

Tabla 2 - Actividad, equipo, utensilios y materiales requeridos

<i>Actividad</i>	<i>Equipo</i>	<i>Utensilios</i>	<i>Materiales</i>
<i>Perforación</i>	Maquinaria de Perforación Personal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compresor o Bomba</li> <li>• Manguera</li> <li>• Martillo</li> <li>• Acople</li> <li>• Tubería</li> <li>• Broca</li> <li>• Revestimiento (opcional)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustible</li> <li>• Fluido de Perforación</li> </ul>
<i>Armado</i>	Personal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sierra de Corte</li> <li>• Herramienta Menor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refuerzo</li> <li>• Antioxidante</li> <li>• Grasa</li> <li>• Tubería de Protección</li> <li>• Tubería de Llenado</li> <li>• Tubería de Inyección</li> <li>• Separador</li> <li>• Centrador</li> <li>• Alambre</li> </ul>
<i>Equipamiento</i>	Personal	-	-
<i>Llenado</i>	Mezcladora/Bomba Personal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manguera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustible</li> <li>• Agua</li> <li>• Cemento</li> </ul>
<i>Inyección</i>	Mezcladora/Bomba Personal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manómetro</li> <li>• Manguera</li> <li>• Obturador</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustible</li> <li>• Agua</li> <li>• Cemento</li> </ul>
<i>Tensionamiento y fijación</i>	Gato Hidráulico/Bomba Personal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bloque</li> <li>• Placa</li> <li>• Cuñas</li> <li>• Manómetro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustible</li> </ul>

De acuerdo con el proceso descrito para la operación es necesario:

Personal

- 1 operador del equipo de perforación

- 2 ayudantes para el equipo de perforación
- 3 ayudantes armadores (generalmente los ayudantes de perforación e inyección hacen esta actividad)
- 2 ayudantes mezcladores e inyectistas
- 1 tensionador (puede ser el mismo operador)
- 1 ingeniero de campo

Si se usa el sistema autoperforante se podrá disponer de los 3 armadores.

#### Equipos

- 1 máquina de perforación
- 1 martillo roto-percutor
- 1 compresor de aire
- 1 bomba de agua
- 1 mezcladora
- 1 bomba de lechada
- 2 manómetros
- 1 gato hidráulico monotorón
- 1 gato hidráulico multitorón

Si se usa el sistema autoperforante se deberá ser muy meticuloso en la selección del equipo de perforación y el martillo roto-percutor que se elija.

#### Materiales

La cantidad de los materiales dependerá de cada uno de los proyectos teniendo en cuenta los requerimientos técnicos, sin embargo, se hace un listado de los materiales que se usan sin especificar cantidades:

- Varilla de acero corrugado  $f_y=420$  MPa
- Varilla GEWI o equivalente
- Varilla de acero huecas
- Torón de acero 5/8"
- Torón de acero 1/2"
- Pintura anticorrosiva
- Grasa
- Tubería de polietileno
- Tubería PVC de 2" RD21
- Tubería corrugada
- Neumático de bicicleta

- Cinta aislante
- Centrador
- Separador
- Alambre “Dulce”
- Acople
- Placa de acero
- Bloque de acero perforado
- Cuñas de fijación
- Tuerca de fijación
- Cemento Portland
- Agua
- Combustible

Si se usa el sistema autoperforante se deberá adicionar las brocas perdidas.

#### Utensilios

De acuerdo con las condiciones típicas del mercado, las longitudes y los diámetros más comunes en el medio son 40 m y 4.5” y 6” respectivamente, con base en esto entonces para el sistema tradicional se requiere:

- 15 tubos de perforación de 3 m de longitud
- 15 tubos de revestimiento de 3 m de longitud de 5” y 6.5”
- 500 m de tubería de llenado e inyección
- 2 acoples de 4.5”
- 2 acoples de 6”
- 2 triconos de 4.5” y 6”
- 2 martillos de fondo de 4.5” y 6”
- 2 zapatas de corte de 4.5” y 6”
- 2 manos de ángel de 4.5” y 6”
- 2 augers de 4.5” y 6”
- 3 obturadores con sello

Por otra parte, si se usa el sistema de barras autoperforantes no se requerirá de ninguno de es elementos, a excepción de la tubería de llenado e inyección y los acoples que dependerán de las barras que se usen.

- **Almacenamiento**

Dadas las dimensiones de los equipos de perforación y sus utensilios, se considera que para su correcto almacenamiento se debe usar un espacio de al menos 100 m<sup>2</sup>.

- **Transporte**

Por las características de estos equipos (dimensiones y peso) se deben usar gruás que tengan capacidad mínima de 10 toneladas y un ancho mínimo de 2 m.

#### **2.4.4 Consulta a Expertos en el Valle de Aburrá**

Con el objetivo de conocer la experiencia local, se consultó a 2 empresas que trabajan en el Valle de Aburrá acerca de los equipos de perforación e inyección recomendados con base en su experiencia local, los proveedores, su operación y las condiciones del mercado. Los resultados de estas encuestas se encuentran en el **Anexos-Consulta a Expertos**.

#### **2.4.5 Maquinaria y Accesorios Disponibles**

De acuerdo con la consulta de los expertos se considera conveniente no usar maquinaria de fabricación local y adquirir los equipos por medio de un representante local y no proceder a la importación directa con el fabricante.

Entre las firmas con representantes en el país se encontró a: Beretta, Casagrande y Soilmec. A cada una de estas firmas se les solicitó una asesoría para conocer la oferta de equipos disponibles que cumplieran el objetivo de operación que se ha dispuesto en este estudio y que permitirán la posibilidad de usar tanto el sistema convencional y el autoperforante aun cuando represente una inversión inicial mayor. Así se obtuvo la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 3 - Comparación de especificaciones técnicas de los taladros disponibles, precio y condiciones de pago

<b>Firma</b>	<b>Referencia</b>	<b>Características técnicas</b>	<b>Precio (sin IVA)</b>	<b>Condiciones de Pago</b>
Beretta	T19	80 rpm 0.2 ton Máx. p: 20 m Máx. D: 4.5 in Tubería: 1.5 m	COP 145.000.000	Pago Completo – Entrega Inmediata en Medellín
Beretta	T19/HD	90 rpm 0.2 ton Máx. p: 25 m Máx. D: 4.5 in Tubería: 1.5 m	EUR 80.000	50% a la orden de compra y 50% a la entrega – 12 a 14 semanas en Cartagena
Beretta	T25	100 rpm 2.8 ton Máx. p: 20–50 m Máx. D: 6.6 in Tubería: 2 m	EUR 105.000	30% a la orden de compra y 70% a la entrega – 6 a 8 semanas en Cartagena
Casagrande	C5XP-2	2000 rpm 8.5 ton Máx. p: 20–50 m Máx. D: 2.6-10 in Tubería: 4 m	EUR 206.500	30% a la orden de compra y 70% a la entrega (puede ser a crédito) – 6 a 8 semanas en Cartagena
Soilmec	SM9	2000 rpm 9.5 ton Máx. p: 30–60 m Máx. D: 2.6-12.6 in Tubería: 3 m	EUR 265.525*	100% a la orden de compra – 10 a 12 semanas en Cartagena
* Incluyen accesorios (Bomba y Martillo Rotopercutor)				

Tabla 4 - Accesorios y/o equipos adicionales mínimos para la operación

<b>Accesorios/ Equipo</b>	<b>Precio (sin IVA)</b>
Compresor	USD 33.095*
Aceitera, Martillo Rotopercutor, Cabrestante y Bomba	EUR 32.650
40 m de tubería, 1 Martillo de fondo, 1 Broca 4.5", 1 Broca 6.0", 2 Acoples 4.5" y 2 Acoples 6.0"	COP 24.194.000
*Puede ser alquilado localmente	

#### 2.4.6 Selección de Maquinaria

Con base en las condiciones del sector de la construcción proyectado para el Valle de Aburrá para los próximos 10 años, el mercado, la opinión de los expertos consultados y características

de los equipos referenciados se considera que en orden descendente (de mejor a peor) las mejores opciones desde el punto de vista técnico son:

- 1) Casagrande
- 2) Soilmec
- 3) Beretta

## **2.5 ESTUDIO ORGANIZACIONAL**

De acuerdo con las funciones identificadas en el estudio de mercado y técnico se ha planteado la misión, visión, las políticas y los componentes organizacionales.

### **2.5.1 Misión**

Prestar servicios de perforación de micropilotes, pernos y anclajes en el Valle de Aburrá para edificaciones de uso residencial, brindando confianza a nuestros clientes por el cumplimiento en los tiempos de entrega, la prestación de servicios oportunos y con altos estándares de calidad.

### **2.5.2 Política Organizacional**

Mejorar continuamente nuestros procesos, con el fin de entregar servicios coherentes con las expectativas de nuestros clientes internos y expertos, cumpliendo con los requisitos legales y técnicos vigentes.

Proporcionar condiciones de trabajo seguras y saludables para las personas que hacen parte de nuestra organización, fomentando la continuidad laboral de manera de contribuir en su desarrollo personal y familiar. Velar por el cuidado del medio ambiente en las acciones que desarrollemos, reduciendo la contaminación y controlando los riesgos identificados.

### **2.5.3 Visión**

Ser la empresa de servicios de perforación de micropilotes, pernos y anclajes número uno reconocida en el Valle de Aburrá, por su excelente servicio y cumplimiento en tiempos de entrega, que permita expandir nuestro portafolio a nivel nacional.

## 2.5.4 Componente Organizacional

A continuación, se presenta la estructura organizacional en forma de pirámide.



*Figura 17 - Estructura Organizacional*

En seguida, se describen las principales actividades de cada uno de los cargos identificados:

- **Gerente:** Mercadeo, contratación, administración de recursos, análisis técnicos y financieros.
- **Ingeniero de Campo:** Logística, supervisión y control en obra.
- **Operario:** Operación de equipos.
- **Ayudante:** Asistencia a los operarios.

## 2.6 ESTUDIO LEGAL

De acuerdo con la legislación vigente, se debe cumplir el Código Sustantivo del Trabajo y los trámites legales para la constitución una empresa de acuerdo con La Cámara de Comercio regional.

## **2.7 ESTUDIO AMBIENTAL**

La construcción de este tipo de elementos no implica la utilización de elementos nocivos para el medio ambiente, por lo que no hay normatividad en este tema.

## **2.8 ESTUDIO FINANCIERO**

Para el estudio financiero se identificarán los ingresos, costos y gastos del proyecto derivados de la operación para las proyecciones de demanda del servicio de perforación con tecnología auto perforante.

La metodología de la valoración del proyecto consiste en el uso de flujos de caja proyectado descontados con el Costo de Capital Promedio Ponderado para la estimación del valor presente neto, la tasa interna de retorno y la cuantificación del efecto de los riesgos asociados al proyecto.

Lo anterior, se hace en un periodo equivalente a la vida útil contable del equipo; finalizando esta con la liquidación de la inversión inicial y capital de trabajo.

### **2.8.1 Inversión**

Este estudio se realiza partiendo del estudio técnico, por lo que se ha elegido hacer la evaluación con el equipo de perforación de Casagrande. Así, la inversión inicial (periodo cero) en el momento de la negociación se ha evaluado considerando una TRM del día 17 de mayo del 2019 de EUR/COP de 3.399. Esto implica que el precio de la maquinaria y los utensilios sea de \$ 941.479.575.

Para la operación administrativa de la empresa se requiere inicialmente (periodo cero) de equipos de cómputo valorados en \$ 6.000.000 y una reinversión de este monto cada 3 años.

Con el objeto de tener un rubro de reparación de los equipos y capacitación del personal se ha destinado el 1% del valor inicial de la maquinaria y los utensilios con una periodicidad de 2 años.

Así mismo, para la evaluación del capital de trabajo (KTNO) inicial y su reposición, se definieron las cuentas por cobrar, cuentas por pagar y el inventario a partir de las rotaciones. Por las condiciones del sector, la rotación de las cuentas por cobrar está definida en 75 días, la de las cuentas por pagar en 30 días porque son las condiciones que ofrecen los proveedores y los inventarios se ha definido en 30 días como política de la empresa para tener un inventario mínimo al iniciar cualquier proyecto. Para cubrir el primer periodo de operación donde se estima una meta de 4000 ml (como se verá en el próximo título) la inversión inicial del KTNO es del orden de \$ 241.195.000.

También se tuvo en cuenta un periodo de caja mínima en días de 30, lo que permite suplir erogaciones de corto plazo.

## **2.8.2 Ingresos, Costos y Gastos**

A partir del estudio de mercado y los resultados de las entrevistas con expertos, se estima que las características de proyecto típico donde se prestarán los servicios de perforación e instalación de los elementos de refuerzo serán:

- **Área en Planta x Profundidad de las Excavaciones:** 20x50x9m
- **Distribución de Elementos de Refuerzo y Cantidad:**
  - Pernos: 1.5 x 1.5 m, 560
  - Anclajes: 3.0 x 3.0 m, 143
  - Micropilotes: 4.5 x 4.5 m, 50
- **Especificaciones de Elementos:**
  - 60 toneladas – 5 torones 5/8”, 4 varillas #4 o 1 barra 73/50
  - Longitud – pernos: 12 m, anclajes: 25 m y micropilotes: 15 m

Con base en las características del proyecto tipo, la distribución de los elementos de contención y cimentación y las especificaciones de los elementos, se tiene que los metros de perforación podrán variar entre 4250 y 7420 m, donde la primera corresponde a micropilotes y anclajes y la segunda a micropilotes y pernos. De esta forma, la ejecución de un proyecto tipo implica al menos 4000 metros lineales (ml).

Para la operación de la empresa se requiere de una bodega que sirva para el almacenamiento del equipo de perforación, accesorios y como localización de la sede administrativa. Estas instalaciones y los costos que se derivan del mismo implican rubros fijos, al igual que lo son los salarios, los servicios del contador, softwares y servicios generales. La definición de estos se hizo a través de cotizaciones en el mercado.

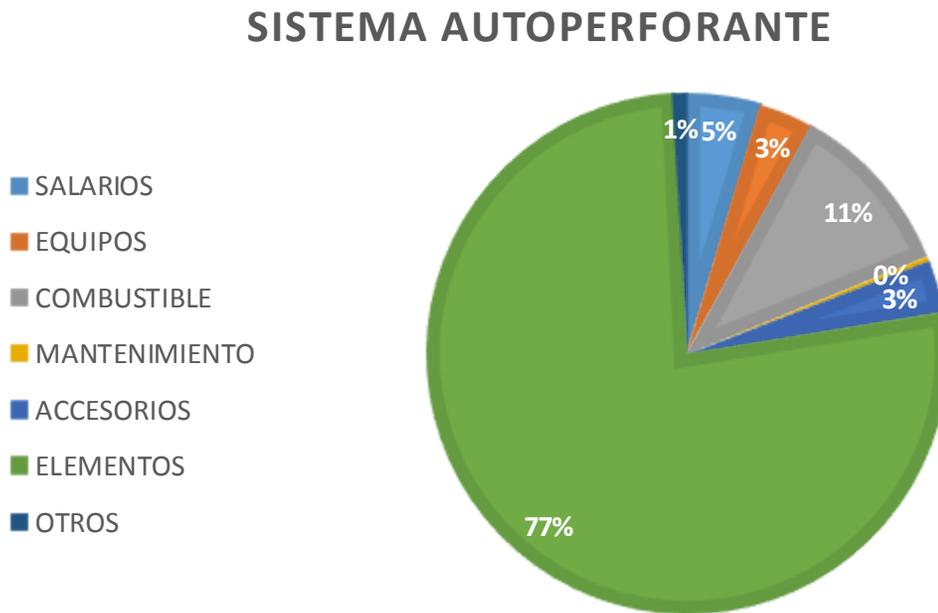
Por las condiciones del modelo de negocio, los costos variables se asocian directamente a la ejecución de metros lineales de perforación, equipamiento e inyección de pernos, anclajes y/o micropilotes de acuerdo con las características de los proyectos donde se presten los servicios. Para la evaluación de los costos de un ml de perforación, equipamiento e inyección se ha usado la metodología de Análisis de Precios Unitarios (A.P.U.), el cual consiste en la estimación de cada una de las cantidades requeridas de cada elemento para la creación de una unidad de medida definida y los costos asociados a esta. En este caso, la unidad de medida corresponde al ml.

Por las características de la actividad mencionada, los ítems asociados a la ejecución de un ml corresponden a:

- Salarios de Ayudantes, Operario e Ingeniero de Campo
- Equipos
- Combustible

- Mantenimiento
- Accesorios
- Elementos de Reforzamiento
- Otros

El detalle de esta evaluación se encuentra en el **Archivo de Excel: Costos y Gastos - Entrega**, sin embargo, la participación de los costos asociados al ml se presenta gráficamente en la siguiente figura.



*Figura 18 - Distribución de costos asociados al ml de perforación, reforzamiento e inyección de elementos con sistema autoperforante*

Por las características técnicas del equipo de perforación y la entrevista con expertos, se estima que el rendimiento diario es del orden de 50 metros lineales (ml), lo que hace que el costo asociado al ml sea del orden de \$ 194.000 para el periodo inicial, que incrementa con el IPC proyectado. Dadas las condiciones del mercado identificadas, el precio por ml es pagado en \$300.000.

Con base en el rendimiento de 50 ml diario, las políticas de mantenimiento de la compañía, los tiempos de transporte, las condiciones laborales colombianas (código sustantivo del trabajo), los días feriados, las condiciones climáticas y las practicas constructivas del Valle de Aburrá se ha estimado que la capacidad máxima que tiene el equipo de perforación es 12.000 ml al año. Lo que equivale a máximo tres (3) proyectos tipo para una sola máquina.

Por las condiciones descritas, se establece como meta inicial 4000 ml y una tasa de crecimiento del orden de 2000 ml por año, lo que hace que a partir del quinto periodo se alcance la capacidad máxima de operación de una sola máquina. Como se mencionó anteriormente el precio por ml está definido por el mercado, lo que permite estimar que este sólo crecerá anualmente por efectos del IPC.

### **2.8.3 Costo de Capital Promedio Ponderado (CCPP)**

La definición del CCPP se ha hecho con base en los rendimientos a 10 años de los bonos del tesoro americano consultados en el (U.S. DEPARTMENT OF THE TREASURY, 2019), el riesgo país de Colombia definido por el EMBI (Ámbito.com, 2019), la prima de mercado de (Damodaran, 2019b) y el factor beta desapalancado del sector de Ingeniería y Construcción consultado en (Damodaran, 2019a).

Con base en esta información de Estados Unidos (donde la bolsa cumple las condiciones del modelo CAPM), se ha usado la devaluación de Estados Unidos (Inflation.eu, 2019) y la inflación del país (Grupo Bancolombia, 2019) para calcular la devaluación y evaluar la renta libre y la prima del mercado en Colombia.

Teniendo en cuenta lo anterior y el valor medio de la tasa de impuestos definida en la última ley de financiamiento del gobierno nacional, se apalancó el beta con las condiciones planteadas de

una estructura de capital 50% deuda, 50% capital. Así se obtuvo un costo de capital ( $K_p$ ) de 13.61% (EA). Por otra parte, para la definición del costo de la deuda ( $K_d$ ) se consultó con diferentes entidades financieras la tasa de interés para cubrir el monto mínimo financiado de la inversión inicial, obteniendo una tasa de DTF+9.5 puntos (EA). De lo anterior se deriva que el CCPP es de 12.35% (EA).

#### **2.8.4 Estados Financieros y Flujo de Caja Proyectados**

Con base en las condiciones planteadas en los títulos anteriores se hicieron las proyecciones de los estados financieros (Estado de Situación Financiera -ESF y el Estado de Resultados Integral -ERI) y el Flujo de Caja. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.





Tabla 7 - Flujo de Caja Proyectado

FLUJO DE CAJA PROYECTADO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD MICROPILOTES,PERNOS Y ANCLAJES

Valores en miles de pesos

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ingresos	\$ 00	\$ 1,240,800	\$ 1,918,897	\$ 2,642,961	\$ 3,416,027	\$ 4,238,607	\$ 4,382,719	\$ 4,531,732	\$ 4,685,810	\$ 4,845,128	\$ 5,009,862
Costo de las Ventas	\$ 00	-\$ 918,192	-\$ 1,360,276	-\$ 1,818,139	-\$ 2,306,522	-\$ 2,826,014	-\$ 2,922,098	-\$ 3,021,449	-\$ 3,124,179	-\$ 3,230,401	-\$ 3,340,234
Gastos de Administración y Ventas	-\$ 7,398	-\$ 151,162	-\$ 154,199	-\$ 159,288	-\$ 164,703	-\$ 170,303	-\$ 176,094	-\$ 182,081	-\$ 188,271	-\$ 194,673	-\$ 201,292
<b>EBITDA</b>	<b>-\$ 7,398</b>	<b>\$ 171,446</b>	<b>\$ 404,422</b>	<b>\$ 665,534</b>	<b>\$ 944,802</b>	<b>\$ 1,242,290</b>	<b>\$ 1,284,527</b>	<b>\$ 1,328,201</b>	<b>\$ 1,373,360</b>	<b>\$ 1,420,055</b>	<b>\$ 1,468,336</b>
Depreciación y Amortización	\$ 00	-\$ 96,148	-\$ 96,148	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855
<b>Resultado de Operación</b>	<b>-\$ 7,398</b>	<b>\$ 75,298</b>	<b>\$ 308,274</b>	<b>\$ 564,679</b>	<b>\$ 843,946</b>	<b>\$ 1,141,434</b>	<b>\$ 1,183,672</b>	<b>\$ 1,227,346</b>	<b>\$ 1,272,505</b>	<b>\$ 1,319,199</b>	<b>\$ 1,367,481</b>
Impuestos Ajustados a la Operación	\$ 00	-\$ 24,095	-\$ 95,565	-\$ 169,404	-\$ 253,184	-\$ 342,430	-\$ 355,102	-\$ 368,204	-\$ 381,751	-\$ 395,760	-\$ 410,244
<b>Utilidad Neta Operativa Después de Impuestos (UNODI)</b>	<b>-\$ 7,398</b>	<b>\$ 51,203</b>	<b>\$ 212,709</b>	<b>\$ 395,275</b>	<b>\$ 590,762</b>	<b>\$ 799,004</b>	<b>\$ 828,570</b>	<b>\$ 859,142</b>	<b>\$ 890,753</b>	<b>\$ 923,439</b>	<b>\$ 957,237</b>
Depreciación y Amortización	\$ 00	\$ 96,148	\$ 96,148	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855
Reposición del KTNO	-\$ 241,194	-\$ 142,155	-\$ 150,199	-\$ 160,372	-\$ 170,666	-\$ 32,459	-\$ 30,500	-\$ 31,537	-\$ 32,609	-\$ 126,740	\$ 1,118,431
Inversiones de Capital CAPEX	-\$ 947,480	\$ 00	\$ 00	-\$ 6,000	\$ 00	\$ 00	-\$ 6,000	\$ 00	\$ 00	-\$ 6,000	\$ 00
Ingreso gravable por venta de activos											\$ 282,444
Impuesto a la utilidad en venta de activos											-\$ 28,244
<b>Flujo de Caja Libre</b>	<b>-\$1,196,072</b>	<b>\$5,196</b>	<b>\$158,658</b>	<b>\$329,758</b>	<b>\$520,951</b>	<b>\$867,400</b>	<b>\$892,926</b>	<b>\$928,461</b>	<b>\$959,000</b>	<b>\$891,555</b>	<b>\$2,430,723</b>
Amortización	\$ 00	-\$ 59,804	-\$ 59,804	-\$ 59,804	-\$ 59,804	-\$ 59,804	-\$ 59,804	-\$ 59,804	-\$ 59,804	-\$ 59,804	-\$ 59,804
Intereses	\$ 00	-\$ 106,788	-\$ 89,603	-\$ 76,090	-\$ 66,342	-\$ 56,865	-\$ 47,387	-\$ 37,910	-\$ 28,432	-\$ 18,955	-\$ 9,477
Ahorro de Impuestos	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00
Desembolso del préstamo	\$ 598,036	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00
<b>Flujo de Caja Patrimonial</b>	<b>-\$598,036</b>	<b>-\$161,396</b>	<b>\$9,251</b>	<b>\$193,864</b>	<b>\$394,805</b>	<b>\$750,732</b>	<b>\$785,735</b>	<b>\$830,747</b>	<b>\$870,764</b>	<b>\$812,796</b>	<b>\$2,361,442</b>

Es importante mencionar que en el flujo de caja proyectado se presenta el escudo fiscal derivado del análisis hecho en el estado de resultados, el cual parte de una utilidad operativa con el cálculo del impuesto correspondiente y la separación de ingresos no operacionales y gastos financieros. Cuando se generaban excedentes de caja, se llevaron a fondos de inversión para obtener rendimientos financieros, que se presentan en el ERI como ingresos no operacionales, por otra parte, cuando no se generaban excedentes de caja, se recurría al servicio de la deuda para adquirir préstamos de corto plazo (tesorería). Dichos préstamos, junto con los de largo plazo generaban gastos financieros, con lo que se calculó el ahorro del impuesto, presentado como escudo fiscal. El detalle de esto se puede consultar en el Flujo de Efectivo (FE).

Adicionalmente, se tiene que en el último periodo el valor de salvamento corresponde a un porcentaje del valor inicial del 30% del equipo (el cual fue consultado en el medio para equipos de características similares), menos el valor en libros (activo totalmente depreciado). Esto representó el pago de impuesto de ganancia ocasional del 10% de la utilidad.

También en este último periodo se pagó la totalidad de las cuentas por pagar, así como se recuperó la totalidad de las cuentas por cobrar y se utilizó la totalidad del inventario, por lo que se liquidó la totalidad del KTNO de todos los periodos.

Para verificar el funcionamiento del modelo, se realizó una prueba donde al variar la estructura de capital y deuda (independiente de la estructura patrimonial), el flujo de caja libre (flujo de caja puro del proyecto) se mantiene constante. Esto se muestra a continuación.

Tabla 8 - Flujo de Caja Proyectado. C.30% y D:70%

FLUJO DE CAJA PROYECTADO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD MICROPILOTES,PERNOS Y ANCLAJES											
Valores en miles de pesos											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ingresos	\$ 00	\$ 1,240,800	\$ 1,918,897	\$ 2,642,961	\$ 3,416,027	\$ 4,238,607	\$ 4,382,719	\$ 4,531,732	\$ 4,685,810	\$ 4,845,128	\$ 5,009,862
Costo de las Ventas	\$ 00	-\$ 918,192	-\$ 1,360,276	-\$ 1,818,139	-\$ 2,306,522	-\$ 2,826,014	-\$ 2,922,098	-\$ 3,021,449	-\$ 3,124,179	-\$ 3,230,401	-\$ 3,340,234
Gastos de Administración y Ventas	-\$ 7,398	-\$ 151,162	-\$ 154,199	-\$ 159,288	-\$ 164,703	-\$ 170,303	-\$ 176,094	-\$ 182,081	-\$ 188,271	-\$ 194,673	-\$ 201,292
<b>EBITDA</b>	<b>-\$ 7,398</b>	<b>\$ 171,446</b>	<b>\$ 404,422</b>	<b>\$ 665,534</b>	<b>\$ 944,802</b>	<b>\$ 1,242,290</b>	<b>\$ 1,284,527</b>	<b>\$ 1,328,201</b>	<b>\$ 1,373,360</b>	<b>\$ 1,420,055</b>	<b>\$ 1,468,336</b>
Depreciación y Amortización	\$ 00	-\$ 96,148	-\$ 96,148	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855
<b>Resultado de Operación</b>	<b>-\$ 7,398</b>	<b>\$ 75,298</b>	<b>\$ 308,274</b>	<b>\$ 564,679</b>	<b>\$ 843,946</b>	<b>\$ 1,141,434</b>	<b>\$ 1,183,672</b>	<b>\$ 1,227,346</b>	<b>\$ 1,272,505</b>	<b>\$ 1,319,199</b>	<b>\$ 1,367,481</b>
Impuestos Ajustados a la Operación	\$ 00	-\$ 24,095	-\$ 95,565	-\$ 169,404	-\$ 253,184	-\$ 342,430	-\$ 355,102	-\$ 368,204	-\$ 381,751	-\$ 395,760	-\$ 410,244
<b>Utilidad Neta Operativa Después de Impuestos (UNODI)</b>	<b>-\$ 7,398</b>	<b>\$ 51,203</b>	<b>\$ 212,709</b>	<b>\$ 395,275</b>	<b>\$ 590,762</b>	<b>\$ 799,004</b>	<b>\$ 828,570</b>	<b>\$ 859,142</b>	<b>\$ 890,753</b>	<b>\$ 923,439</b>	<b>\$ 957,237</b>
Depreciación y Amortización	\$ 00	\$ 96,148	\$ 96,148	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855
Reposición del KTNO	-\$ 241,194	-\$ 142,155	-\$ 150,199	-\$ 160,372	-\$ 170,666	-\$ 32,459	-\$ 30,500	-\$ 31,537	-\$ 32,609	-\$ 126,740	\$ 1,118,431
Inversiones de Capital CAPEX	-\$ 947,480	\$ 00	\$ 00	-\$ 6,000	\$ 00	\$ 00	-\$ 6,000	\$ 00	\$ 00	-\$ 6,000	\$ 00
Ingreso gravable por venta de activos											\$ 282,444
Impuesto a la utilidad en venta de activos											-\$ 28,244
<b>Flujo de Caja Libre</b>	<b>-\$1,196,072</b>	<b>\$5,196</b>	<b>\$158,658</b>	<b>\$329,758</b>	<b>\$520,951</b>	<b>\$867,400</b>	<b>\$892,926</b>	<b>\$928,461</b>	<b>\$959,000</b>	<b>\$891,555</b>	<b>\$2,430,723</b>
Amortización	\$ 00	-\$ 83,725	-\$ 83,725	-\$ 83,725	-\$ 83,725	-\$ 83,725	-\$ 83,725	-\$ 83,725	-\$ 83,725	-\$ 83,725	-\$ 83,725
Intereses	\$ 00	-\$ 154,098	-\$ 142,507	-\$ 106,526	-\$ 92,879	-\$ 79,611	-\$ 66,342	-\$ 53,074	-\$ 39,805	-\$ 26,537	-\$ 13,268
Ahorro de Impuestos	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00
Desembolso del préstamo	\$ 837,251	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00
<b>Flujo de Caja Patrimonial</b>	<b>-\$358,822</b>	<b>-\$232,628</b>	<b>-\$67,574</b>	<b>\$139,507</b>	<b>\$344,347</b>	<b>\$704,064</b>	<b>\$742,859</b>	<b>\$791,662</b>	<b>\$835,469</b>	<b>\$781,293</b>	<b>\$2,333,729</b>

Tabla 9 - Flujo de Caja Proyectado. C.70% y D:30%

FLUJO DE CAJA PROYECTADO ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD MICROPILOTES,PERNOS Y ANCLAJES											
Valores en miles de pesos											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Ingresos	\$ 00	\$ 1,240,800	\$ 1,918,897	\$ 2,642,961	\$ 3,416,027	\$ 4,238,607	\$ 4,382,719	\$ 4,531,732	\$ 4,685,810	\$ 4,845,128	\$ 5,009,862
Costo de las Ventas	\$ 00	-\$ 918,192	-\$ 1,360,276	-\$ 1,818,139	-\$ 2,306,522	-\$ 2,826,014	-\$ 2,922,098	-\$ 3,021,449	-\$ 3,124,179	-\$ 3,230,401	-\$ 3,340,234
Gastos de Administración y Ventas	-\$ 7,398	-\$ 151,162	-\$ 154,199	-\$ 159,288	-\$ 164,703	-\$ 170,303	-\$ 176,094	-\$ 182,081	-\$ 188,271	-\$ 194,673	-\$ 201,292
<b>EBITDA</b>	<b>-\$ 7,398</b>	<b>\$ 171,446</b>	<b>\$ 404,422</b>	<b>\$ 665,534</b>	<b>\$ 944,802</b>	<b>\$ 1,242,290</b>	<b>\$ 1,284,527</b>	<b>\$ 1,328,201</b>	<b>\$ 1,373,360</b>	<b>\$ 1,420,055</b>	<b>\$ 1,468,336</b>
Depreciación y Amortización	\$ 00	-\$ 96,148	-\$ 96,148	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855	-\$ 100,855
<b>Resultado de Operación</b>	<b>-\$ 7,398</b>	<b>\$ 75,298</b>	<b>\$ 308,274</b>	<b>\$ 564,679</b>	<b>\$ 843,946</b>	<b>\$ 1,141,434</b>	<b>\$ 1,183,672</b>	<b>\$ 1,227,346</b>	<b>\$ 1,272,505</b>	<b>\$ 1,319,199</b>	<b>\$ 1,367,481</b>
Impuestos Ajustados a la Operación	\$ 00	-\$ 24,095	-\$ 95,565	-\$ 169,404	-\$ 253,184	-\$ 342,430	-\$ 355,102	-\$ 368,204	-\$ 381,751	-\$ 395,760	-\$ 410,244
<b>Utilidad Neta Operativa Después de Impuestos (UNODI)</b>	<b>-\$ 7,398</b>	<b>\$ 51,203</b>	<b>\$ 212,709</b>	<b>\$ 395,275</b>	<b>\$ 590,762</b>	<b>\$ 799,004</b>	<b>\$ 828,570</b>	<b>\$ 859,142</b>	<b>\$ 890,753</b>	<b>\$ 923,439</b>	<b>\$ 957,237</b>
Depreciación y Amortización	\$ 00	\$ 96,148	\$ 96,148	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855	\$ 100,855
Reposición del KTNO	-\$ 241,194	-\$ 142,155	-\$ 150,199	-\$ 160,372	-\$ 170,666	-\$ 32,459	-\$ 30,500	-\$ 31,537	-\$ 32,609	-\$ 126,740	\$ 1,118,431
Inversiones de Capital CAPEX	-\$ 947,480	\$ 00	\$ 00	-\$ 6,000	\$ 00	\$ 00	-\$ 6,000	\$ 00	\$ 00	-\$ 6,000	\$ 00
Ingreso gravable por venta de activos											\$ 282,444
Impuesto a la utilidad en venta de activos											-\$ 28,244
<b>Flujo de Caja Libre</b>	<b>-\$1,196,072</b>	<b>\$5,196</b>	<b>\$158,658</b>	<b>\$329,758</b>	<b>\$520,951</b>	<b>\$867,400</b>	<b>\$892,926</b>	<b>\$928,461</b>	<b>\$959,000</b>	<b>\$891,555</b>	<b>\$2,430,723</b>
Amortización	\$ 00	-\$ 35,882	-\$ 35,882	-\$ 35,882	-\$ 35,882	-\$ 35,882	-\$ 35,882	-\$ 35,882	-\$ 35,882	-\$ 35,882	-\$ 35,882
Intereses	\$ 00	-\$ 59,478	-\$ 52,455	-\$ 45,654	-\$ 39,805	-\$ 34,119	-\$ 28,432	-\$ 22,746	-\$ 17,059	-\$ 11,373	-\$ 5,686
Ahorro de Impuestos	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00
Desembolso del préstamo	\$ 358,822	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00	\$ 00
<b>Flujo de Caja Patrimonial</b>	<b>-\$837,251</b>	<b>-\$90,164</b>	<b>\$70,321</b>	<b>\$248,222</b>	<b>\$445,264</b>	<b>\$797,399</b>	<b>\$828,612</b>	<b>\$869,833</b>	<b>\$906,058</b>	<b>\$844,300</b>	<b>\$2,389,154</b>

A manera de resumen se presentan los siguientes gráficos.

### ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD - MICROPILOTES, PERNOS Y ANCLAJES

Valores en miles de pesos

RESULTADOS DEL PERIODO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Resultado de Operación	-\$7,398	\$75,298	\$308,274	\$564,679	\$843,946	\$1,141,434	\$1,183,672	\$1,227,346	\$1,272,505	\$1,319,199	\$1,367,481
Resultado Antes de Impuestos	-\$7,398	-\$22,900	\$220,849	\$488,589	\$792,203	\$1,125,953	\$1,217,918	\$1,319,745	\$1,428,226	\$1,542,011	\$1,944,516
Resultado Neto	-\$7,398	-\$22,900	\$152,386	\$342,012	\$554,542	\$788,167	\$852,543	\$923,821	\$999,758	\$1,079,408	\$1,332,917

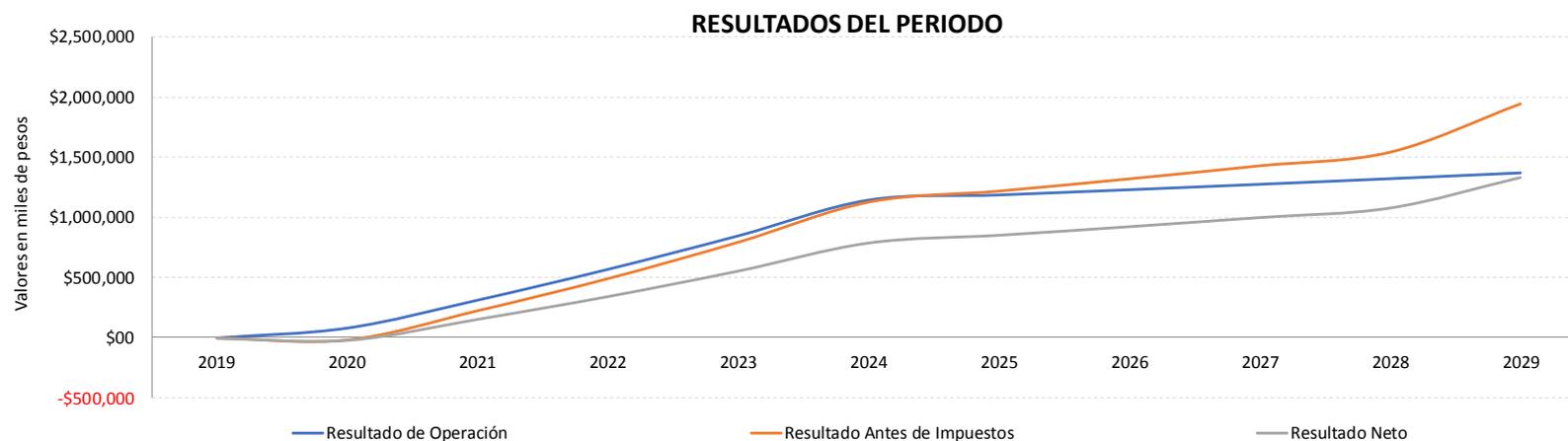


Figura 19 - Resumen Resultados del Periodo

### ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD - MICROPILOTES, PERNOS Y ANCLAJES

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ROA, ROE, PALANCA DE CRECIMIENTO</b>	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
ROA	-1%	6%	22%	32%	35%	35%	29%	25%	21%	19%	16%
ROE	-1%	-4%	31%	46%	49%	47%	37%	32%	28%	25%	26%
PALANCA DE CRECIMIENTO	-	0.71	1.05	1.25	1.36	1.44	1.43	1.43	1.43	1.43	1.31

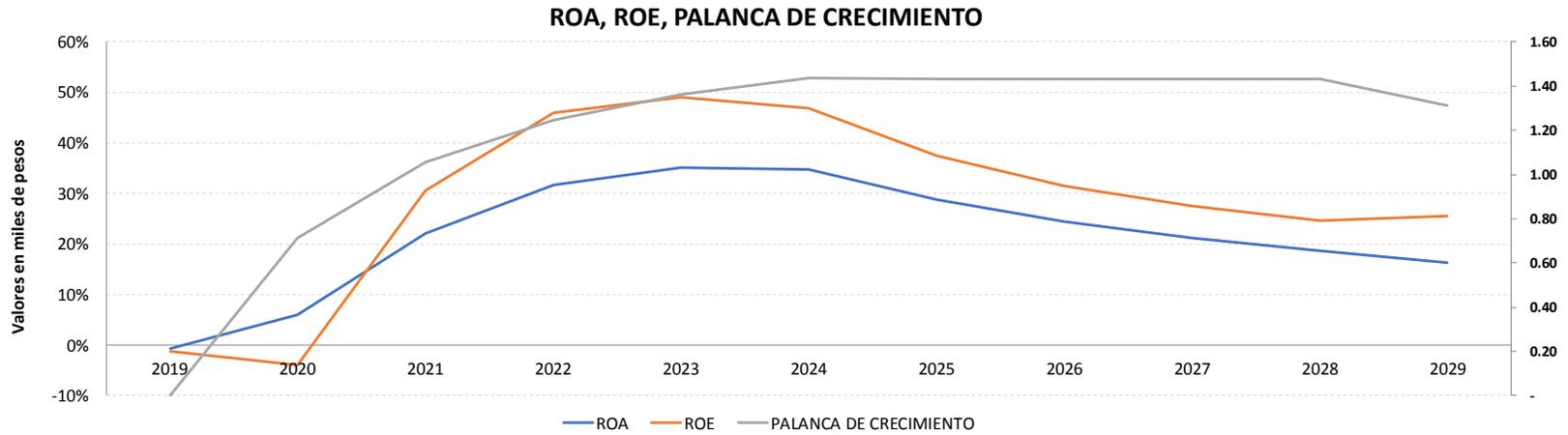


Figura 20 - Resumen de Indicadores de Rentabilidad y Palanca de Crecimiento

### ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD - MICROPILOTES, PERNOS Y ANCLAJES

Valores en miles de pesos

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Flujos de Caja y EVA</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>	<b>2029</b>
Flujo de Caja del Proyecto Puro, FCPP	-\$1,196,072	\$5,196	\$158,658	\$329,758	\$520,951	\$867,400	\$892,926	\$928,461	\$959,000	\$891,555	\$2,430,723
Flujo de Caja del Proyecto Financiado, FCPF	-\$598,036	-\$152,806	\$11,429	\$193,864	\$394,805	\$750,732	\$785,735	\$830,747	\$870,764	\$812,796	\$2,361,442
Valor Económico Agregado, EVA	\$00	-\$83,267	\$71,146	\$247,369	\$434,094	\$633,464	\$670,070	\$709,086	\$747,850	\$788,720	\$819,073
Flujo de Caja de la Deuda, FCD	\$598,036	-\$158,002	-\$147,229	-\$135,894	-\$126,146	-\$116,669	-\$107,191	-\$97,714	-\$88,236	-\$78,759	-\$69,281

**Flujos de Caja y EVA del Proyecto**

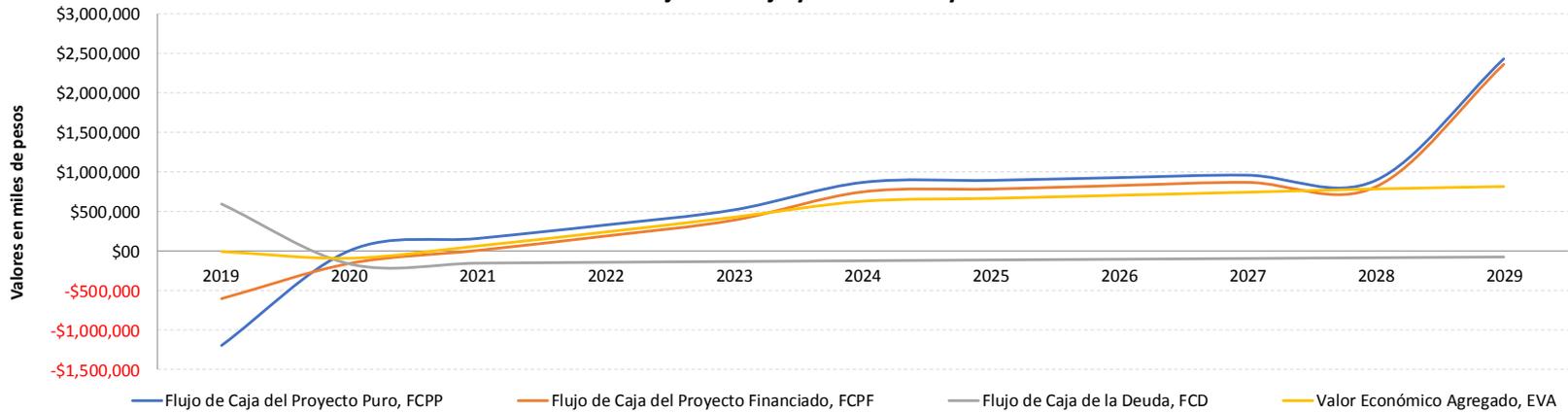


Figura 21 - Resumen Flujos de Caja y EVA del Proyecto

**Resumen de Resultados**

	FCPP	FCPF
Valor del Proyecto	\$3,477,540	\$2,577,058
Inversión Inicial	\$1,196,072	\$598,036
Valor Presente Neto	\$2,281,468	\$1,979,022

**Componentes del Valor Presente Neto**

Valores en miles de pesos



Figura 22 - Valor presente del Proyecto y del Inversionista

### 2.8.5 Evaluación de Riesgos

Para la evaluación de los riesgos se partió de un análisis cualitativo donde se identificaron de manera conceptual, se calificó la probabilidad e impacto de su ocurrencia con una escala de cualitativa bajo, medio y alto (1, 2 y 3) y se definieron medidas de mitigación (tenidas en cuenta en el modelo del negocio); dando como resultado la matriz de riesgos y el mapa de calor.

Posteriormente, se hizo una evaluación cuantitativa por medio de análisis de sensibilidad y equilibrio que permitieron identificar las variables que más impactan el Valor Presente Neto (VPN) del proyecto, para posteriormente hacer la construcción de escenarios considerando tres casos (pesimista, probable y optimista). Finalmente, se hizo un proceso de simulación de variables aleatorias (tipo Monte Carlo), teniendo en cuenta funciones de distribución probabilísticas de tipo triangular y discretas con base en los valores usados en los diferentes escenarios, y una matriz de correlación.

- **Cualitativa**

A continuación, se presentan el mapa de calor donde se han localizado los riesgos que se describen en la matriz de riesgos de la Tabla 10.

			BAJO	MEDIO	ALTO
Probabilidad	3	Alto			4,6,7
	2	Medio		3	5,11,12
	1	Bajo	10	8,9	1,2
			Bajo	Medio	Alto
			1	2	3
			<b>Impacto</b>		

Figura 23 - Mapa de Calor y Riesgos

Tabla 10 - Matriz de riesgos

#	Categoría de riesgo	Evento	Causas	Fuentes o agentes generadores	Consecuencias	Componentes afectados	Impacto del evento	Medidas de mitigación y recomendaciones	PROBABILIDAD	IMPACTO	V. RIESGO
1	Riesgo de mercado	Inoperatividad	Falta de negociaciones	Mercado	Inviabilidad del Proyecto	Ingresos	Económico	El gerente se debe encargar de buscar los negocios con antelación	1	3	3
2		Precio	Competencia	Mercado	Menor rentabilidad	Ingresos	Económico	-	1	3	3
3		Devaluación tasa COP/EUR	Economía Global	Economía Global	Aumento Préstamo Inicial	Inversión	Económico	-	2	2	4
4	Riesgo de liquidez	Rotación CxC	Poder Negociador Cliente, Incumplimiento de Compromisos por parte del Cliente	Cliente	Iliquidez	Flujo de Caja	Económico	Ofrecer descuentos por pronto pago	3	3	9
5	Riesgo operativo	Incumplimientos de suministros	Poder Negociador Proveedor	Proveedor	Inoperación	Ingresos, Gastos y Costos	Económico y Reputacional	Cumplimiento de acuerdos	2	3	6
6		Funcionamiento Máquina	Falta de capacitación	Operador	Reducción de rendimientos o Inoperación	Ingresos, Gastos y Costos	Económico	Capacitaciones	3	3	9
7		Ausentismo Operativo	Incapacidades, Accidentes Laborales, calamidades o falta de sentido de pertenencia	Empleados	Inoperación	Ingresos, Gastos y Costos	Económico y Reputacional	Capacitaciones, salarios y cumplimiento de acuerdos	3	3	9
8		Rendimiento Máquina	Defectos de fábrica o falta de capacitación	Operador	Reducción de rendimientos o Inoperación	Ingresos, Gastos y Costos	Económico y Reputacional	Mantenimiento preventivo y correctivo mensual	1	2	2
9		Costo de insumos	Economía Global	Proveedor	Incremento de costos variables	Costos	Económico	Inventarios mínimo para 60 días	1	2	2
10	Riesgo climático	Lluvia	Agente Metereológico	Medio Ambiente	Inoperación	Ingresos, Gastos y Costos	Económico	Invernaderos en obra y tiempos muertos por lluvia	1	1	1
11	Riesgo de reputación	Tiempos de entrega	Factores externos e internos	Maquinaria, Operador, Medio Ambiente, Condiciones de Obra, Proveedores	Pérdida de reconocimiento en el mercado	Ingresos, Gastos y Costos	Económico y Reputacional	Control, seguimiento y logística	2	3	6
12	Riesgo de liquidez/reputación	Recursos Ilícitos	Clientes	Cliente	Iliquidez, legales y reputacionales	Ingresos, Gastos y Costos	Económico, Legal y Reputacional	Verificación de listas restrictivas	2	3	6

○ **Cuantitativa**

Para la evaluación cuantitativa se tuvo en cuenta como entrada inicial las variables identificada en la matriz de riesgos presentadas en la Tabla 10 y las condiciones expuestas en la Figura 18.

De esta forma, se hizo un gráfico tornado y de telaraña.

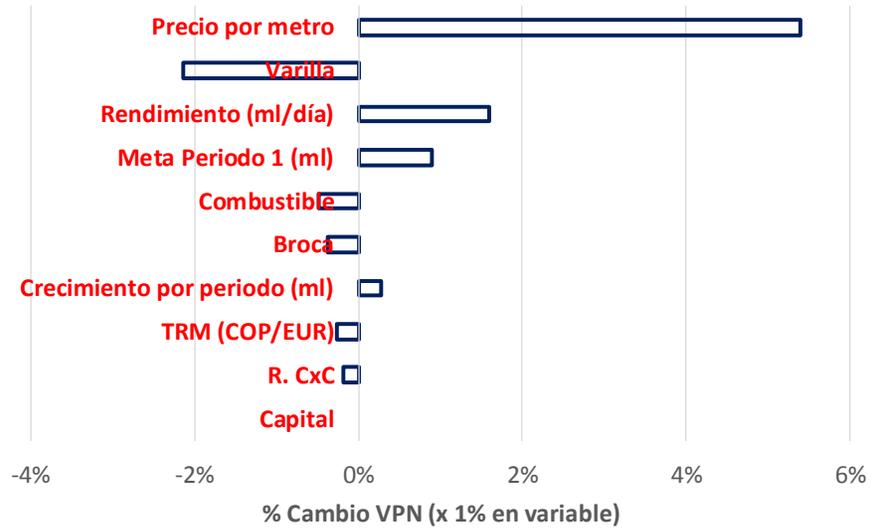


Figura 24 - Gráfico de Tornado

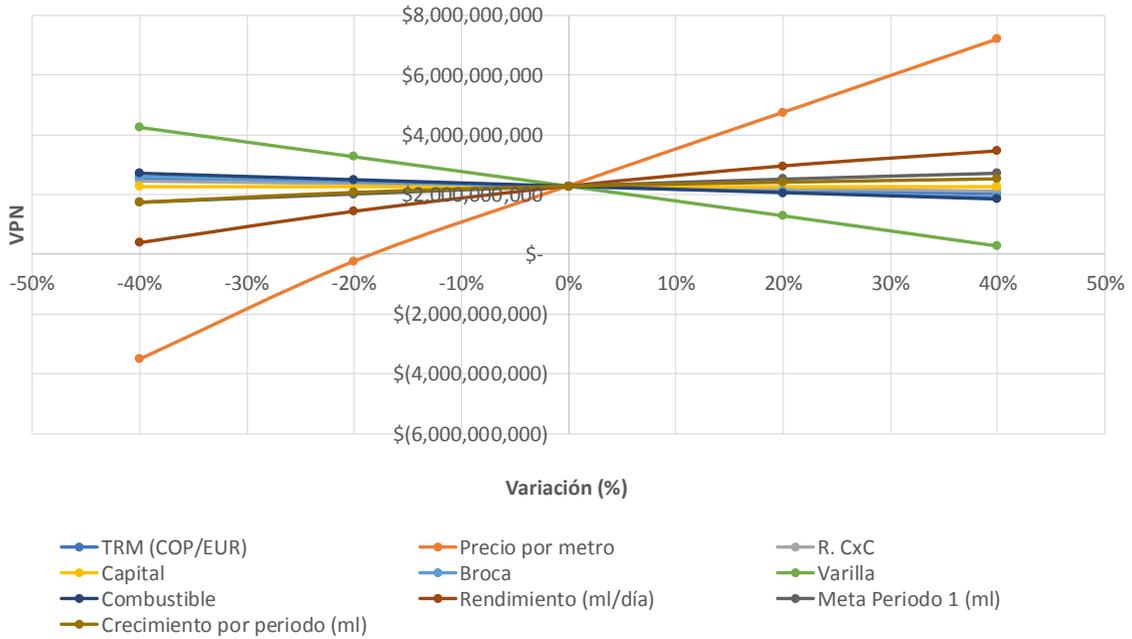


Figura 25 - Gráfico de Telaraña

De los gráficos anteriores se deduce que las cinco (5) variables que más afectan el VPN de mayor a menor medida son: El precio por metro lineal, el precio de la varilla, el rendimiento del equipo, la meta del periodo inicial y el combustible, respectivamente.

Como medida de definición de las regiones factibles del proyecto con criterio de aceptabilidad un  $VPN > 0$ , se ha evaluado el efecto de la meta del periodo inicial y la tasa de crecimiento anual, igualmente se ha hecho para el precio del mercado y la tasa de crecimiento anual (ml). Esto se presenta a continuación.

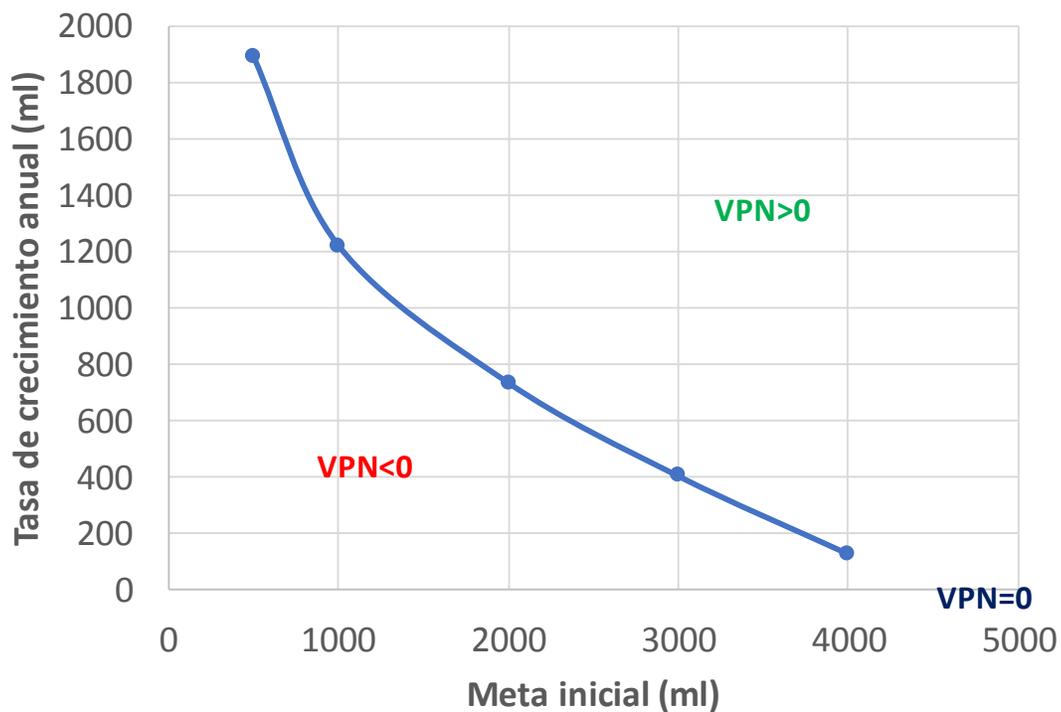


Figura 26 - Análisis de equilibrio Meta Inicial (ml) Vs. Tasa de Crecimiento Anual (ml)

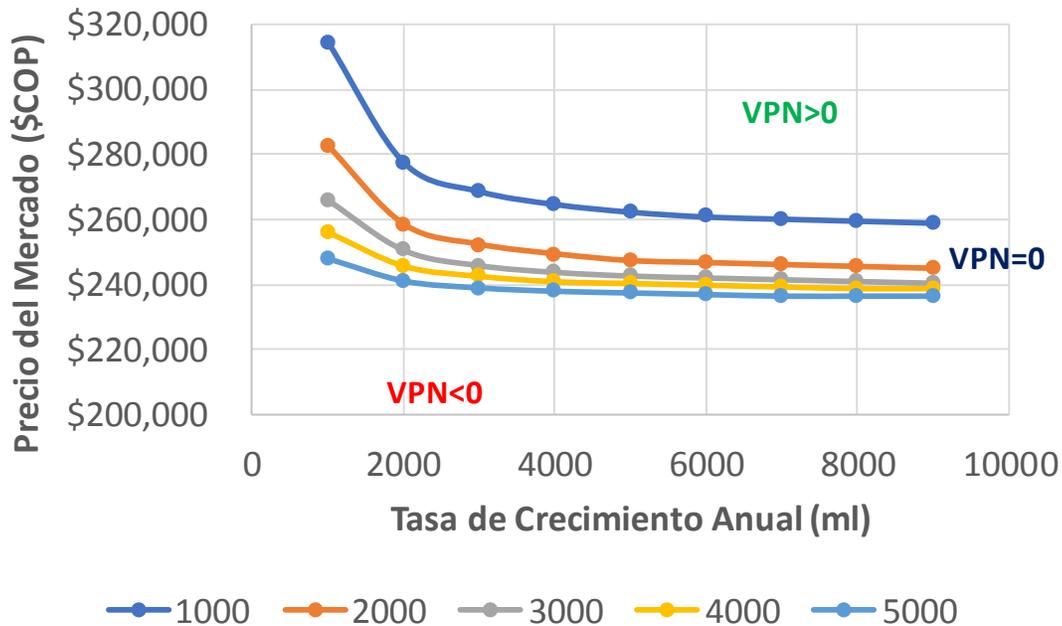


Figura 27 - Análisis de equilibrio Tasa de Crecimiento Anual (ml) Vs. Precio del Mercado (\$COP)

Teniendo en cuenta los posibles valores de las variables del proyecto, se han evaluado escenarios de condiciones extremas (pesimista y optimista) y la condición más probable (ya discutida). En las siguientes tablas se presentan las variaciones consideradas para cada una de las variables analizadas, sus posibles valores y los resultados de las variables de evaluación para los diferentes escenarios.

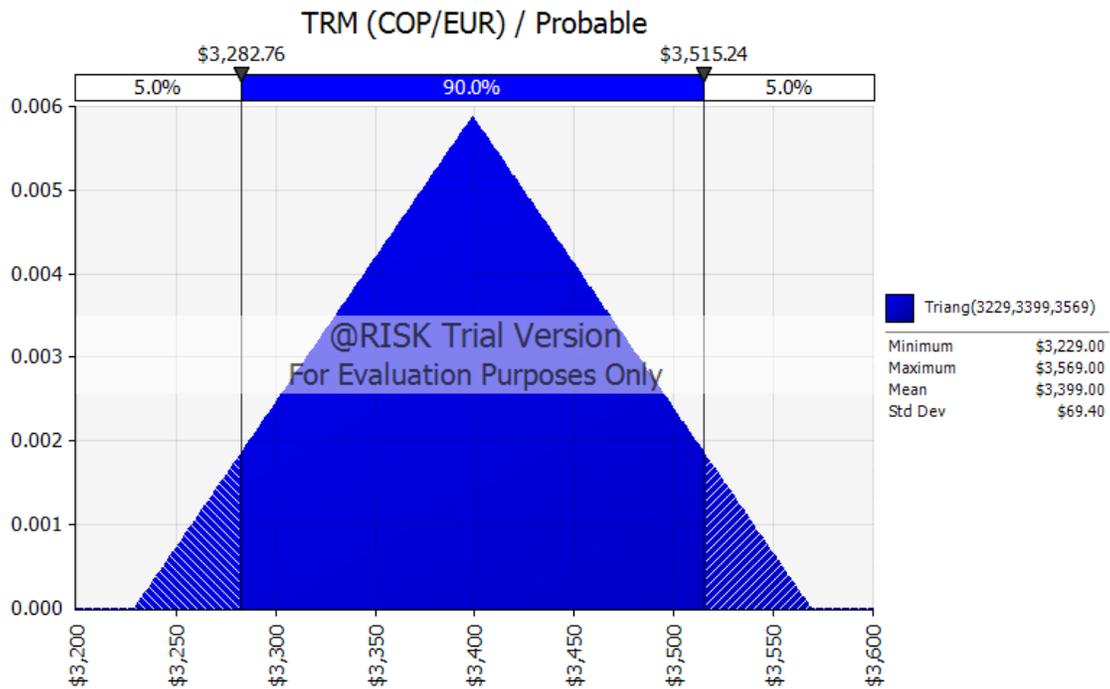
Tabla 11 - Valores para Escenarios

Variables de incertidumbre	Pesimista	Probable	Optimista	% Variación min	% Variación máx
TRM (COP/EUR)	\$ 3,569	\$ 3,399	\$ 3,229	5%	5%
Precio por metro	\$ 285,000	\$ 300,000	\$ 345,000	5%	15%
R. CxC	100	75	50	33%	33%
Capital	70%	50%	30%	40%	40%
Broca	\$ 345,000	\$ 300,000	\$ 270,000	15%	10%
Varilla	\$ 132,250	\$ 115,000	\$ 103,500	15%	10%
Combustible	\$ 9,529	\$ 9,075	\$ 8,984	5%	1%
Rendimiento (ml/día)	35	50	80	30%	60%
Meta Periodo 1 (ml)	2,000	4,000	6,000	50%	50%
Crecimiento por periodo (ml)	1,000	2,000	3,000	50%	50%

Tabla 12 - Resultados del VPN y la TIR para el Análisis de Escenarios

Resumen del escenario					
	Valores actuales:		Pesimista	Probable	Optimista
<b>Celdas cambiantes:</b>					
Precio por metro	\$	300,000	\$ 285,000	\$ 300,000	\$ 345,000
Varilla	\$	115,000	\$ 132,250	\$ 115,000	\$ 103,500
Combustible	\$	9,075	\$ 9,529	\$ 9,075	\$ 8,984
Rendimiento (ml/día)		50	35	50	80
Meta Periodo 1 (ml)		4000	2000	4000	6000
<b>Celdas de resultado:</b>					
VPN		\$2,241,904,412.73	(\$678,123,819.75)	\$2,241,904,412.73	\$7,994,317,547.56
TIR		32%	4%	32%	63%

Para la simulación con el método Monte Carlo se ejecutaron 10000 corridas para el VPN y la TIR, con funciones de distribución como las que se muestran en la siguiente figura.



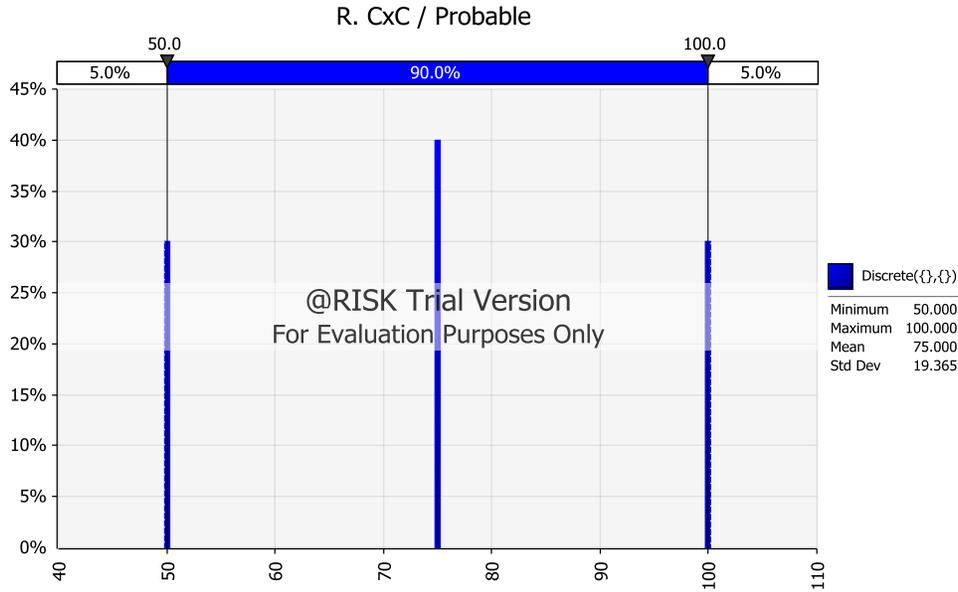


Figura 28 - Funciones de distribución de probabilidad

Las distribuciones triangulares se asignaron para variables que pueden tomar valores continuos, mientras que las discretas se definieron para variables que no pueden tomar este tipo de valores. La definición de los valores corresponde a los que se presentaron en la evaluación de escenarios. Por otra parte, para tener en cuenta la dependencia de una variable con respecto a otra, se definió la matriz de correlación que se muestra a continuación.

Tabla 13 - Matriz de Correlación de Variables

@RISK Correlations	TRM (COP/EUR) / Probable in \$C\$65	Precio por metro / Probable in \$C\$66	R. CxC / Probable in \$C\$67	Capital / Probable in \$C\$68	Broca / Probable in \$C\$69	Varilla / Probable in \$C\$70	Combustible / Probable in \$C\$71	Rendimiento (ml/día) / Probable in \$C\$72	Meta Periodo 1 (ml) / Probable in \$C\$73	Crecimiento por periodo (ml) / Probable in \$C\$74
TRM (COP/EUR) / Probable in \$C\$65	100%									
Precio por metro / Probable in \$C\$66	0%	100%								
R. CxC / Probable in \$C\$67	0%	0%	100%							
Capital / Probable in \$C\$68	35%	21%	0%	100%						
Broca / Probable in \$C\$69	0%	21%	0%	0%	100%					
Varilla / Probable in \$C\$70	0%	49%	0%	28%	0%	100%				
Combustible / Probable in \$C\$71	0%	14%	0%	0%	0%	0%	100%			
Rendimiento (ml/día) / Probable in \$C\$72	0%	49%	0%	42%	0%	0%	0%	100%		
Meta Periodo 1 (ml) / Probable in \$C\$73	0%	0%	0%	7%	0%	0%	0%	56%	100%	
Crecimiento por periodo (ml) / Probable in \$C\$74	0%	0%	0%	14%	0%	0%	0%	70%	42%	100%

Como resultado de la simulación Monte Carlo se obtuvieron los siguientes histogramas de frecuencia para el VPN y la TIR.

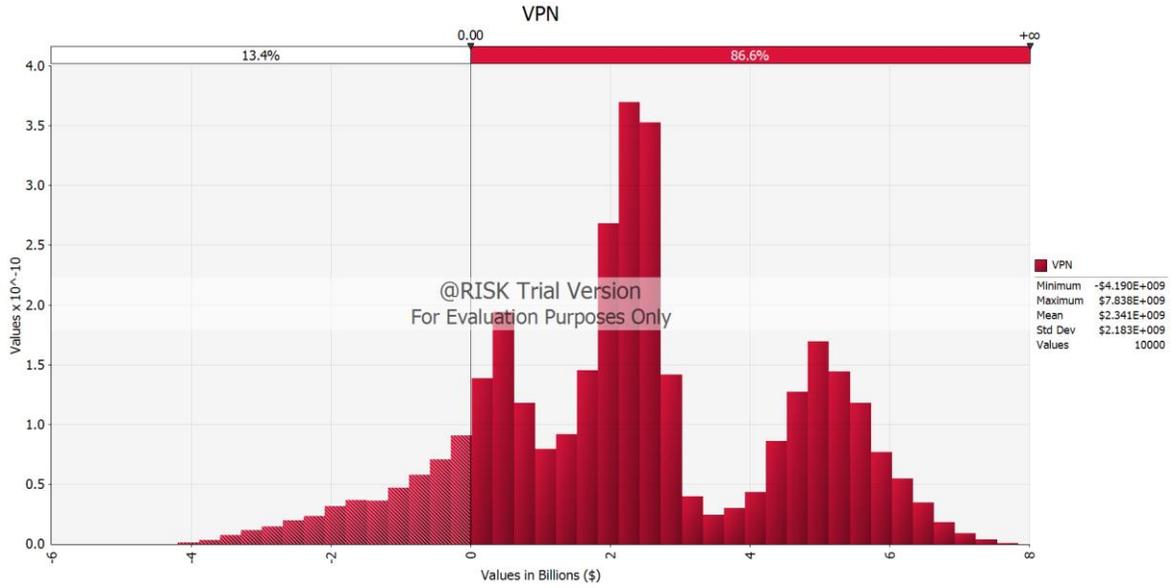


Figura 29 - Simulación Monte Carlo para el VPN Evaluada en Cero

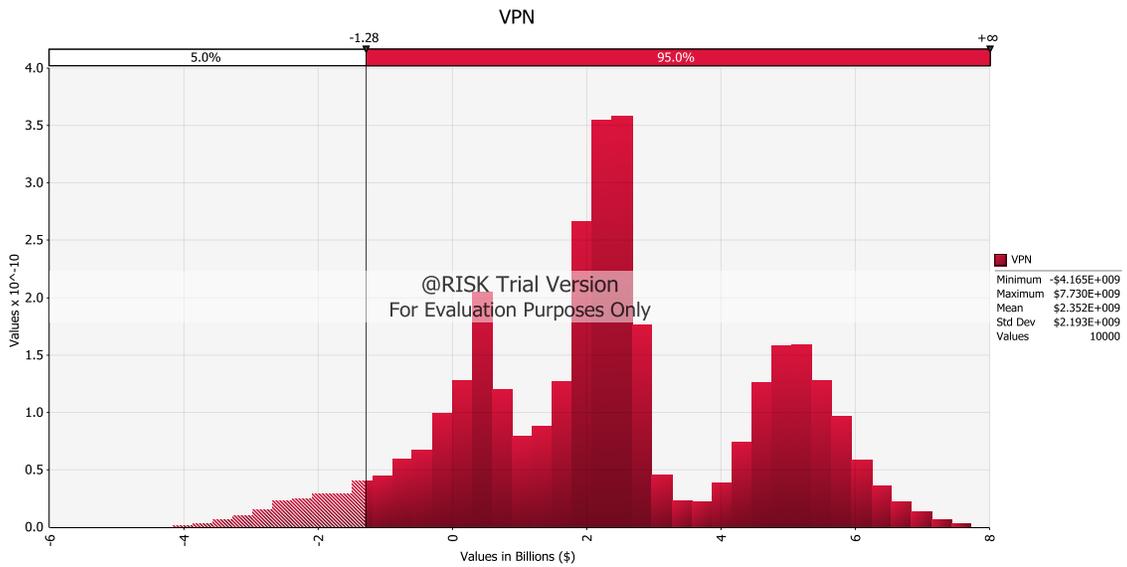


Figura 30 - Simulación Monte Carlo para el VPN Evaluada en el Percentil 5

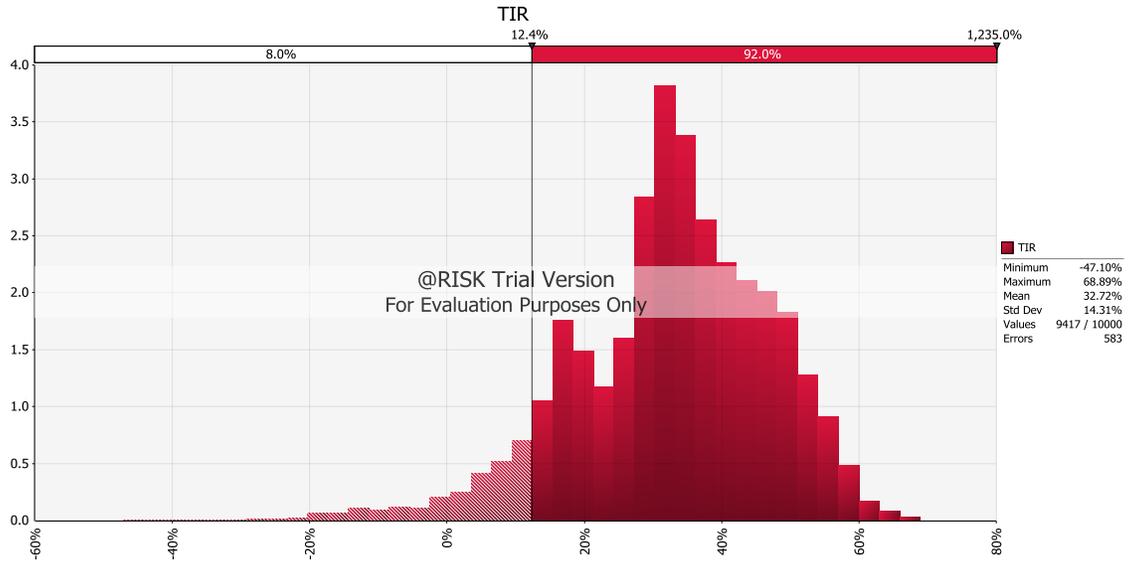


Figura 31 - Simulación Monte Carlo para la TIR Evaluada en el CCPP

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de haber desarrollado los estudios que constituyen los objetivos específicos que sirvieron como fuente para los datos de entrada del modelo financiero se llega a las siguientes conclusiones:

- 1) El sector de la construcción de edificaciones por su madurez presenta periodos cíclicos de crecimiento y recesión relacionados directamente con las condiciones políticas y presenta tasas de crecimiento equivalentes a la inflación. Por lo que las condiciones del crecimiento del proyecto, cuando se alcanza la capacidad máxima instalada los ingresos crecen en la misma tasa.
- 2) El mercado del Valle de Aburrá para el horizonte de evaluación presenta unas condiciones favorables para la construcción en la vega de inundación del río, esto hace que se requiera la implementación de sistemas de perforación autoperforantes que actualmente están desatendidos por las características de los equipos que prestan estos servicios, esto hace posible aprovechar la oportunidad que ofrece el mercado para la prestación de servicios con esta tecnología.
- 3) Las características técnicas de los equipos evaluados permiten suplir las deficiencias del mercado y ofrecer condiciones que hacen propicia su utilización en el contexto local, permitiendo obtener mayores rendimientos y menores consumos de combustible, optimizando así los costos variables de operación, sopesando la inversión inicial con futuros rendimientos.
- 4) El estudio organizacional muestra que no se requiere una estructura amplia para la operación, pero sí se identifica que algunos de estos son recursos claves que requieren de capacitaciones, haciendo prioritario velar por su permanencia en la organización.

- 5) Por el bajo impacto que representan las intervenciones objeto de los servicios prestados, actualmente no se encuentran regulaciones ambientales o legales que impliquen la generación de costos adicionales a los de la normativa nacional, facilitando las condiciones para la prestación de este tipo de servicios.
- 6) Bajo un análisis de la viabilidad del proyecto sólo con base en el VPN y la TIR se considera que el proyecto es factible porque se tiene un valor mayor a cero y a su vez se supera el CCPP.
- 7) Con la estructura de capital planteada y por las características propias del proyecto, se encuentra que este es capaz de cumplir las obligaciones financieras de corto y largo plazo a partir del segundo periodo, donde se empieza a generar excesos de caja y permite obtener rendimientos financieros por inversiones financieras temporales.
- 8) En términos generales los indicadores de rentabilidad de los activos y patrimonio muestran resultados favorables a partir del segundo periodo, alcanzando su punto máximo en el quinto periodo, de ahí en adelante tienden a la estabilización por la utilización de la capacidad máxima instalada.
- 9) Del análisis de sensibilidad se tiene que existen dos factores externos (el precio de mercado y el precio por metro lineal de las varillas de refuerzo) que constituyen una amenaza para la viabilidad del proyecto porque son variables que no se pueden controlar y afectan en mayor medida el VPN. Para mitigar esto, se propone inicialmente constituir sociedades temporales y buscar varios proveedores internacionales que permitan tener precios más económicos que los del mercado en caso de un alza.
- 10) De los escenarios extremos analizados se deduce que el proyecto tiene una dispersión muy alta en su VPN, lo cual representa un proyecto que puede ser rentable pero riesgoso.

Sin embargo, al ser casos extremos, la probabilidad de ocurrencia simultanea de los valores de las variables (como se plantea en esos escenarios) es poco probable, dando así condiciones que permiten no llegar a descarta su viabilidad.

11) Con una probabilidad de excedencia del 86.6% para el  $VPN=0$  y del 92.0% de para la  $TIR > CCPP$ , se considera que el proyecto es viable.

## REFERENCIAS

- Aguirre Eastman, S. (2019). "No hemos podido estrenar el POT de 2014." *Vivir En El Poblado*. Retrieved from <https://www.vivirenelpoblado.com/no-hemos-podido-estrenar-el-pot-de-2014/>
- Álvarez, V. A. (2018). Así será el megaproyecto más ambicioso de las últimas décadas en Envigado. *El Colombiano*. Retrieved from <https://www.elcolombiano.com/antioquia/envigado-le-da-forma-a-megaproyecto-vegas-sur-FE8677304>
- Ámbito.com. (2019). COLOMBIA - Riesgo País (Embi+ elaborado por JP Morgan). Retrieved April 28, 2019, from <http://data.ambito.com/economia/mercados/riesgo-pais/info/?id=4>
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Centralidad Sur (2010). Medellín. Retrieved from [http://www.metropol.gov.co/Planeacion/DocumentosAreaPlanificada/Centralidad\\_Sur.pdf](http://www.metropol.gov.co/Planeacion/DocumentosAreaPlanificada/Centralidad_Sur.pdf)
- Avendaño, M. L., & Arias, W. (2013, October 13). Desplome de la Torre Space, Tragedia Anunciada. Retrieved from <https://www.elespectador.com/noticias/nacional/desplome-de-torre-space-tragedia-anunciada-articulo-452212>
- Bancolombia. (2018). Proyecciones económicas de Colombia para 2019.
- CAMACOL. (2018). *Informe de Actividad Edificadora - Diciembre de 2018*. Retrieved from [https://camacol.co/sites/default/files/secciones\\_internas/IAE\\_diciembre.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/IAE_diciembre.pdf)
- CAMACOL. (2019a). "ESTE AÑO SERÁ UN AÑO DE RECUPERACIÓN GRADUAL PARA EL SECTOR": CAMACOL. Retrieved February 10, 2019, from <https://camacol.co/prensa/noticias/este-sera-un-año-de-recuperación-gradual-para-el-sector>-camacol
- CAMACOL. (2019b). LOS HOGARES COMPRARON 172 MIL VIVIENDAS NUEVAS EN 2018. Retrieved February 10, 2019, from <https://camacol.co/prensa/noticias/los-hogares-compraron-172-mil-viviendas-nuevas-en-2018>
- Cardenas, S. (2018). Un Castillo de Naipes. *El Colombiano*. Medellín. Retrieved from <http://www.elcolombiano.com/especiales/castillo-de-naipes>
- Clayton, C. R. I., Woods, R. I., Bond, A. J., & Milititsky, J. (2014). *Earth Pressure and Earth-Retaining*

*Structures*. CRC Press.

Concejo de Medellín. (2015). Plan de Ordenamiento Territorial. Medellín.

Damodaran, A. (2019a). Betas by Sector (US). Retrieved April 28, 2019, from  
[http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/Betas.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html)

Damodaran, A. (2019b). Country Default Spreads and Risk Premiums. Retrieved April 28, 2019, from  
[http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New\\_Home\\_Page/datafile/ctryprem.html](http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html)

DANE. (2005). Proyección de Población Municipales Por Área 2005-2020. Retrieved from  
[http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06\\_20/Municipal\\_area\\_1985-2020.xls](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/Municipal_area_1985-2020.xls)

DANE. (2018a). *Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC) - III trimestre de 2018*. Retrieved from  
[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib\\_const/Bol\\_ieac\\_IIItrim18.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/Bol_ieac_IIItrim18.pdf)

DANE. (2018b). Municipal\_area\_1985-2020. Retrieved from  
[http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06\\_20/Municipal\\_area\\_1985-2020.xls](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20/Municipal_area_1985-2020.xls)

Dirección General de Carreteras. (2005). *Guía para el Proyecto y la Ejecución de Micropilotes en Obras de Carretera* (Vol. 1). <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Expansión. (2018). S&P: el euro no se recuperará frente al dólar hasta mediados de 2019. *Expansión*. Retrieved from  
<http://www.expansion.com/mercados/divisas/2018/09/26/5bab7bbbca47419a348b45c9.html>

FHWA. (2005). *Micropile Design and Construction - Reference Manual*.

FHWA. (2015). Soil Nail Walls Reference Manual, (132085).

French National Project CLOUTERRE. (1993). Recomendations Clouterre 1991 (English Translation).

Geotechnical Engineering Office. (2006). *EVALUATION OF APPLICATION OF DRILLING PROCESS MONITORING (DPM) TECHNIQUE FOR SOIL NAILING WORKS*.

- Grupo Bancolombia. (2019). *Proyecciones Económicas de Mediano Plazo*. Retrieved from <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/investigaciones-economicas/publicaciones/tablas-macroeconomicos-proyectados>
- Inflation.eu. (2019). Inflación de Estados Unidos en 2019. Retrieved April 28, 2019, from <https://es.inflation.eu/tasas-de-inflacion/estados-unidos/inflacion-historica/ipc-inflacion-estados-unidos-2019.aspx>
- Ischebeck. (2016). Micropilotes TITAN. La innovación se impone.
- ITACUS. (2011). *Sustainable Underground Development*. Switzerland.
- L'École Nationale des Ponts et Chaussées. (2004). *FOREVER - Synthèse des résultats et recommandations du Projet national sur les micropieux*.
- La FM. (2018). Se Desplomó Parte del Puente Chirajara, en la vía Bogotá-Villavicencio. Retrieved from <https://www.lafm.com.co/colombia/se-desplomo-parte-del-puente-chirajara-en-la-via-bogota-villavicencio>
- Ortiz Jiménez, J. D. (2018). Luego de tres años, el POT de Medellín está en fase inicial. *El Colombiano*. Retrieved from <https://www.elcolombiano.com/antioquia/implementacion-del-pot-de-medellin-YJ8391436>
- Ortiz Jiménez, J. D. (2019). Envigado y Sabaneta, en fase final de nuevos POT: ¿ Qué falta y qué buscan? *El Colombiano*. Retrieved from <https://www.elcolombiano.com/antioquia/planes-de-ordenamiento-territorial-en-envigado-y-sabaneta-BL10288238>
- P.J. Sabatini, D.G. Pass, R. C. B. (1999). *Geotechnical Engineering Circular No. 4 - Ground Anchors and Anchored Systems*. Washington, D.C.
- Pulzo. (2019, February 10). "En Hidroituango el ánimo de lucro superó las recomendaciones técnicas y científicas." Retrieved from <https://www.pulzo.com/nacion/senalamiento-etico-empresas-publicas-medellin-epm-por-hidroituango-PP640455>
- Revista Dinero. (2018, December 7). Camacol Antioquia prevé ventas entre 21.000 y 23.000 viviendas nuevas en 2019. Retrieved from <https://www.dinero.com/empresas/confidencias-on->

line/articulo/cuantas-viviendas-se-venderan-en-antioquia-segun-camacol/265114

Revista Dinero. (2019, February 6). Con subsidios para compra y mejoramiento de vivienda, se busca impulsar al sector. Retrieved from <https://www.dinero.com/edicion-impresa/pais/articulo/estos-son-los-programas-de-duque-para-reactivar-la-vivienda/266814>

Revista Semana. (2018a). Conozca por qué Bello es el mejor lugar para invertir en vivienda. *Revista Semana*.

Revista Semana. (2018b, June 14). Así Fue la Implosión del Edificio Bernavento en Medellín. Medellín. Retrieved from <https://www.semana.com/nacion/articulo/implosion-del-edificio-bernavento-en-medellin/571117>

Salvá, P. J. (2014). *Comportamiento Mecánico de Suelos Saprolíticos para el Diseño de Cimentaciones Profundas*. Universidad EAFIT.

U.S. DEPARTMENT OF THE TREASURY. (2019). Daily Treasury Yield Curve Rates. Retrieved April 28, 2019, from <https://www.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-rates/pages/textview.aspx?data=yield>

## **ANEXOS**

# 1. MÉTODOS DE PERFORACIÓN

## 4.2.4 Overburden Drilling Techniques

There is a large number of proprietary overburden drilling systems sold by drilling equipment suppliers worldwide. In addition, specialty contractors often develop their own variations in response to local conditions and demands. The result is large selection of systems and methods. However, seven generic methods have been identified which are common for piles with diameters less than 300 mm (12 in) to depths less than 60 m (200 ft). The following is a brief discussion of these seven methods. These seven methods are also summarized in Table 4-1, and simply represented in Figure 4-9.

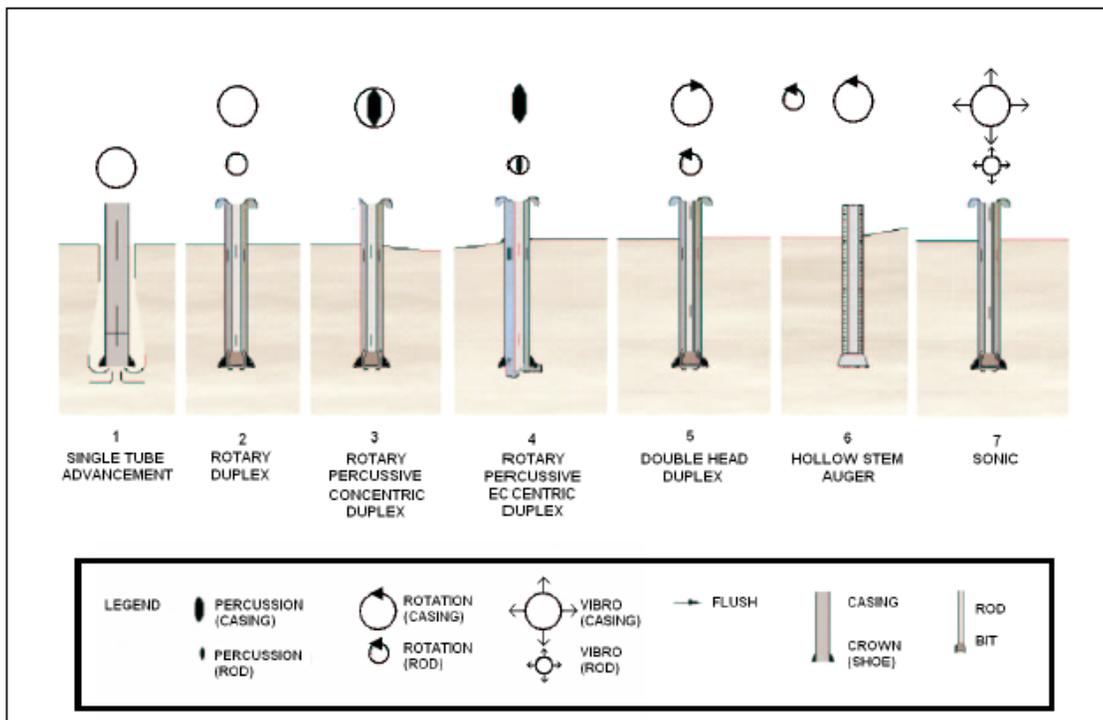


Figure 4-9. Overburden Drilling Methods (modified after Bruce, 1989).

Figura 32 - Métodos de Perforación de Micropilotes, imagen tomada de (FHWA, 2005)

### 3.3.3 Drilling of Nail Holes

Nail holes are drilled using one of several available drilling methods, including rotary, percussion, auger, and rotary-percussion drilling. Table 3.1 (a, b, c) presents a summary of the most common drilling equipment and methods. The design engineer can use this table for guidance, as the selected equipment must be compatible with the anticipated ground conditions and the required total nail length and nail diameter. Figure 3.15 shows a drill hole being advanced using the external flush open hole method.

**Table 3.1a: Hydraulic Rotary Auger Methods for Drilling Competent Soils or Weathered Rock (Modified from Elias and Juran 1991)**

Drilling Method	Cased?	Cuttings Removal Method
Lead Flight Kelley-Bar Driven	No	Mechanical
Sectional Solid-Stem	No	Mechanical
Sectional Hollow-Stem	Yes	Mechanical (air support)
Continuous Flight Solid-Stem	No	Mechanical
Continuous Flight Hollow-Stem	Yes	Mechanical (air support)

Available drill hole sizes: 4-12 in.

Figura 33 - Métodos de Perforación de Micropilotes, imagen tomada de (FHWA, 2015)

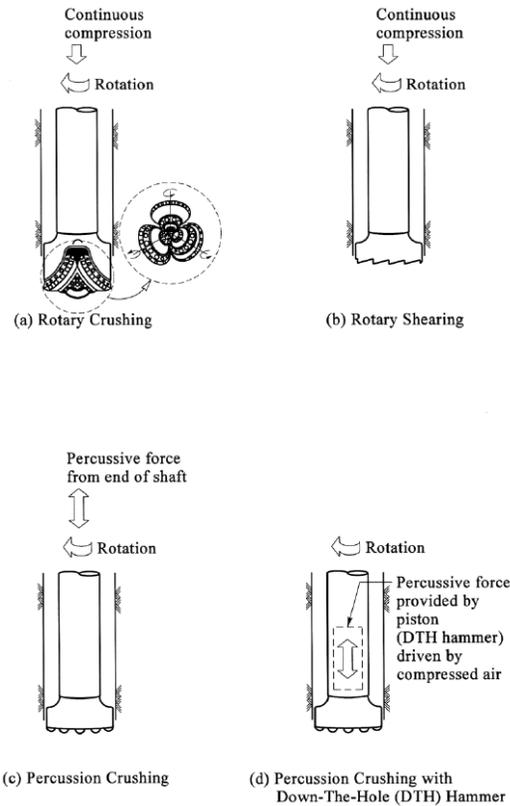


Figura 34 - Tipos de brocas, imagen tomada de (Geotechnical Engineering Office, 2006)

## 2. CONSULTA A EXPERTOS

Tabla 14 - Consulta a experto 1

TEMA	PREGUNTAS
Entorno y Tecnología	De acuerdo con su experiencia, ¿Qué tipo de equipos de perforación e inyección de pernos, anclajes y micropilotes recomienda para las condiciones del Valle de Aburrá (marca y referencia)?
	De acuerdo a las condiciones del suelo (horizontes) se define que equipos y sistema de perforación utilizar. Para aluviales es ideal realizar la perforación con martillo de cabeza (Auto perforante). Para depósitos de ladera y/o residuales la perforación martillo de fondo y/o brocas de arrastre.
	¿Qué opinión tiene de los equipos de fabricación local?
	En los últimos años han mejorado, sobre todo con equipos livianos. En los posibles equipos de marcas reconocidas.
Adquisición	Teniendo en cuenta los proyectos de desarrollo urbano en el Valle de Aburrá ¿Cuál considera usted que será el método de perforación que más se usará en los próximos 10 años (autoperforante o convencional)?
	Las especificaciones del suelo es la que determina que sistema utilizar. TE lo explique en el primer punto.
	¿Quién comercializa los equipos de perforación e inyección?
	Que sea de mi conocimiento: Suministros D&P (Equipos Nuevos y de 2da (de fabricación propia e importados), Rodríguez y Londoño.
Operación	¿Considera que es mejor hacer la compra directamente con el fabricante de los equipos y proceder con la importación o usar intermediarios?
	En lo posible realizar la negociación directa, importante recopilar la información tanto del equipo como del fabricante y así tomar una buena decisión.
	¿Qué personal recomendaría usted para que funcione un equipo de perforación e inyección - cantidad de ayudantes, ingenieros, etc.?
	Cada equipo de trabajo debe estar compuesto por una cuadrilla de 6 personas (Perforador, inyectista y ayudantes), Dependiendo del contrato y por requerimiento del proyecto un Aux SISO e Ingeniero.
	¿Del personal requerido, cuál es su rango de salarial?
	Ingeniero: \$3', Aux. SISO: \$1'2, Perforador: \$1'6, Inyectista: \$1'4, y auxiliares depende de la experiencia se valoran (con exp un 15% más del mínimo y los nuevos con el mínimo.).
	A grandes rasgos ¿Cuál es el rendimiento promedio (m/día) de un equipo de perforación de acuerdo con el tipo de suelo y elemento (perno, anclaje o micropilote)?
	Depende del perfil del suelo: Sistema convencional oscilan prom entre 20 ml/día a 60 ml/día, para sistema autoperforante es por el orden de 50 ml/día.
	¿Qué complicaciones son habituales durante la realización de las perforaciones, equipamiento, llenado e inyección?
	En la perforación y dependiendo del perfil del suelo y con el fin de minimizar las complicaciones se debe revestir generando rendimientos bajos, en el llenado e inyección: que en el momento de realizar el equipamiento de la perforación hayan dañado el PVC.
	Después de haber perforado, en promedio ¿Cuántos ml se pueden llenar e inyectar en un día con un equipo (1 mezcladora, 1 bomba y 1 tubería de llenado e inyección)?
	El ideal es dejar lo perforado en el día Llenado. UN equipo de inyección, en condición normal de operación, gasta un promedio de 80 bultos de cemento/día.
	¿Con qué periodicidad recomienda hacer mantenimiento preventivo a los equipos de perforación e inyección? ¿Quién presta este servicio en el Valle de Aburrá? ¿Cuál es su costo promedio?
Cada 200 hrs de operación y/o cada mes.	
En promedio o a modo de intervalo ¿Cuál es el consumo promedio de combustible de los equipos de perforación e inyección (galón/ml)?	
Compresor 8 gal/hora, Máquina 4 gal/hr y equipo de inyección 3 gal/día.	
A grandes rasgos y como recomendación ¿Cada cuántos ml se debe reemplazar algún utensilio de perforación e inyección (brocas, tubería, mangueras, etc.)?	
Depende la calidad y el buen uso por parte de los operarios. Martillo 5000 ml, Broca de Martillo 1500 ml, Tricono y Mano de ángel 600 ml.	
¿Qué normativas se deben cumplir para poder prestar los servicios?	
Especificaciones de Diseño.	
Funcionamiento	Asumiendo que el precio depende de la cantidad ¿Cuál es el intervalo precios del mercado local de acuerdo con el tipo de suelo y sistema de perforación de: 1 ml de perno, 1ml de micropilote y de 1ml de anclajes activos en el Valle de Aburrá?
	\$85 mil más los materiales, es decir, tuberías, mangueras, cable, refuerzo etc..
	¿Cuál es el intervalo de costos directos de la actividad de perforar e inyectar de acuerdo con el tipo de suelo de: 1 ml de perno, 1ml de micropilote y de 1ml de anclajes activos en el Valle de Aburrá?
	Medio un 26%, Combustible 13%, Admon 8%, Mantenimiento equipos 15%, otros 10% del valor del ml contratado.
	¿Cuál es el precio del stand by (por día u hora)? ¿Cuál es la frecuencia de esto?
	\$1'2 días. Pero en la práctica no lo pagan. Desde que se realiza la negociación esto queda definido.
	¿Cuál es la proporción de operación y no operación (reparaciones, lluvias, mantenimientos, etc.) de estos equipos?
	no tengo un dato de esto.
	¿Qué tan fácil es el servicio posventa a nivel local?
	NO entiendo
¿Cuáles cree usted que son los riesgos asociados a estas actividades - accidentes, pagos, proveedores, clientes, etc.? Por favor explicar	
El mayor riesgo está en el cliente, ya que el flujo de caja lo realizan a su manera. Los pagos acordados contractualmente no se realizan en los tiempos pactados, generando un flujo de caja muy condicionado para las empresas, ya que la mayoría de obligaciones contractuales, materiales e	

Tabla 15 - Consulta a experto 2

	<b>Equipos de perforación</b>	<b>Equipos de Inyección</b>	<b>Compresores</b>	<b>Brocas y Herramientas</b>	
<b>1</b>	Klemm KR 704-E	Hany IC 310	Kaeser M35	Impomin	
	Klemm KR 802-3	Hany IC 325	Sullair 375HH	Bulroc	
	Comacchio MC 3D	Mai 400 NT	Doosan 400 VHP	Atlas Copco	
	Comacchio MC 8				
	Soilmec SM 8				
	Soilmec SM 5				
<b>2</b>	Los equipos de fabricación local tienen precios muy asequibles y son ideales para empresas que están iniciando, pero para realizar actividades en suelos como depósitos aluviales y/o suelos arenosos con N.F altos donde es necesario usar revestimiento estos equipos no tendrían la capacidad para perforar y su desgaste sería mayor lo que incrementaría los gastos de reparación respecto a equipos importados.				
<b>3</b>	En 10 años ambos sistemas estarían vigentes, ya que el uno no reemplaza al otro. La elección de un sistema frente al otro está sujeto a las condiciones geotécnicas del suelo, las condiciones estructurales (cargas) y al presupuesto de cada proyecto.				
<b>4</b>	Neumáticas del Caribe				
	Rodríguez y Londoño				
	Soilmec				
	Klemm				
<b>5</b>	Si se cuenta con los recursos logísticos para comprar en el exterior directamente con el fabricante y realizar la importación de equipos sería más económico adquirir los equipos en el exterior.				
<b>6 y 7</b>	<b>Cargo</b>	<b>Dedicación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Salario</b>	<b>F.P</b>
	Ingeniero Civil	40%	1	2.000.000 - 3.000.000	1.7
	Operador de Perforación	100%	1	1.200.000-1.600.000	1.6
	Inyectista	100%	1	950.000 - 1.200.000	1.6
	Ayudantes	100%	3	smmlv	1.6
<b>8</b>	<b>Tipo de suelo</b>	<b>Rendimiento (m/día)</b>			
	Aluvial	30-40			
	Residual	40-45			
	Flujo de lodos	60			
	Flujo de escombros	30-35			

9	Perforación colapsable	
	Atascamiento de la tubería de perforación o revestimiento	
	Presencia de cárcavas que aumente el consumo de lechada durante el llenado o la inyección.	
10	La inyección se controla más fácil por consumo de lechada (cantidad de cemento). Un equipo de inyección bomba en un día laboral entre 60 y 120 sacos de cemento.	
11	El mantenimiento de preventivo se hace cada 250 horas de trabajo en promedio.	
12	<b>Equipo</b>	<b>Consumo (gal/hr)</b>
	Compresores	4 a 7
	Equipo Perforación	3
	Equipos de inyección	0.5 a 1
13	Herramienta	Rendimiento ml
	Brocas	150-1000
	Tubería	5000-10000
	Mangueras	100 a 700
14	NSR-10	
	Código Sustantivo del trabajo	
	ISO 9001	
	OHSAS 18001	
	ISO 14001	*Solo para empresas certificadas en gestión integral
15	Ítem	
	Perforación	\$70.000 - \$90.000
	Refuerzo activo + platinas, botones y línea de inyección	\$30.000 - \$60.000
	Refuerzo convencional	\$ 24,000
	Tubería dren	\$ 12,000
16		
17	\$3.000.000 a \$4.000.000 Todos los equipos: Perforación, compresor y equipo de inyección	
	Actividad	Frecuencia
	Anclajes activos	1 a 2 días cada mes
	Micropilotes	1 a 2 días cada 3 mes
	Pasivos	1 a 2 días cada 2 mes
	Drenes	ninguna
18	20% del tiempo total	

19	Al ser equipos importados el servicio posventa es malo				
20	Riesgos				
	Accidentes laborales en miembros superiores, inferiores y cabeza				
	Incumplimientos con pagos por parte del cliente				
	Proyectos o clientes con recurso de financiación ilícitos				
	Incumplimientos de proveedores respecto a insumos, herramientas o repuestos				