

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ESTUDIO DE LA PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA
PARA LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL
PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE PACHACÚTEC, VENTANILLA DURANTE EL
PERIODO 2020**

**TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. CHÁVEZ CALDERÓN, ANDRES RENZO.

Bach. HUAILLA ESPINOZA, BRYAN ROGER.

ASESOR: Dr. SUELDO MESONES, JAIME PÍO

LIMA-PERÚ

2020

DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico a mis padres Jeanette Calderón y Hugo Chávez, por su gran amor, sacrificio y esfuerzo. A mis abuelos Juan Calderón y Susana Amenábar, por su incondicional apoyo y enseñanzas y a la empresa RBI por acompañarme en todo este proceso.

Andres Renzo Chávez Calderón

Le dedico este proyecto a mis padres Edwards Huaila y Sonia Espinoza Chalco, por brindarme su tiempo y el apoyo para seguir adelante. A mi tía Graciela Espinoza por permitirme aprende más de la vida a su lado, esto es posible gracias a ustedes.

Bryan Roger Huaila Espinoza

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi universidad, por haberme permitido formarme en ella y realizar en este gran proyecto, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso, a nuestro padres, familiares y amigos que de manera directa o indirecta fueron responsables de realizar su pequeño aporte.

Andres Chávez y Bryan Huaila

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL Y ESPECÍFICO.....	2
1.1.1. Descripción del Problema	2
1.1.2. Formulación y delimitación del problema.	9
1.1.3. Problema general.....	10
1.1.4. Problemas específicos	10
1.2. OBJETIVOS	10
1.2.1. Objetivo general	10
1.2.2. Objetivo específico.....	11
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN TEMPORAL, ESPACIAL Y ESPECÍFICOS ...	11
1.3.1. Delimitación espacial:	11
1.3.2. Delimitación temporal:.....	13
1.3.3. Delimitación conceptual o temática:	13
1.4. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	13
1.4.1. Importancia	13
1.4.2. Justificación.....	14
1.4.3. Viabilidad.....	14

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	15
2.1. ANTECEDENTES	15
2.2. BASES TEÓRICAS	21
2.2.1. Método sin zanja	21
2.2.2. Métodos de construcción sin zanja.....	27
2.2.3. Impacto ambiental.....	41
2.2.4. Contaminación	42
2.2.5. Impacto ambiental.....	47
2.2.6. Mitigación ambiental.....	50
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	54
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	58
3.1. HIPÓTESIS	58
3.1.1. Hipótesis principal	58
3.1.2. Hipótesis secundarias	58
3.2. VARIABLES	58
3.2.1. Definición conceptual de las variables.....	58
3.2.2. Operacionalización de las variables.....	58
3.3. MATRIZ DE CONSISTENCIA	60
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	61
4.1. TIPO Y NIVEL	61
4.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	61
4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	62
4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	63

4.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos	63
4.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos	63
4.4.3. Procedimientos para la recolección de datos	63
4.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	63
CAPITULO V: DESARROLLO DE LA INVESTIGACION	64
5.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:.....	64
5.1.1. Emisor submarino	64
5.1.2. Tuberías de polietileno de alta densidad	67
5.1.3. Difusores	74
5.1.4. Lastres	75
5.1.5. Antiarrastrestos	76
5.1.6. Perforación horizontal dirigida	77
5.1.7. Piezas especiales	83
5.1.8. Dragado	84
5.2. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROYECTO.....	85
5.2.1. Reciclaje de bentonita	85
5.2.2. Gasto energético.....	86
5.2.3. Longitudes y diámetro de la perforación	87
5.3. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS	88
5.3.1. Trabajos preliminares.....	88
5.3.2. Trabajos de perforación	89
5.3.3. Trabajo de halado de tubería	90
5.3.4. Maquinaria especializada de perforación horizontal dirigida	92
5.3.5. Equipos especiales	92

5.3.6. Mejoras propuestas en el proyecto.....	94
CAPITULO VI: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	100
6.1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	100
6.1.1 Matriz de Leopold.....	100
6.1.2 Reciclado de Bentonita:	101
6.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	101
6.2.1 Matriz de Mitigación	101
6.3 DISCUSIÓN	103
CONCLUSIONES:.....	104
RECOMENDACIONES:	105
ANEXOS	106
ANEXO 1:.....	106
ANEXO 2:.....	107
ANEXO 3	108
ANEXO 4:.....	109
ANEXO 5:.....	110
ANEXO 6:.....	111
ANEXO 7:.....	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1	5
Figura 2	6
Figura 3	12
Figura 4	16
Figura 5	17
Figura 6	18
Figura 7	23
Figura 8	30
Figura 9	31
Figura 10	33
Figura 11	34
Figura 12	35
Figura 13	38
Figura 14	40
Figura 15	41
Figura 16	48
Figura 17	52
Figura 18	53
Figura 19	62
Figura 20	65
Figura 21	66
Figura 22	67
Figura 23	71
Figura 24	71
Figura 25:	72
Figura 26	73
Figura 27	74
Figura 28	75
Figura 29	76
Figura 30	77
Figura 31	86
Figura 32	88

Figura 33	88
Figura 34	89
Figura 35	91
Figura 36	96
Figura 37	97
Figura 38	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	7
Tabla N° 2	8
Tabla N° 3	67
Tabla N° 4	100
Tabla N° 5	102

RESUMEN

Durante los últimos años se ha incrementado el temor hacia el calentamiento global, y este implica una reducción de la contaminación ambiental. Cada día se trata de eliminar estos efectos o minimizarlos a una situación el cual pueda ser controlada. Para esto se requiere el esfuerzo conjunto, tanto de empresas como de personas naturales.

El objetivo es estudiar y profundizar en el método de construcción de emisores submarinos llamado perforación horizontal dirigida. Con este fin se plantea la siguiente pregunta: ¿De qué manera los procesos constructivos de la perforación horizontal dirigida del Emisario submarino del proyecto Planta de tratamiento de aguas residuales de Pachacútec permitirán reconocer las medidas de mitigación del impacto ambiental?, en este contexto las medidas de mitigación son las acciones que se proponen para el control de este mismo.

En este documento se recolecta una gran cantidad de estudios que permiten analizar las medidas necesarias que se utilizaran para mitigar el impacto ambiental, entre estas se encuentran balsas de decantación para el reciclado de bentonita, una restauración paisajística para mimetizar las estructuras implementadas, el uso de paneles solares para reducir el gasto energético.

Teniendo en cuenta esto se recomienda que toda información incluida en una investigación de esta índole debe estar citado correctamente, la mejor manera para mitigar el impacto ambiental de algún proceso es hacer un correcto plan de medio ambiente, para estudiar temas que son poco conocidos se debe buscar información de diferentes fuentes para corroborar la información.

ABSTRACT

In recent years, fear of global warming has increased, and this implies a reduction in environmental pollution. Every day everyone try to eliminating these effects or minimizing them to a situation which can be controlled. This requires the joint effort of both, companies and individuals.

The objective is to study and deepen the method of construction of submarine emitters called horizontal directed drilling. To this end, the following question should be posed: ¿In what way will the construction processes of the directed horizontal drilling of the subsea Emissary of the Pachacútec Wastewater Treatment Plant project allow the recognition of environmental impact mitigation measures? In this context, the measures Mitigation measures are the actions that are proposed to control this.

This document collects a large number of studies that allow analyzing the necessary measures that will be used to mitigate the environmental impact, among these are settling basins for recycling bentonite, a landscape restoration to mimic the implemented structures, the use of solar panels to reduce energy consumption. This indicates that if it is possible to reduce the harmful effects towards the environment in a horizontal directed drilling.

Taking this into account, it is recommended that all information included in an investigation of this nature must be cited correctly, the best way to mitigate the environmental impact of a process is to make a correct environmental plan, to study issues that are little known must look for information from different sources to corroborate the information.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis tiene como principal objetivo estudiar y profundizar sobre el método de perforación horizontal dirigida, los principales factores de contaminación en el corto y largo plazo, así mismo como plantear ciertas medidas de mitigación que ayuden a la conservación del medio ambiente.

En nuestro país diferentes métodos para este propósito, la manera de abordar el asunto es muy variada, sin embargo, el método de excavación sin zanja es un método recientemente implementado en el Perú. Este trabajo se centra en estudiar los efectos en el medio ambiente que este provoca y sus posibles maneras de mitigarlo.

En el capítulo I se abordan los temas de la problemática general del estudio, en donde esta ubicado, de que trata el método de manera superficial además de definir sus características específicas, además de los objetivos de la tesis, así como de su justificación.

En el capítulo II se abordan las cuestiones teóricas que sustentan este planteamiento. Se hace un repaso de los diferentes tipos de perforación, así como su impacto ambiental y sus maneras de mitigarlos.

En el capítulo III se define la metodología que se usara en la investigación, así como las técnicas, criterios y procesos para obtener los datos necesarios.

En el capítulo IV y V es el desarrollo de toda la investigación desde la recolección de datos hasta la presentación de resultados, que en este caso serían las medidas de mitigación.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y Formulación del Problema General y Específico

1.1.1. Descripción del Problema

La zona costera representa un gran valor para el desarrollo de un país, tanto por la parte económica, comercial, turística, agrícola y ganadera, por ende, no es de extrañar la aparición de la nueva tendencia de concientización ambiental con respecto a estas regiones.

El mar es la génesis del ciclo hidrológico y que además recibe las consecuencias cuando las aguas son devueltas a él. Observamos cómo diversos artículos de divulgación científica centran la contaminación como un grave problema a resolver en los años actuales.

Los océanos cubren aproximadamente el 70% de la superficie de la tierra, desempeñando un papel fundamental en la regulación del clima y los procesos atmosféricos y son el hábitat de varias especies. Los océanos están bajo enorme presión antropogénica, tales como la contaminación química, física y sobreexplotación. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

A esto añadimos que, la costa, como eco-región, presenta una fuente diversa de recursos para su aprovechamiento, sobre todo a países en vía de desarrollo.

Las costas contienen el hábitat y ecosistemas que proporcionan beneficios y servicios a las comunidades; sirven de sostén a la economía de muchas naciones, que dependen en gran medida de actividades como el Turismo, el comercio naval, la Industria del petróleo y otras (Merchant, 2006, p. 23)

Así como los recursos, la fauna es indispensable para el desarrollo de las diferentes actividades relacionadas con el ser humano y su medio ambiente. Cómo desarrollan Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia en el siguiente párrafo:

La extinción de una especie, incluso a escala local, se considera como algo indeseable, debido a que se pierde una de las posibles vías de flujo de materia, energía e información en el ecosistema. Además, desde un punto de vista más utilitario, cualquier especie, aunque en la actualidad parezca que no tiene ninguna función útil para el ser humano, tiene la potencialidad de serlo en el futuro y por

tanto debe de ser considerada como un recurso natural para las generaciones futuras. (Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005, p. 63)

Referente a la importancia del agua y su consumo, la UNESCO determinó una estricta relación con la salud. Las enfermedades más comunes se generan por el consumo de agua contaminada, en algunos casos llevando hasta la muerte.

Las dolencias relacionadas con el agua son una de las causas más comunes de enfermedad y de muerte y afectan principalmente a los pobres en los países en desarrollo. Las enfermedades transmitidas por el agua que originan dolencias gastrointestinales (incluyendo la diarrea) son causadas por beber agua contaminada; las enfermedades transmitidas por vector (por ejemplo la malaria o la esquistosomiasis) provienen de insectos y caracoles que se reproducen en ecosistemas acuáticos; las enfermedades que desaparecen con el agua (por ejemplo la sarna o el tracoma) están causadas por bacterias o parásitos adquiridos cuando no se dispone de suficiente agua para la higiene básica (lavado de ropa, ducha, etc.). En el año 2000, la tasa de mortalidad estimada por diarreas relacionadas con la falta de sistemas de saneamiento o de higiene y por otras enfermedades relacionadas con el saneamiento del agua (esquistosomiasis, tracoma, infecciones intestinales por helmintos) fue de 2.213.000 personas. Según una estimación, la malaria sería responsable del deceso de un millón de individuos. Más de 2.000 millones de personas quedaron infectadas en el mundo por esquistosomas y helmintos transmitidos por el suelo, de las cuales 300 millones sufrieron una enfermedad grave (United Nations Educational, Scientific Cultural Organization (UNESCO), 2003)

A lo largo de la historia no se le ha dado la importancia adecuada a la calidad del agua, principalmente por la incapacidad de medir los agentes contaminantes del mismo.

Desde los tiempos más antiguos, el hombre ha reconocido la importancia del agua desde el punto de vista de la cantidad, por lo que los núcleos de población se han asentado, a lo largo de la historia, junto a los cursos de los ríos. Las grandes civilizaciones surgieron junto a los grandes ríos: la Asiria al Tigris y Éufrates, La India al Indo, la egipcia al Nilo o la China junto al río Amarillo.

La importancia de la calidad del agua ha tenido un desarrollo más lento. El hombre sólo podía juzgar la calidad del agua a través de los sentidos de la vista, olfato y

gusto. No es extraño pues, que hasta mediados del siglo XIX no se reconociera al agua potable como origen de numerosas enfermedades infecciosas.

“Hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua están fuera de toda duda”. (Muñoz Camacho, Contreras López, & Mariano Molero, 2018, p. 33-34)

El fondo del mar posee una cantidad de propiedades químicas inusuales, los cuales son favorables para su autorregulación, así como lo detalla Alonso Martín en su trabajo investigativo.

Siendo el mar un ecosistema el cual se auto depura eficazmente cuando se cumplen condiciones como: producirse en zonas alejadas de las costas, profundidades elevadas y volúmenes aceptables y propiedades del efluente. (Alonso Martín, 2016, p. 27)

El clima en la costa según (Sánchez Rivas, Blas Luna, & Chau Fernández, 2010) está influenciado por la corriente marina fría, por lo cual predomina un clima templado y húmedo. En la costa existen dos tipos de clima. (1) En el norte, de Tumbes a Piura es semitropical con una temperatura anual promedio de 24 °C, lluvias periódicas de verano y abundante humedad; (2) la zona centro y sur de la costa tiene una temperatura anual promedio de 18°C, con máximas en verano de 26° y mínimas en invierno de 13°C, también presenta una alta humedad que alcanza los 90 y 98%.

Con el reto de preservar su alto valor ecológico y al mismo tiempo favorecer el desarrollo de las actividades industriales, recreativas y urbanas que confluyen en estas zonas, se proyectan y ejecutan planes de saneamiento integral. Suelen ser obras emblemáticas, muy costosas y desarrolladas en diferentes fases, siendo el emisario submarino una de las actuaciones más singulares, con una relevancia significativa dada su complejidad técnica e importancia durante todo el proceso. (Alonso Martín, 2016)

Como resultado de lo antes mencionado, inferimos que el fondo del mar, por su capacidad autorregulante, es una tentativa idónea como solución de desechos sólidos que es un problema latente en los años futuros.

Una aplicación para la eliminación de desechos sólidos, o aguas residuales, utilizado ampliamente por las regiones que limitan con el mar en Sudamérica y parte de Europa es la de emisarios submarinos.

Un emisor submarino es una conducción que transporta las aguas residuales parcialmente tratadas desde la costa hasta un punto mar adentro a suficiente distancia y profundidad como para que el vertido no suponga un riesgo para la salud humana ni tenga efectos ecológicos negativos, es un sistema de evacuación que basa su efectividad en la elevada capacidad de autodepuración del mar.

Se debe situar en una zona de rápida, alta y eficiente dilución inicial y debe evitar zonas de uso humano como zonas de baño, criaderos de moluscos, zonas de gran valor ecológico como arrecifes de coral o reservas naturales.

El objetivo del emisario submarino es evacuar las aguas residuales de manera segura y fiable, de ser posible ejecutarlo optimizando costos y siempre manteniendo el impacto ambiental al mínimo sobre el medio receptor para proteger los ecosistemas locales y playas cercanas. (Aguado García, 2019, p. 36)

En la Figura N° 1, observamos la maquinaria perforadora para los trabajos de perforación la cual cumple un rol fundamental a lo largo de la construcción del emisario submarino.



Figura 1: Máquina perforador

Nota: Fotografía de máquina perforadora (Proyecto PROVISUR), fuente: Propia.

Los emisarios suelen finalizar con varios difusores que permiten la salida del efluente a una distancia y profundidad determinada sin permitir la entrada de agua de mar, evitándose así su deterioro. Con el “emisario submarino” se asegura el correcto funcionamiento del sistema de vertido al mar de las aguas residuales. La

ejecución de los emisarios supone un gran esfuerzo técnico y humano que, con la aplicación de novedosos procedimientos, hace posible enfrentarse a un verdadero reto, conducir bajo tierra y mar las arterias principales de los distintos saneamientos generales.

Vemos en la Imagen N° 2 la etapa final de halado de tubería.



Figura 2: Fin de halado de tubería

Nota: Se puede observar que se finalizó el halado de tubería ya que se observa el cabezal de tiro unido a la tubería ya en tierra firme (Proyecto PROVISUR), fuente: Propia

Las necesidades actuales de los sistemas industriales obligan cada vez más a ejecutar también este tipo de obras. Los emisarios ya no son obras diseñadas únicamente para saneamientos, sino que centrales térmicas de ciclo combinado, desaladoras y otras industrias necesitan de estas conducciones para su correcto funcionamiento. (Alonso Martín, 2016, p. 30)

En tabla 1, se aprecia los estándares mínimos de calidad de agua marina y en la tabla 2 se observa la cantidad de aguas residuales.

Tabla 1: Estándares nacionales de calidad ambiental del agua, categoría 4: Conservación del medio ambiente.

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Rios		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(μ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH ₃)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	$\Delta 3$	$\Delta 3$	$\Delta 3$	$\Delta 2$	$\Delta 2$
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrín	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrín	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Carbamato						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
MICROBIOLÓGICO						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

Nota: En la presente tabla se observa los parámetros máximos de químicos según los ECA fuente:

Decreto Supremo N°004-2014-MINAM

Con la finalidad de descargar las aguas servidas al mar de Ventanilla, se tiene que diseñar un sistema de tratamiento de desagües, para el cual se tendrá que construir una planta de tratamiento de aguas residuales. El agua residual tratada biológicamente (no apto para consumo humano, ni para bebida de animales), será descargada al mar mediante un emisor submarino. (Figuroa Torres, 2013)

Tabla 2: Descarga de aguas residuales domesticas sin tratamiento según departamento 2009-2016.

Departamento	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Total	513 325 040	528 406 555	538 641 901	549 337 985	365 389 142	201 513 381	192 972 098	308 207 653
Amazonas	3 133 908	3 060 170	3 264 664	3 319 913	-	-	3 165 444	3 301 468
Áncash	12 988 219	14 334 130	14 303 545	13 404 554	13 728 095	13 875 179	13 182 870	13 978 314
Apurímac	3 065 387	3 256 540	3 405 924	3 058 348	-	-	3 334 574	3 087 744
Arequipa	28 913 797	29 766 153	28 015 903	30 365 383	33 659 065	32 392 630	34 625 101	31 763 957
Ayacucho	249 159	27 543	81 478	2 202	13 419	18 682	4 134	94 868
Cajamarca	5 888 388	5 779 549	5 291 617	6 189 286	7 516 715	6 888 962	4 914 308	4 971 058
Cusco	5 447 191	5 284 071	5 491 406	6 916 190	8 315 152	7 120 237	5 479 107	5 791 806
Huancavelica	2 172 479	2 261 283	2 189 188	2 211 079	-	-	1 936 605	1 959 415
Huánuco	9 286 294	9 336 778	9 458 356	9 790 763	-	-	7 436 144	7 189 993
Ica	434 499	54 809	614 494	144 138	1 578 210	2 038 582	2 549 509	6 578 344
Junín	29 019 696	29 598 387	29 220 372	28 762 560	28 242 502	27 600 196	23 110 602	24 294 021
La Libertad	7 249 712	9 180 965	11 634 422	13 161 957	12 731 312	15 013 308	-	-
Lambayeque	2 231 619	4 365 497	3 798 217	3 509 706	2 303 832	2 141 599	19 766 706	836 663
Lima	341 551 224	348 615 411	357 517 606	362 104 398	215 744 075	54 105 418	17 296 144	148 111 243
Loreto	12 694 084	12 687 476	12 039 916	11 081 404	-	-	9 828 479	10 169 744
Madre de Dios	980 232	1 037 993	1 261 641	1 399 264	-	-	1 398 755	1 483 256
Moquegua	2 606 462	1 919 786	2 255 875	4 479 677	3 140 583	2 726 633	1 036 194	386 950
Pasco	1 700 059	1 309 469	2 059 189	19 462	-	-	1 194 491	1 129 443
Piura	16 937 277	17 868 872	20 149 822	20 265 166	22 609 876	23 392 196	14 734 922	12 255 091
Puno	5 465 243	8 396 417	4 951 083	5 824 031	7 404 739	6 817 085	4 502 690	6 356 177
San Martín	8 533 661	9 055 409	9 022 303	8 933 044	-	-	8 070 828	8 629 483
Tacna	1 574 132	1 442 147	1 249 742	3 027 389	3 592 161	3 232 929	3 086 380	3 706 296
Tumbes	4 742 947	3 599 234	4 776 796	4 359 840	4 809 406	4 149 745	4 402 132	4 000 081
Ucayali	6 459 371	6 168 466	6 588 342	7 008 231	-	-	7 915 979	8 132 238

Fuente: Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS).

Nota: Se puede apreciar en la Tabla 2 que lima es la provincia con mayor cantidad de descarga de aguas residuales, fuente: Superintendencia Nacional de Saneamiento.

Entre los beneficios ambientales, cabe destacar la protección de la calidad del agua receptora del vertido y de los ecosistemas marítimos, terrestres e intermareales (tanto en obra con en explotación), la minimización del área natural afectada por la infraestructura, y la reducción de materias primas empleadas y residuos generados. (Fernández Rodríguez, 2010)

Los emisarios submarinos en el túnel resultan aconsejables en aquellas zonas donde las condiciones del mar suelen ser agresivas y muy desfavorables (zona de rompiente), lo que exige llevar el tubo protegido hasta profundidades donde las acciones sean menores.

En definitiva, esta técnica constructiva tiene la gran ventaja de poder evitar la zona de rompiente, realizando el afloramiento de la tubería a profundidades entre 10 y 20 m, lo que en zonas con perfiles de este tipo no requieren realizar grandes longitudes del túnel.

El sistema de construcción es muy similar al de tierra, pero con el condicionante añadido de ir por debajo del nivel freático. Esta situación propicia que las entradas de agua hacia la excavación sean mucho mayores y frecuentes, lo que requiere tomar medidas durante las perforaciones de prueba por delante de la sección de avance, para taponarlas.

Es necesaria la construcción de un pozo de hinca vertical de diámetro suficiente para albergar la maquinaria de excavación o perforación. A través de él, en fase de construcción, se deberá poder acceder al frente de excavación y retirar los productos derivados de la obra. Una vez finalizada la misma, el pozo servirá de conexión entre las obras de tierra y el propio emisario. (Alonso Martín, 2016)

1.1.2. Formulación y delimitación del problema.

El proceso constructivo de perforación horizontal dirigida es un método sin zanja de instalación de tuberías que consistió en la ejecución de un túnel para el ingreso de una tubería.

Este método es común en países como Alemania, España, etc; y, en el Perú, el proyecto de “Provisión de Servicios de Saneamiento para los distritos del Sur de Lima” (Provisur) es el primer proyecto que utilizó el método sin zanja de perforación horizontal dirigida en la ejecución de su obra durante la construcción

de un emisor o emisario submarino para una Planta de tratamiento de aguas residuales y una Planta Desalinizadora por osmosis inversa.

Debido al éxito del proyecto Provisur, se está actualizando el proceso constructivo del proyecto “Planta de tratamiento de aguas residuales Pachacútec con emisario submarino”, en la ejecución del Emisario submarino. Este será construido por el método de perforación horizontal dirigida para instalar una tubería de polietileno de alta densidad.

El método de perforación horizontal dirigida tiene contacto directo con el ambiente desde la generación de residuos sólidos como la generación de detritus (lodo de perforación), tiene contacto con el mar y el lecho marino.

Es de vital importancia reconocer las medidas de mitigación de todo el proceso de perforación horizontal dirigida con el fin de prevenir una gestión ambiental positiva en los proyectos de saneamiento.

1.1.3. Problema general

¿De qué manera los procesos constructivos de la perforación horizontal dirigida del Emisario submarino del proyecto Planta de tratamiento de aguas residuales de Pachacútec permitirán reconocer las medidas de mitigación del impacto ambiental?

1.1.4. Problemas específicos

- a) ¿Estudiar el trabajo de perforación permitirá reconocer las medidas para mitigar la contaminación por residuos sólidos?
- b) ¿Estudiar el trabajo de halado de tubería permitirá a reconocer las medidas para mitigar el gasto energético?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Estudiar los procesos constructivos de la perforación horizontal dirigida del Emisor submarino del proyecto Planta de tratamiento de aguas residuales de Pachacútec con la finalidad de reconocer las medidas de mitigación del impacto ambiental.

1.2.2. Objetivo específico

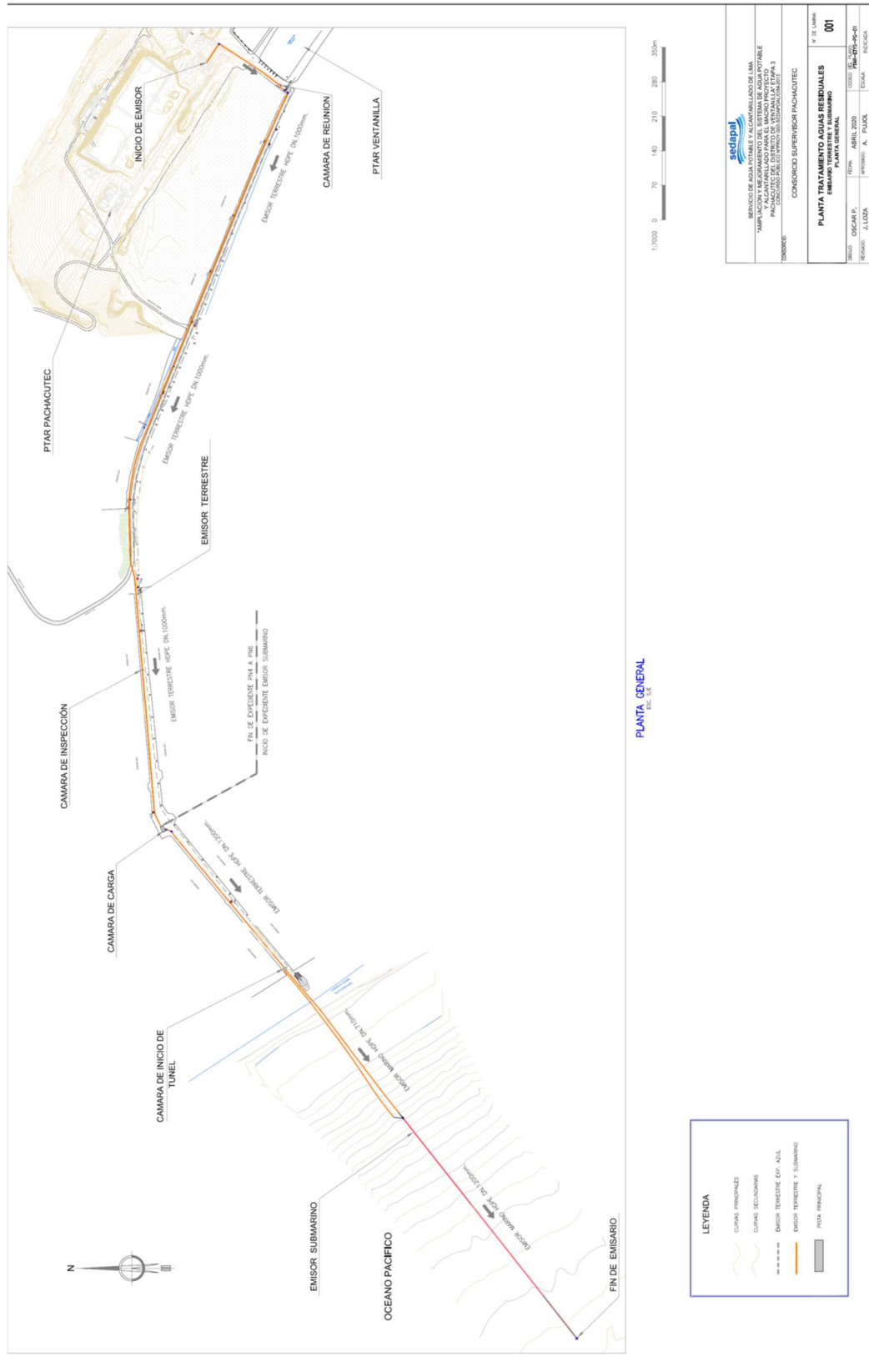
- a) Analizar el trabajo de perforación con la finalidad de reconocer las medidas de mitigación de contaminación por residuos sólidos.
- b) Analizar el trabajo de halado de tubería con la finalidad de reconocer las medidas de mitigación del gasto energético.

1.3. Delimitación de la investigación temporal, espacial y específicos

1.3.1. Delimitación espacial:

El recojo de información será en las instalaciones de oficinas de la empresa Acciona en el proyecto “Planta de tratamiento de aguas residuales de Pachacútec y su emisario submarino”, es decir, en el campamento donde se está realizando la obra.

En la Figura 3, mostramos el plano donde se ubica la planta de tratamiento de aguas residuales, así como la ubicación final del emisario submarino.



LEYENDA

- CAMARAS PRINCIPALES
- CAMARAS SECUNDARIAS
- EMISOR TERRESTRE 4000 DN 1000mm
- EMISOR TERRESTRE Y SUBMARINO
- TUBO PRINCIPAL

sedapal
SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO S.A.
AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE
PARA LA ZONA DE LOS DISTRITOS DE VENTANILLA Y ETAPA 3
CONSORCIO SUPERVISOR PACHACUTEC

PLANTA TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES
GENERAL

N.º DE CUBIERTA: 001

PROYECTO:	OSICAPA P.A.	FECHA:	ABRIL 2020	ESTADO:	PROYECTO
PROYECTANTE:	J. LOZA	PROYECTADO POR:	A. FUJITA	ESCALA:	INDICADA

Figura 3:Plano de planta de tratamiento de aguas residuales

Fuente: Consorcio supervisor Pachacutec.

1.3.2. Delimitación temporal:

El periodo que comprendió nuestra investigación, fue el periodo de Junio – diciembre 2020, por lo que las técnicas de recolección de datos e información fueron realizadas desde gabinete, mediante sitios web confiables y oficiales, artículos de divulgación científica, documentos oficiales de expedientes técnicos.

1.3.3. Delimitación conceptual o temática:

Esta investigación se centró en estudiar dos de los procesos constructivos de la perforación horizontal dirigida del emisario submarino del proyecto Planta de tratamiento de aguas residuales de Pachacútec para reconocer medidas que mitiguen el impacto ambiental.

Ambos procesos constructivos contemplados en nuestro estudio fueron escogidos en base a las declaraciones de diferentes autores, tales como Mínguez Santiago (2015), quien declara lo siguiente acerca de la perforación horizontal dirigida.

La perforación horizontal dirigida se define como un sistema orientable utilizando una plataforma de perforación en la superficie...

... La perforación piloto se va monitoreando y maniobrando por un detector que va recibiendo la señal por una sonda que se encuentra instalada en un portasonda ubicado en la parte de atrás de la broca... este proceso es muy importante debido a la alta concentración de recursos de maquinaria utilizada y la duración del mismo.

El siguiente proceso constructivo estudiado fue el de halado de tubería, el cual según

Como cualquier sistema de excavación necesita del traslado de los equipos de perforación que básicamente son: máquina perforadora, máquina de reciclaje de los lodos de perforación y equipos auxiliares por lo que se requiere una gran cantidad de combustible.

1.4. Importancia y justificación del estudio

1.4.1. Importancia

El propósito del estudio fue de beneficiar a todas las empresas y población en general a conocer las medidas de mitigación frente al proceso constructivo de

perforación horizontal dirigida con el fin de incentivar este método sin zanja para la instalación de tuberías con desembocadura en el mar, es muy útil para la construcción de emisarios submarinos de Plantas de tratamiento de aguas residuales, por lo que es beneficioso para el Perú frente a la problemática del saneamiento en diferentes lugares del Perú.

1.4.2. Justificación

La realización de este estudio se justificó en base a la alta demanda de eliminación de aguas residuales en el departamento de Lima y la gran capacidad de contaminación que conllevan las soluciones.

Además de la importancia actual de conservar el medio ambiente para su preservación, que a largo plazo nos permite lograr una mejor calidad de vida.

1.4.3. Viabilidad

Esta investigación utilizó información oficial de la construcción del emisario submarino de la planta de tratamiento de aguas residuales de Pachacútec por perforación horizontal dirigida, en las que se incluyen planos y especificaciones técnicas para poder todos los alcances sobre el método de perforación horizontal dirigida.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

El desarrollo urbano que han tenido en conjunto las ciudades del mundo, ha demandado importantes esfuerzos en los proyectos de construcción, especialmente en lo que concierne al sector saneamiento y servicios públicos en general.

(Abaunza J. A., 2011). Esto se debe a una mayor demanda por el crecimiento de la población; En Colombia, “El crecimiento de la población en las distintas ciudades de Colombia ha incrementado la demanda de servicios públicos; situación que se evidencia en el desarrollo de redes de infraestructura del país. Por ejemplo, las tres principales ciudades del país (Bogotá, Medellín y Cali) suman en conjunto unos 13000 km de redes de acueducto y cerca de unos 14000 km de redes de alcantarillado.” Dado que los métodos de construcción entraron en un proceso de globalización y están apuntando a utilizar técnicas y equipos que vayan a la vanguardia de la tecnología, que contribuyan al cuidado del medio ambiente y a la optimización de recursos económicos, se han registrados avances significativos en esta materia, aunque los mayores avances se han dado en países como Estados Unidos, Japón, Alemania y en América latina en Brasil, Chile y Argentina,

Por lo general, los proyectos de saneamiento consisten en rehabilitación, mantenimiento e instalación de tuberías para agua potable y alcantarillado. En los últimos años, la ejecución de estos proyectos, han ido desarrollando nuevas tecnologías de instalación de tuberías con menor impacto socioeconómico y ambiental; son las tecnologías sin zanja.

(Vidal, F. 2004). Actualmente, al hacer referencia a las tecnologías sin zanja (TSZ), estamos hablando de técnicas ya bien establecidas en países desarrollados como Japón, Estados Unidos y Alemania con cerca de 40 años de aplicación. Sin embargo, en nuestro medio y en general en Latinoamérica, estas tecnologías apenas comienzan a ganar aceptación desde los últimos años.

Hasta 1960, las tecnologías sin zanja consistían en métodos para hacer cruces cortos. Sin embargo, fue en 1963 cuando a través del Ministerio de Construcción japonés se adoptarían políticas con restricciones severas a

las excavaciones de zanjas para instalación de servicios públicos; estas políticas no permitían intervenir las estrechas calles densamente congestionadas del Japón. Debido a esto, se creó gracias a la unión de usuarios, industrias, universidades, contratistas, científicos y demás instituciones, las técnicas de micro-túnel y del “Pipe Jacking”. “Estos métodos se manejaban a control remoto y solo necesitaban de la construcción de un pozo de apertura y otro de salida”. (Vidal, F. 2004). En cuanto al avance de las tecnologías para renovación, reparación y sustitución; el progreso se daría durante la revolución industrial; uno de los países con más ímpetu en estos procedimientos fue el Reino Unido; este ha logrado importantes avances con CTTV y demás sistemas robotizados que ayudan a determinar el diagnóstico de las redes deterioradas. Entre los principales métodos que se han desarrollado para estos temas se encuentran el CIPP y el CP.

A continuación, se presenta la figura N° 4, donde se indica en una línea de tiempo, las principales tecnologías desarrolladas por los países líderes en este campo de la ingeniería.

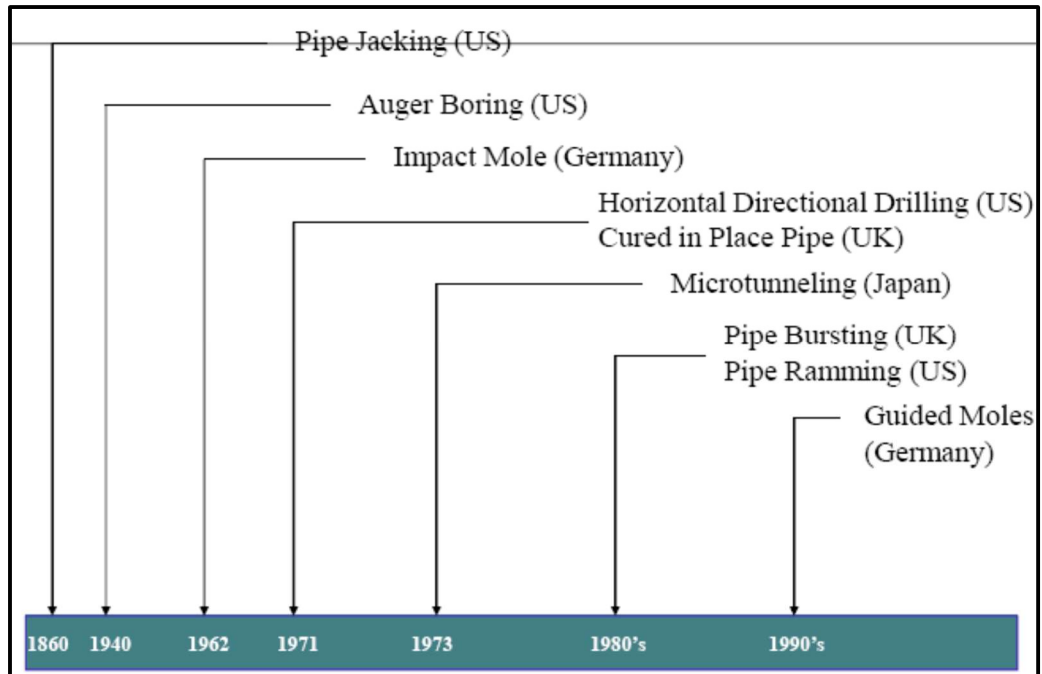


Figura 4: Desarrollo de las tecnologías sin zanja en la línea del tiempo. Fuente: Ariaratnam, 2011
 Nota: En 1985 se establecería el primer instituto especializado en el desarrollo y aplicación de las tecnologías sin zanja, cuyas siglas en inglés serían (ISTT). Esta entidad sería el ente mayor 28 en el campo de la infraestructura subterránea; y estaría encargado de promover la educación, el

entrenamiento, el estudio, la investigación y la práctica de estos procedimientos a nivel mundial. (ISTT, 2011).

En la figura 5 se puede observar un marco conceptual de la tecnología sin zanja.

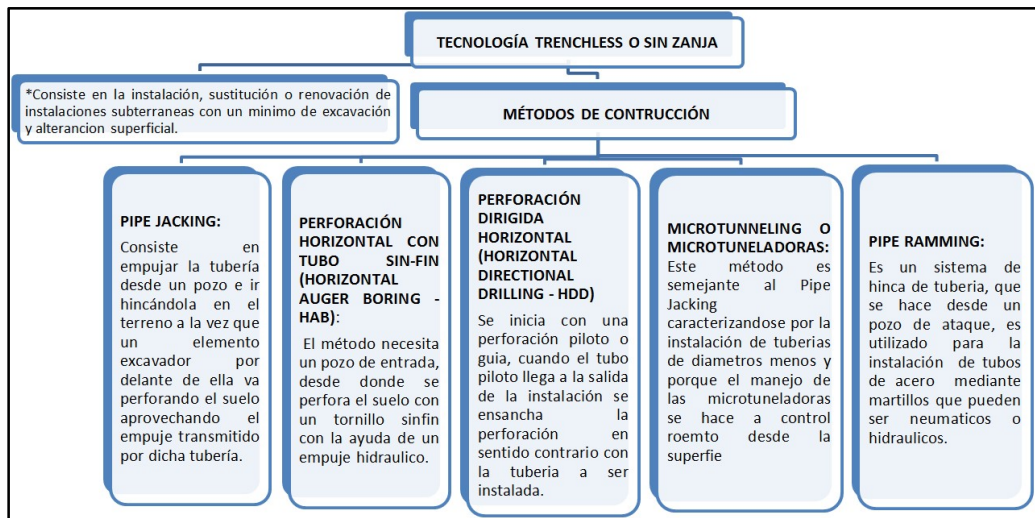


Figura N° 5: Marco conceptual de tecnología trenchless o sin zanja. Fuente: Rodriguez, 2016

Se presenta una tabla (Figura N° 6) con las principales empresas asociadas a la ISTT desde el año 1988 hasta el año 2000.

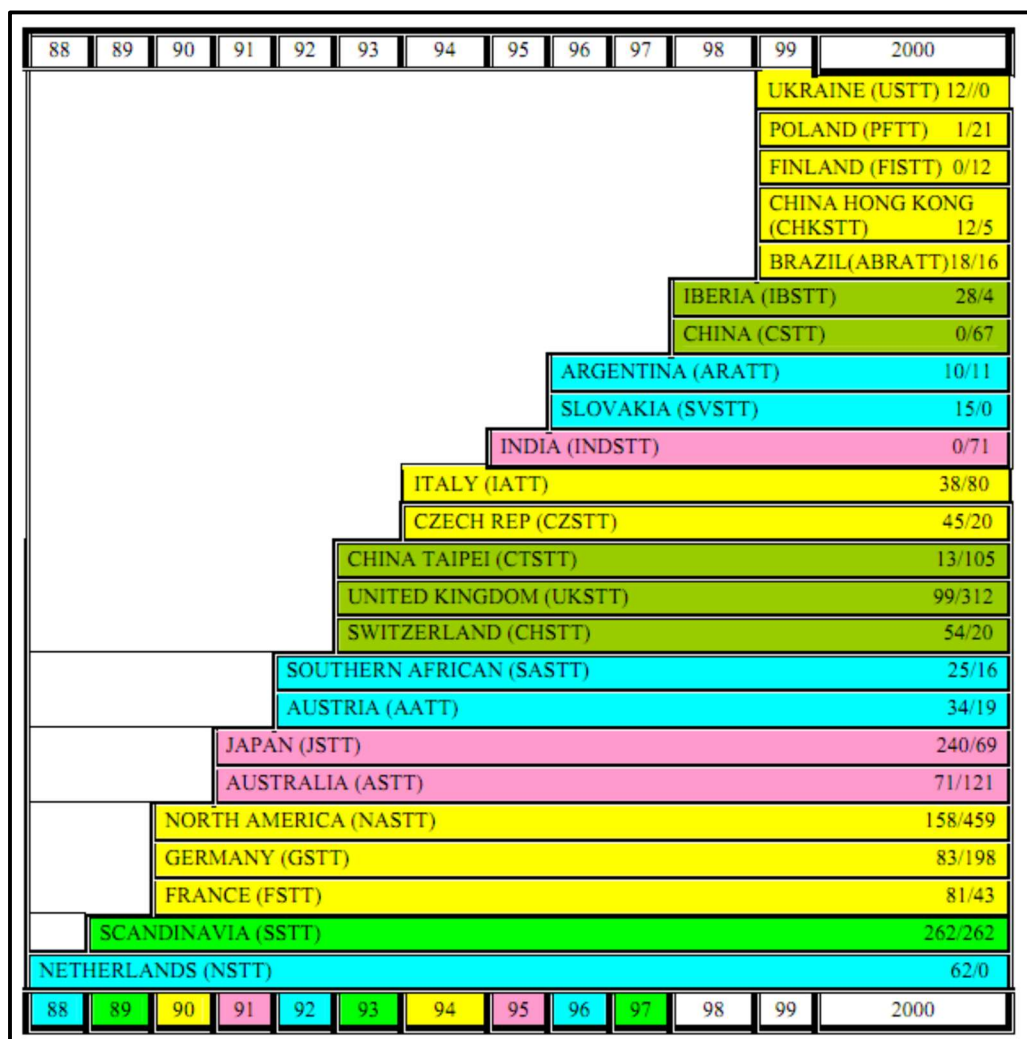


Figura N° 6: Aumento de las empresas afiliadas a la ISTT. (ISTT 2011)

Nota: A nivel Latinoamericano, las tecnologías sin zanja se introdujeron inicialmente a principios de los años noventa; con el método de perforación horizontal dirigida y el microtuneleo; su uso y foco yace en el auge de introducir las telecomunicaciones entre las principales ciudades del continente. Sin embargo, a pesar de que estos métodos ya habían sido probados en países desarrollados como los Estados Unidos y Europa; existió en un principio cierto escepticismo por las empresas contratistas decidir el cambio entre los métodos convencionales con los que venían trabajando y esta nueva innovación. Hoy en día la mayoría de los métodos de tecnología sin zanja ya han sido empleados en Suramérica, pero su uso ha sido a escalas diferentes y no en todos los países. (Gutiérrez, C. 2006).

(Gutiérrez, C. 2006). Una de las principales economías de Suramérica está en Brasil, país que tal vez posee el mayor número de proyectos de saneamiento, control de residuos peligrosos y utilización de las tecnologías sin zanja, seguido de este podemos encontrar a Chile y Argentina cuyos trabajos en remplazo y rehabilitación de redes de

infraestructura subterránea enfocados al sector minero, acueducto y alcantarillados han sido importantes, otro país a su vez que también cuenta con experiencia en este tipo de métodos es Venezuela; este país ha construido importantes proyectos como el metro de Caracas. A nivel colombiano se han realizado algunos proyectos con tecnología sin zanja, pero aún falta más difusión entre los contratistas.

(ISTT, 2016). Los constructores tenían estrictas limitaciones en cuanto al espacio ya que las calles eran demasiado angostas y solo se podían abrir zanjas en la noche, estas condiciones tan difíciles de trabajo incentivaron el desarrollo de nuevos métodos de construcción, lo que conllevó al surgimiento de una industria basada en el Pipe Jacking (microtúnel) en la que intervinieron contratistas, fabricantes, universidades, usuarios y el gobierno japonés. La concepción del microtúnel fue el apalancamiento de tuberías desde pozos maestros en los cuales las operaciones se hacían bajo control remoto.

(Hortua, 2013). A mediados de los años ochenta la tecnología de microtúnel fue ampliamente utilizada para la instalación de tuberías, ya se habían desarrollado proyectos en ciudades como Hamburgo, Singapur, Australia, Hong Kong y en la zona de medio oriente. En los años noventa con el aumento de la población y con el desarrollo de la industria hotelera no era aceptable causar grandes traumatismos en el tráfico por lo cual se hizo más conocido el método del microtúnel, además de esto aparecieron temas de investigación respecto a las propiedades químicas y de resistencia de los materiales a ser utilizados en dicho método. En Norte América el impulso de las tecnologías trenchless fue diferente al caso japonés, la puesta americana se dio gracias al crecimiento de la industria petrolera, en la cual eran necesarias largas líneas de conducción que cruzaban en algunos casos territorios ambientalmente sensibles o protegidos. Inicialmente se utilizaron topes dirigidos para atravesar obstrucciones como ríos, pasos ferroviarios o vías.

(Vidal, 2004). Por otro lado, como un hecho de grandes precedentes, en el año de 1985 se llevó a cabo en Londres una conferencia conocida como “sin excavar 85”, patrocinada por la sociedad de ingenieros en salud pública, en esta conferencia se estableció la necesidad de la creación de una

organización que diera las pautas básicas para el desarrollo de la industria emergente de las tecnologías sin zanja. Aunque este proceso fue frenado por la falta de información y de registros de los proyectos llevados a cabo bajo las nuevas tecnologías, así como la normal resistencia al cambio de los procesos de construcción, la iniciativa de la organización siguió adelante, pues se reconocieron los beneficios al medio ambiente urbano y la disminución de traumatismos sociales causados por los métodos tradicionalmente utilizados.

(AWWA C200. 2012). Las primeras perforaciones horizontales datan de principios de siglo en los estados Unidos y vienen dadas por la necesidad de realizar instalaciones de tuberías bajo infraestructuras ya condicionadas (vías urbanas, carreteras) o de salvar barreras geomorfológicas. Fue a partir de 1950 cuando se difundió su uso, siendo hoy en día una práctica generalizada en toda Europa.

(Ruiz y Gonzales. 2012). La demanda de la instalación de nuevos sistemas de servicios públicos subterráneos en áreas congestionadas con líneas de servicios públicos existentes ha aumentado la necesidad de sistemas innovadores y económicos para ir por debajo y al lado de las instalaciones ya existentes en el lugar. Las preocupaciones ambientales, los costos sociales (indirectos) y nuevos desarrollos en los equipos han aumentado la demanda de este tipo de tecnologías.

(Asociación Ibérica de Tecnología Sin Zanja, 2017). “El método sin zanja, representa un eje principal en el desarrollo de ciudades inteligentes y sostenibles, esto es un claro ejemplo de cómo la investigación permite desarrollar nuevas tecnologías que sean innovadoras y que sean de uso y beneficio de la población en general. Esto será un paso más de la humanidad para poder llegar a la economía verde y lograr detener el impacto negativo que genera el ser humano contra el planeta, pues no solo de debe buscar una economía que mejore la comodidad de las personas si no también que reduzca o mitigue el impacto ambiental y las escaseces ecológicas”.

(Ortega, 2015). Las Tecnologías Sin Zanja, o ‘Trenchless Technology’ en inglés, reducen el tiempo de ejecución de las obras, las molestias a los habitantes

y los costos económicos respecto a los sistemas convencionales que involucra la apertura de zanjas. Las empresas trabajan para conseguir una ‘ciudad sin zanjas’. Hoy día se habla de las Smart Cities, ciudades inteligentes basadas en un desarrollo urbano sostenible. Una de las particularidades de este modelo de ciudad es la realización de inversiones en infraestructuras de energía, telecomunicación y transportes que causen una mejor calidad de vida de los habitantes, un desarrollo económico y ambiental durable y sostenible y un buen aprovechamiento del tiempo de los ciudadanos,

(Barbosa, G. 2013). Este tipo de tecnologías tiene como objetivo la construcción o instalación de redes de tuberías sin generar perforaciones como zanjas. Entre las principales diferencias entre las metodologías actuales es que existen dos divisiones para el caso de la tecnología sin zanja y estas son: (a) método de construcción sin zanja, en este caso se diferencia del método tradicional ya que no es necesario excavar zanjas. Los métodos más representativos son los siguientes: Hincado de tubería (Pipe Jacking - PJ), perforación horizontal con tubo Sin-fin (Horizontal Auger Boring - HAB), perforación dirigida horizontal (Horizontal Directional Drilling - HDD), pipe ramming compaction method y microtunneling o microtuneladoras.

Lubrecht (2012) analiza las ventajas medioambientales de las técnicas PHD usadas en la descontaminación de suelos. Sin embargo, Ariaratnam y Proszek (2006) recuerdan los desorbitantes costes legales por daños a terceros en los que están incurriendo contratistas negligentes, tanto de PHD como de excavación tradicional. Ello obliga a sistemas muy precisos para detectar obstáculos y otras condiciones para evitar accidentes y explosiones (Jaganathan et al., 2011).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Método sin zanja

- Métodos de renovación de instalaciones existentes
 - Fractura de tubería (Pipe Bursting):

. (The International Pipe Bursting Association (IPBA), 2015). La rotura de tuberías se desarrolló por primera vez en el reino unido a fines de la década de 1970 por D.J Ryan & Sons en conjunto con British Gas,

para el remplazo de líneas de gas de hierro fundido de 3 y 4 pulgadas. Este método fue patentado en el Reino Unido en 1981 y en los Estados Unidos en 1986; estas patentes expiraron en abril de 2005. Desde sus inicios la rotura de tuberías se ha convertido en un mercado maduro tanto a nivel internación y América del Norte para el reemplazo de sistemas de alcantarillado principal y secundario.

La fractura de tuberías por tiro con barras o “reventamiento” de las tuberías (pipe bursting) consiste en la instalación de una tubería nueva en el espacio ocupado por el tubo antiguo, el cual se destruye previamente.

(Mínguez Santiago, 2015). Es una tecnología sin zanja, recomendada para casos de líneas de agua potable y gas en suelos sensibles, donde existen otras líneas aledañas subterráneas o edificios colindantes, las dimensiones de la tubería la cual se puede utilizar esta metodología varían entre 80mm y 1000mm.

(The International Pipe Bursting Association (IPBA), 2015). En el método de fractura de tuberías se utiliza una fuerza interna aplicada por una herramienta de ruptura. Al mismo tiempo, se extrae una nueva tubería del mismo o mayor diámetro para reemplazar la tubería existente. El extremo posterior del cabezal de ruptura está conectado a la nueva tubería y el frente está conectado a un cable o varilla de tracción. La nueva tubería y el cabezal de ruptura se lanzan desde el pozo de inserción, y el cable o la varilla de tracción se extrae del pozo receptor. La energía (o fuente de poder) que mueve la herramienta de ruptura hacia adelante para romper la tubería existente proviene de tirar cable, cadena o varillas, potencia hidráulica a la cabeza o potencia neumática a la cabeza, según el diseño del sistema de ruptura. Esta energía (o potencia) se convierte en una fuerza de fractura en la tubería existente rompiéndola y ampliando temporalmente el diámetro de la cavidad. La cabeza que estalla se tira a través de los escombros de la tubería creando un anillo temporal y tirando detrás de ella la nueva tubería desde el hoyo de inserción. La parte delantera o de la nariz del cabezal de ruptura suele tener un diámetro más pequeño que el existente. tubería, para mantener la alineación y asegurar una explosión uniforme. La base del cabezal de ruptura es más grande que el

diámetro interior de la tubería existente a reventar, para fracturarla. También es un poco más grande que el diámetro exterior de la tubería de reemplazo, para reducir la fricción en la nueva tubería y para proporcione espacio para maniobrar la tubería.



Figura 7: Ejemplo de ampliador cónico en fractura de tubería

Nota: Se puede ver un ampliador cónico rompiendo la tubería, mientras se instala la nueva tubería fuente: Mínguez, 2015

- Re entubado (Relining)

(Mínguez Santiago, 2015). El relining consiste en la introducción de tubería nueva dentro de la tubería antigua a sustituir. Se trata de una técnica adecuada para la renovación de conducciones inservibles en ciudades ya que causa mínimos problemas para el tráfico, o para los residentes de la zona, y reduce sustancialmente la obra civil.

La utilización de esta técnica está limitada a conducciones donde pueda disminuirse el diámetro de la tubería existente. Se trata de una técnica cada vez más utilizada.

(Mínguez Santiago, 2015). En la técnica de relining, es imprescindible preparar la tubería antigua con el objetivo de disminuir la fricción en la medida de lo posible. Para ello, previamente se eliminan las incrustaciones de la pared, se cierran las juntas y se aplica un lubricante a la superficie interna. Este proceso se conoce con el nombre de limpieza por lechada química. La lechada química se utiliza para sellar juntas con filtración y grietas circunferenciales así

como pequeños huecos. La lechada química debe inyectarse bajo presión generalmente con la ayuda de un sistema de obturadores después de una evaluación de las juntas o grietas y una limpieza apropiada.

(Echevarría Lucano & Mantilla León, 2019). El proceso de limpieza debe realizarse inmediatamente antes del proceso de aplicación de la lechada y se deben quitar del perímetro interior de la tubería, las arenas u otro tipo de sedimentos y depósitos. La utilización de esta técnica requiere también desviar el flujo del agua residual alrededor del segmento de tubería a ser tratado con lechada, hasta que se cure la misma. Una vez deslizada la nueva tubería, el espacio restante entre ambas tuberías se rellena con material alcalino aislante.

- Revestimiento deslizante continuo (Sliplining)

El sliplining comprende la colocación de una tubería de revestimiento parcial o continuo, dentro de una tubería anfitriona existente. Este método resulta en una reducción importante en la sección transversal de la tubería anfitriona. El espacio anular entre la tubería insertada y la tubería anfitriona se rellena con mortero de cemento.

(Echevarría Lucano & Mantilla León, 2019). Este método se utiliza en la rehabilitación de todo tipo de canalizaciones cuyas dimensiones varían entre 100 y 1700 mm. Poco importa si son canalizaciones de aguas residuales, agua, gas, etc. Mientras se permita la reducción de la sección transversal, y esto no sea un problema. (Echevarría Lucano & Mantilla León, 2019)

Antes de introducir la canalización de Polietileno de alta densidad (PEAD) se realizan dos excavaciones una en el punto de origen y otra en el destino. Todas las canalizaciones, válvulas y uniones de servicio deben ser excavadas y quedar expuestas antes de colocar el revestimiento.

Las secciones de polietileno de alta densidad son soldadas en la superficie o en el agujero de entrada. Es posible realizar canalizaciones de hasta 700 metro de una sola instalación. (Mínguez Santiago, 2015)

- Tubería polimerizada in situ (Cured in a place pipe)

CIPP se puede utilizar para rehabilitar tuberías de agua, gas y efluentes de procesos. Se pueden revestir tuberías circulares de 100-2,700 mm y una variedad de tuberías no circulares, como formas de huevo, ovoides y alcantarillas. El revestimiento con CIPP suspende la tubería durante la instalación y el proceso de reinstalación, por lo que puede ser necesario el bombeo o la provisión de una fuente de suministro alternativa. Las conexiones laterales sobresalientes también deben eliminarse. Es posible que se requieran reparaciones locales cuando la tubería existente esté sustancialmente deformada o dañada. Después del revestimiento, las conexiones de servicio o los laterales se restablecen y la tubería vuelve al servicio, generalmente dentro del mismo día. Las tuberías de agua revestidas deben desinfectarse antes de volver al servicio. Los revestimientos de PCIP de fieltro de poliéster no tejido o tela reforzada con fibra se fabrican para adaptarse a la tubería del anfitrión. Los revestimientos están impregnados con una resina de polímero, que cuando se cura formará un tubo de revestimiento ajustado dentro del tubo anfitrión. El revestimiento puede diseñarse con un grosor suficiente cuando se cura para soportar las cargas impuestas por el agua subterránea externa y la presión interna de servicio, y por el suelo y el tráfico que actúan sobre la tubería.

. ((ICTIS), 2020) . El revestimiento está completamente saturado con poliéster, éster vinílico epoxi o resina de silicato usando vacío, gravedad u otra presión aplicada. La resina incluye un catalizador químico o endurecedor para facilitar el curado. La capa más externa del tubo de revestimiento está recubierta con una película de polímero para proteger el revestimiento durante el manejo y la instalación.

La instalación en dimensiones pequeñas, los tubos flexibles pueden ser colocados mediante aire comprimido, luego los tubos se polimerizarán con vapor, en dimensiones grandes los tubos son colocados desde un andamio situado sobre uno de los registros. Los tubos se introducen en las tuberías

defectuosas con la ayuda de la presión del agua ya que los tubos insertados pueden ingresar con bastante facilidad hasta en codos de 90°.

(Terraigua S.L, 2011). Finalmente, cuando los tubos se encuentran en la posición deseada y ya han sido polimerizados con calor, estos producen una tubería estructuralmente resistente a la abrasión dentro de la vieja tubería además de ofrecer una gran resistencia química con un interior liso que garantiza la menor pérdida de carga de los fluidos.

- Tuberías fundidas (Thermoformed pipe)

((ICTIS), 2020). Se puede instalar una nueva tubería termoplástica en una tubería anfitriona con el diámetro exterior de la nueva tubería ajustada al diámetro interno de la tubería anfitriona. El revestimiento deslizante de tubería de ajuste cerrado es una aplicación ideal para la rehabilitación de tuberías de presión que son relativamente rectas o tienen curvas modestas, y que han mantenido en gran medida su perfil circular. El forro deslizante ajustado es posible gracias a la "memoria" de los materiales termoplásticos. Los materiales termoplásticos cambiarán de forma cuando se aplique fuerza al material mediante la aplicación de compresión o tensión, pero volverán a su forma original cuando se elimine la fuerza externa o se aplique presión interna. Esta propiedad permite que la tubería termoplástica se deforme temporalmente y se arrastre hacia la tubería principal. Cuando la nueva tubería se ha llevado a la posición deseada, se aplica tensión en la tubería o se aplica presión interna y la tubería volverá a su forma original. La versatilidad de las tuberías termoplásticas ha generado el desarrollo de una amplia gama de innovadores sistemas de revestimiento de tuberías ajustadas. Estos sistemas se pueden clasificar en uno de dos tipos de sistemas genéricos, es decir, revestimientos concéntricos de reducción / expansión y revestimientos plegados C. Técnicas Reducción / expansión se pueden subdividir en revestimientos deformados dos categorías de tensión, es decir, la matriz de rodillos y sistemas de troquel estático, y la compresión deforman revestimientos. Las técnicas de deformación

por tensión utilizan una matriz de reducción de rodillos o una matriz estática para reducir el diámetro de la tubería termoplástica. Las técnicas de reducción de tensión se aplican normalmente a tuberías termoplásticas de paredes relativamente gruesas (es decir, estructurales), debido a las fuerzas de procesamiento relativamente altas que imponen sobre la tubería.

Según el autor (Terraigua S.L, 2011): El método de tuberías fundidas llamadas también como “Compact pipe” se instalada de la siguiente manera: Se introduce una tubería circular de Polietileno la cual se dobla longitudinalmente en forma de “C” durante el proceso de extrusión, la sección trasversal de la tubería se ve reducida en un 35% para que pueda ser introducida con facilidad. Una vez dentro de la tubería antigua mediante vapor y debido al efecto “memoria” que presenta el polietileno esta recobra su forma original y mediante aire a presión añadido durante el proceso de enfriamiento la nueva tubería se ajusta a la superficie de la tubería antigua.

2.2.2. Métodos de construcción sin zanja

- Perforación horizontal dirigida (Horizontal Directional Drilling–HDD)

La tecnología de perforación horizontal dirigida (HDD) se originó en la industria del petróleo durante la década de 1970 y ha evolucionado con la incorporación de nuevos procedimientos que se desarrollaron con motivo de la instalación de pozos de agua y en la industria de servicios públicos. Gran parte de la tecnología HDD evolucionó a partir de técnicas de perforación empleados en la década de los 60 para la instalación subterránea de cables y conductos en las zonas urbanas. Los métodos de perforación con zanja o a cielo abierto eran de uso común en esa época para instalar una gran variedad de utilidades. Con el tiempo, el método ha madurado desde su aplicación a servicios públicos relativamente simples hasta la instalación de tuberías de gran diámetro (diámetro de 1m o superiores) o longitudes que rondan 1.5-1.6

km. Estos métodos permiten la instalación de todo tipo de conductos de pequeños y mediano diámetro, sin el riesgo de daños ambientales.

(Asociación Ibérica de tecnologías Sin Zanja, 2013). La perforación horizontal dirigida o HDD por sus siglas en inglés “Horizontal Directional Drilling” es utilizada para instalación de tuberías, cables o conductos sin zanja. Esta técnica permite realizar trazados rectos o gradualmente curvados, así como el ajuste de la cabeza cortadora en cualquier momento de la perforación piloto prevista, frecuentemente es aplicada para obras tales como cruces de grandes ríos, canales, autopistas y alcanzado grandes distancias. Uno de los factores más relevantes es la capacidad de tiro de la máquina, pues mientras mayor sea esta, mayor será el diámetro de la tubería capaz de instalarse y también será un indicativo de la máxima longitud de colocación. Siempre dejando claro que todo esto dependerá de las condiciones del terreno

(Aларcon Rocha, 2014). El proceso general para la instalación de tubería es el siguiente: Inicialmente se debe realizar una perforación piloto acorde con el trazado previsto y para esto se usa un equipo que controla la posición brindando la información necesaria, luego de esto se procede a ensanchar dicha perforación de manera concéntrica y en sentido contrario al empleado en la perforación piloto, según las condiciones del terreno y la tubería a instalar se realiza en por etapas o no.

Este método se utiliza fundamentalmente para la instalación de líneas de comunicación (fibra óptica, cables de datos), líneas eléctricas, gaseoductos, oleoductos y conducciones de agua a presión, así como bajo carreteras, líneas de ferrocarril, laderas empinadas y otros obstáculos.

(Mínguez Santiago, 2015). La perforación horizontal dirigida se define como un sistema orientable utilizando una plataforma de perforación en la superficie. En los comienzos se utilizaban máquinas de poco par y de pocas toneladas de empuje para la instalación de tuberías de pequeño diámetro y de longitudes cortas para el paso de calles, carreteras, y vías férreas. En la actualidad hay máquinas desde 12 toneladas de potencia hasta 500 toneladas. Por lo que se ha convertido en el sistema

de perforación más rápido que existe en el mercado. Además, no daña el medio ambiente y no interfiere en las actividades de la superficie. Mínguez describe el procedimiento de la perforación horizontal dirigida en 2 etapas:

En primer lugar, se realiza un sondeo piloto a lo largo de una trayectoria planificada usando tanto el empuje en la plataforma de perforación, como la rotación de las varillas de perforación para avanzar poco a poco en esa dirección. La perforación piloto se va monitorizando y maniobrando por un detector que va recibiendo la señal por una sonda que se encuentra instalada en un portasonda ubicado en la parte de atrás de la broca. Ésta se va guiando de acuerdo a un diseño realizado con anterioridad, y le da los datos necesarios para realizar el cruce sin afectar ningún servicio público existente en el sitio del cruce. El sondeo piloto se perfora con un diámetro de 2.5 a 12.5 cm a lo largo de la línea central del diseño propuesto.

En la segunda etapa del proceso, tras completarse la perforación piloto, se une un retro- ensanchador o escarificador, al extremo de la sarta de perforación, seguida del tubo flexible o semi- flexible que quiere instalarse. Pueden ser necesarias varias pasadas sucesivas de escarificador o ensanchadores de diferentes tamaños, para instalar la tubería deseada. El tubo se instala a lo largo de una vía que contiene una suspensión de bentonita que se va vertiendo a medida que pasa el retroensanchador. La bentonita actúa como lubricante facilitando el paso de la tubería. Se realiza un seguimiento tanto de la perforación piloto como del proceso de ensanchamiento mediante una sonda de radio que está alojada dentro de la cabeza de perforación. (Mínguez Santiago, 2015).

Según (Reyes Hernandez, Azua Martínez, Nava Cervantes, & Escorcía Guizar, 2009) la perforación horizontal dirigida lleva el siguiente procedimiento:

Perforación guía o piloto: Con el constante control desde la superficie con los sistemas de detección específicos para cada caso, el cabezal direccionable y un varillaje especial; se realiza la perforación guía. Siguiendo en todo momento la traza definida, perforando con los distintos útiles marcados por la geología y realizando el sostenimiento mediante lodos en caso necesario.



Figura 8: Cabezal direccional (Escariador)

Nota: Mantenimiento de escariador, fuente: Propia

Ensanchamiento de diámetro: Una vez realizada la perforación guía con éxito y en sentido contrario, se realiza la operación de recrecimiento de la perforación en las distintas fases necesarias para el diámetro objetivo final, asistido por un perfecto control de los lodos de perforación. Previamente al recrecido final, se dispondrá de toda la longitud de tubería necesaria para la instalación procediéndose en caso necesario a la soldadura de cada uno de sus tramos, por medio de la termofusión.

(Reyes Hernandez, Azua Martínez, Nava Cervantes, & Escorcía Guizar, 2009). Instalación de tubería: Es el último paso, se acopla la tubería justo detrás del ensanchador con un sistema especial anti-giro que permite que, tirando suavemente de la tubería, esta se deslice protegida y sin torsiones sobre la suspensión de lodos que envuelve la perforación. Quedando la tubería instalada sin ningún tipo de rozamiento ni fricción sobre las paredes.



Figura 9: Fin de tiro de tubería

Nota: Equipamiento anti-giro, fin de “tirado” de tubería fuente: Propia

Según Mínguez Santiago (2015): La industria de la perforación horizontal dirigida se divide en tres grandes sectores, perforación de gran diámetro (maxi-HDD), perforación de mediano diámetro (midi-HDD) y perforación de pequeño diámetro (mini-HDD, también llamado perforación guiada). Aunque no existe una diferencia significativa en los mecanismos de funcionamiento entre estos sistemas, los diferentes rangos de aplicación a menudo requieren modificaciones en la configuración del sistema, el modo de eliminación del detritus, y los métodos de control de dirección para lograr una relación óptima coste-eficiencia. Para pequeñas acometidas se utilizan sistemas mini-HD; en ellas el control de la dirección de la cabeza de perforación, se logra gracias al corte en bisel que presenta la propia broca. (Fotografía 9) Las brocas generalmente giran por el par transferido en la sarta de perforación. A presiones medias y con bajo volumen de circulación (3.5-7 L/min) el fluido de perforación se utiliza habitualmente para ayudar en el proceso de perforación mecánica. Hay dos variantes en el uso de los fluidos de perforación: con recirculación del fluido y con suspensión de fluido.

El método que usa recirculación de fluidos implica, en primer lugar, mover el suelo perforado desde el orificio, utilizando un gran volumen de fluido de perforación. Posteriormente se efectúa la limpieza del agujero, y finalmente se rellena el agujero con el lodo. El método de suspensión de fluidos, utiliza solo una pequeña cantidad de fluido, pero mantiene el suelo excavado en suspensión, sin retirarlo del agujero. Teóricamente, la elección entre estas dos metodologías depende de las condiciones del suelo; sin embargo, en la práctica, el método de recirculación de fluidos por lo general se utiliza en los sistemas de maxi-HDD y el método de suspensión de fluido se utiliza ampliamente en sistemas mini-HDD.

En los sistemas maxi-HDD, se utiliza una camisa doblada (una sección ligeramente doblada entre 0,5-1.5 grados con respecto a la varilla de perforación) para desviar el eje del cabezal de corte. En ambos sistemas pequeños y grandes, se puede seguir una trayectoria curva empujando la cabeza de perforación sin girarla, y se puede realizar una perforación recta combinando empuje y par torsor simultáneamente.

Los sistemas Midi-HDD, a menudo, emplean una combinación de métodos de recirculación y suspensión. Para trazados largos se requiere el uso de una bomba de movimiento del lodo en la propia excavación debido a las grandes cantidades de fluido de perforación que son necesarias para proporcionar el par de corte del suelo. Estos grandes volúmenes de líquido actúan como medio de transporte para la eliminación de detritus. La recirculación reduce la presión extra que se produce en la sarta de perforación debida a la cantidad de suelo en suspensión. Para trazados más pequeños y cortos a poca profundidad, no se utiliza una bomba de lodo dentro del pozo y la eliminación de detritus, generalmente, no es necesaria porque el suelo excavado se puede mantener en suspensión con el fluido de perforación.

En lo que respecta a maquinaria de perforación este nos explica lo siguiente:

(Mínguez Santiago, 2015). Hay muchos fabricantes de maquinaria de perforación horizontal dirigida en el mercado ya que hay una gran diferencia de potencia de empuje y de par de rotación entre las máquinas de perforación, desde aquellas que perforan longitudes de 70 metros y 10 centímetros de diámetro a aquellas que permiten realizar distancias superiores a 1Km y de más de 1 metro de diámetro. Las máquinas más pequeñas suelen tener 10 toneladas de potencia de tracción. Las máquinas estándar y más versátiles del mercado suelen tener 50 toneladas, mientras que las de mayores potencias suelen tener 200 toneladas. Es cierto que ya hay fabricantes que construyen máquinas de 400 y 500 toneladas, pero son máquinas prototipos y muy particulares construidas para proyectos en concreto. Habiendo varios fabricantes de este tipo de maquinaria, y distintas potencias de equipos, sin embargo, lo que sí suele ser parecido en todos ellos es que los equipos están montados, sobre tráiler, sobre orugas o por módulos. El sistema modular permite acoplar el equipo con gran rapidez. Suele ser la mejor opción para los equipos de mayor potencia, aquellas superiores 400 toneladas.



Figura 10: Maquinaria de perforación

Nota: Maquinaria de perforación tipo hdd, fuente: Interpresas.net



Figura 11: Maquinaria de perforación

Nota: Maquinaria de perforación (vista frontal) usada en el proyecto PROVISUR,

Fuente: Propia

- Perforación e hincia de tubería por golpeo o apisonamiento (Pipe ramming)

Mínguez Santiago (2015) aquí nos explica que el “pipe ramming” es una técnica de instalación de tuberías sin zanja utilizada para hincar horizontalmente tuberías de hacer de diferentes diámetros. La principal diferencia con respecto a la hincia de tubería normal es que el empuje se realiza mediante un martillo neumático o hidráulico, que golpea el tubo de acero, el cual penetra el suelo sin causar alteración del mismo. Es una extensión del método de perforación percusiva por impacto (Impact moling), que permite instalar tuberías mas grandes en una amplia variedad de condiciones del suelo como se ilustra en la figura N° 12

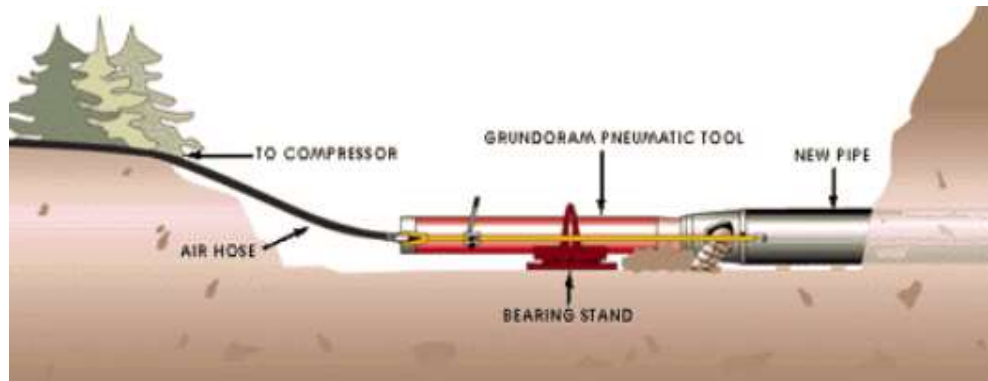


Figura 12: “Pipe ramming”

Nota: Maquinaria usada, Fuente: Internet

El método constructivo es el mismo que se utiliza para la hincada de pilotes vertical con tubos de acero, lo que facilita su manejo para el personal experimentado en pilotaje. Proporciona soporte de la tubería continuamente durante el trazado, sin existir sobreexcavación, y no se requiere de agua durante el proceso. No se presenta excavación mecánica de material desde el frente de la tubería durante el proceso de instalación.

Es importante destacar que se utilizan tubos de acero, ya que por las características de resistencia y ductilidad del mismo resisten y distribuyen mejor las cargas transmitidas por el martillo sin que se dañe la estructura de la tubería.

Se construye una base sólida, típicamente de concreto, en el inicio de la perforación, los rieles que servirán de guía se ajustan a la línea que se excavará y luego se proceden a instalar en la losa. El primer tramo de tubería de acero se coloca sobre los rieles guía y se suelda un perfil cortante en el extremo frontal de la tubería. Se coloca el martillo a percusión pegado en el extremo posterior. El borde de la tubería se asegura con una banda de refuerzo y que también disminuye la cantidad de fricción en los subsiguientes tramos de tubería. Hay una tendencia a que durante el proceso el tubo se desplace ligeramente hacia abajo como resultado de las fuerzas gravitacionales.

La acción del martillo fuerza la tubería dentro del suelo en la cara del pozo a lo largo de la línea establecida por los rieles guía. Cuando una sección de tubería se ha instalado, se quita el martillo y se coloca un nuevo tramo de tubería sobre los rieles guía y se suelda a la tubería ya instalada. El proceso se repite hasta que la tubería líder llega al pozo de salida o recepción. En ese punto el cilindro de suelo dentro de la tubería se remueve mediante la

utilización de aire a propulsión o aire comprimido. Se puede aplicar lubricación en la superficie de la tubería para reducir la fricción externa durante el proceso de instalación.

Una desventaja significativa de este método es que la carcasa de acero requerirá de soldadura, lo que aumenta el tiempo total de trabajo. Esta desventaja se ha abordado en los últimos 15 años por un sistema de unión de tubos de acero entrelazados desarrollados por algunas empresas estadounidenses. Esta junta de conexión preinstalado de alta precisión proporciona una rápida unión de tubo de hacer, muchas veces eliminado la necesidad de soldadura dentro del pozo y el tiempo asociado, lo que aumenta la productividad. Esta tecnología se hace aún más económica si la necesidad de un soldador certificado en un sitio de trabajo se elimina, añade al aumento de la productividad.

Luego también se puede añadir que:

(Leguizamón Galicia, 2015). El pipe ramming traduce hincado de tubería, el cual utiliza martillos hidráulicos que empujan camisas de acero a través del suelo, se utiliza el acero ya que por las características de resistencia y ductilidad resisten y distribuyen mejor las cargas transmitidas por el martillo sin que se altere la estructura de la camisa o tubería de protección. Los martillos poseen una estructura reforzada que garantiza su durabilidad, dentro de la cual se encuentra una masa que se mueve gracias a la inyección de aire dentro de esta; esta masa representa aproximadamente un 60% de la masa total del equipo. Estos martillos se colocan sobre el suelo y en contacto directo con la tubería a hincar, la cantidad de golpes dados por el martillo varía según el diámetro del topo: el más grande (600mm) aplica 177 golpes por minuto, mientras que el más pequeño (100mm) alcanza un promedio de 370 golpes por minuto.

▪ Microtunneling

((ICTIS), 2020). El microtúnel es un método de construcción Trenchless que se utiliza para instalar tuberías debajo de carreteras, ferrocarriles, pistas, puertos, ríos y áreas ambientalmente sensibles. El microtúnel se define como una operación de instalación de tuberías guiada y

controlada de forma remota que proporciona soporte continuo a la superficie de excavación mediante la aplicación de presión mecánica o de fluido para equilibrar las presiones del agua subterránea y la tierra. El soporte en la cara de excavación es una característica clave del microtúnel, que lo distingue del microtúnel de escudo abierto. El microtúnel requiere de pozos de lanzamiento y recepción. Una máquina perforadora de microtúnel es empujada hacia la tierra por gatos hidráulicos montados y alineados en el eje del gato. Este proceso se repite hasta que la máquina llega al pozo de recepción. Una vez finalizado el accionamiento, se recuperan la TBM y el equipo de arrastre y se retira todo el equipo de la tubería. La mayoría de las operaciones de microtúnel incluyen un sistema hidráulico para avanzar junto con la tubería, un sistema de lodo de circuito cerrado para transportar los desechos excavados, un sistema de limpieza de lodo para eliminar el agua de la lechada, un sistema de lubricación para lubricar el exterior de la tubería durante la instalación, un sistema de guía para proporcionar control de línea y pendiente, un sistema de suministro y distribución eléctrica para alimentar equipos, una grúa para elevar secciones de tubería. Las TBM tienen un cabezal de corte giratorio para excavar el material molido, un cono de trituración para triturar partículas más grandes en tamaños más pequeños para el transporte a través de las líneas de lodo, un motor hidráulico o eléctrico para girar el cabezal de corte, una cámara de mezcla de lodo presurizado detrás del cabezal de corte para mantener la estabilidad de la cara, una unidad de dirección articulada con gatos de dirección para correcciones de dirección, varias válvulas de control, medidores de presión, medidores de flujo y un sistema de adquisición de datos. Además, el MTBM tiene cámaras en línea para transmitir información al operador y un sistema de destino para el control de orientación. un sistema de suministro y distribución eléctrica para alimentar equipos, una grúa para elevar secciones de tubería en el eje de elevación y varios camiones y cargadores para transportar el botín fuera del sitio.

(Asociación Ibérica de tecnologías Sin Zanja, 2013). La técnica de tubo de hincado (pipe jacking) y la de microtunelado, incluyendo el microtunelado con tubo piloto, todas hacen parte de una misma familia de técnicas para la instalación de tuberías y su rango de aplicación va desde un diámetro de 120 mm en adelante. Un hincador de tubos, se define como un sistema de instalación de tubos tras un escudo, generalmente tripulado por un operario, el empuje es generado de manera hidráulica desde un pozo de ataque de manera que los tubos formen una tubería continua en el terreno. Estos tubos siempre se diseñan con el objetivo de soportar las fuerzas de empuje generadas por los suelos, así como también para ser ensamblados durante el proceso de instalación, en ocasiones, pueden cumplir la función de camisa para la posterior colocación de tuberías de canalización

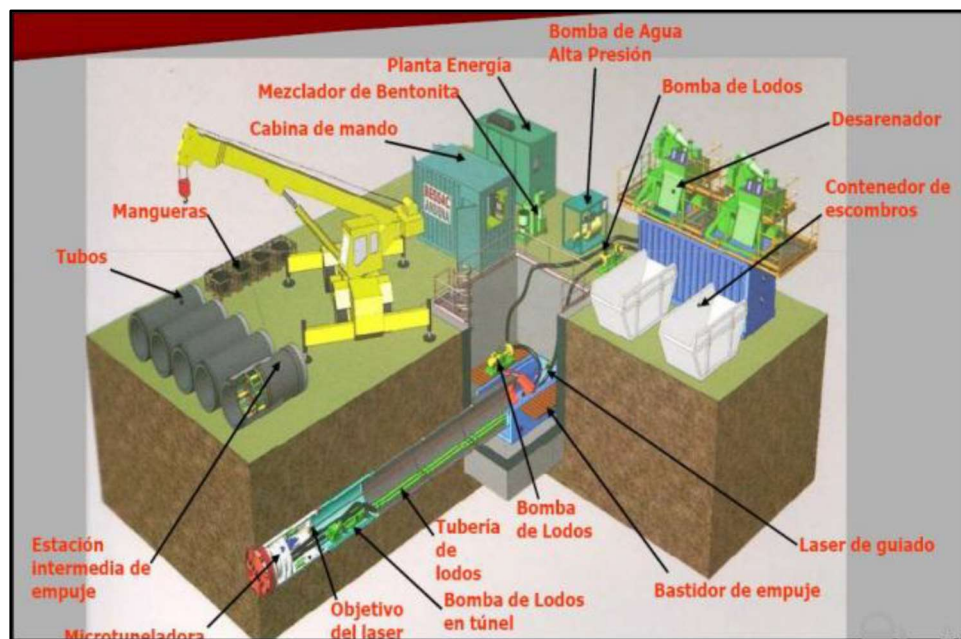


Figura 13: Equipo típico Pipe Jacking o Microtunelado, (Pinzón Abaunza, 2010).

Nota: Tomada de “Evaluación y perspectivas de la utilización de tecnologías sin zanja en redes de alcantarillado de Bogotá”, pg. 38, (Pinzón Abaunza, 2010).

(Pinzón Abaunza, 2010). Por otro lado, las micro tuneladoras se consideran operativas desde el mismo momento en que entran en el pozo de ataque, y si se adiciona la presencia del personal altamente calificado y el conocimiento de la maquinaria, de esta forma se asegura la

obtención de óptimos resultados evitando posibles errores y problemas durante la perforación

(Manual de Tecnologías sin Zanja, 2013). “Microtunelado se caracteriza específicamente por tener un escudo dirigido por control remoto para la instalación de un tubo hincado, con un diámetro interior inferior al que permite el acceso de personas” (Viana Vidal, 2004), esto no se generaliza para todo el planeta, en algunos lugares, los sistemas son guiados desde el exterior por control remoto, incluso cuando los tubos a instalar son de diámetros que permiten el acceso a personas. “Las micro tuneladoras habitualmente emplean un sistema de guiado controlado por láser o por un giroscopio con el propósito de mantener la alineación y la cota de tubería”

“En diámetros que permiten el acceso de personas se pueden emplear técnicas topográficas convencionales. Normalmente pipe jacking y microtunelado son utilizados para tuberías troncales o principales” (Asociación Ibérica de tecnologías Sin Zanja, 2013).

(Viana Vidal, 2004). Al utilizar los sistemas de pipe jacking y microtunelado, generalmente la maquinaria cuenta con bastidores de empuje con gatos hidráulicos (Asociación Ibérica de tecnologías Sin Zanja, 2013), estos están para *proporcionar* mediante varios cilindros hidráulicos la presión requerida por el escudo según cada caso, las características de este, vienen dadas por el tipo de terreno, longitud de instalado, diámetro y tipo de escudo

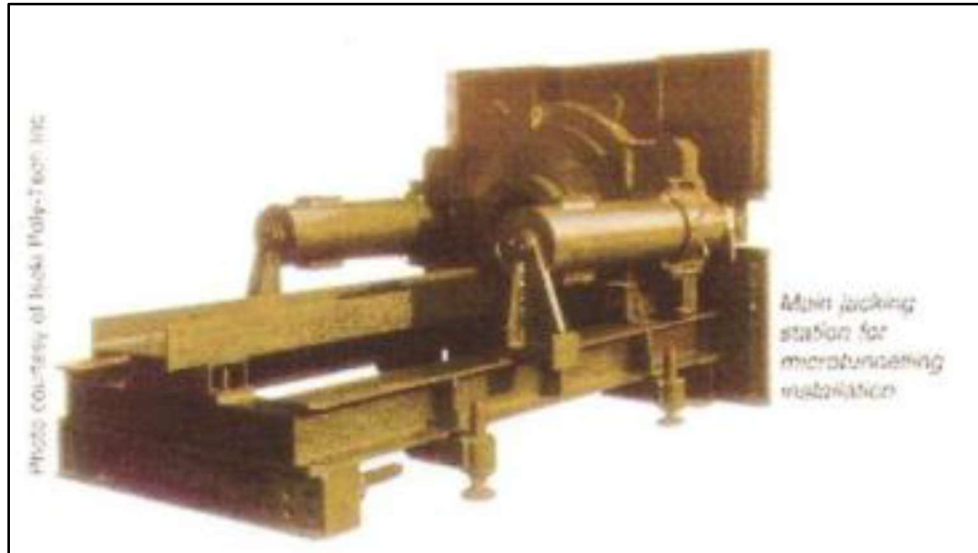


Figura 14: Estación principal para instalación de tubería por microtunelado. (Asociación Ibérica de tecnologías Sin Zanja, 2013)

Nota: Tomada de “Manual de tecnología sin zanja”, pg. 105, (Asociación Ibérica de tecnologías Sin Zanja, 2013).

(Manual de Tecnologías sin Zanja, 2013). Cuando se requiere instalar tuberías con diámetros menores y/o longitudes reducidas, se emplea el microtunelado con tubo piloto, es básicamente una combinación entre un sistema de perforación direccional y un sistema de microtunelado tradicional, en el cual se emplea una barra perforadora para practicar una perforación piloto con una determinada alineación y cota, normalmente monitorizada y controlada mediante un teodolito laser apuntando a una mira situada justo tras la cabeza de perforación. Al finalizar la perforación piloto, se practica una perforación concéntrica empleando un tornillo sin fin para aumentar el diámetro de la perforación y al terminar esta operación, el tubo se empuja a su posición final

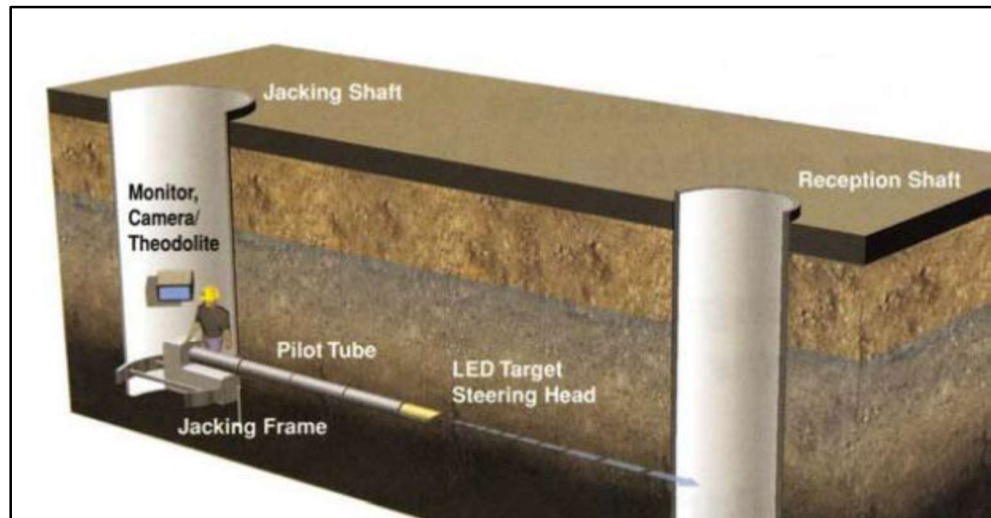


Figura 15: Perforación piloto controlada por teodolito láser, (Haslinger, Gill, & Boschert, 2007)

Nota: Tomada de “Pilot tube microtunneling Project parallels the shore of lake Erie in Toledo Ohio: A case study”, pg 2, (Haslinger, Gill, & Boschert, 2007).

(Mínguez Santiago, 2015). Todos los procesos de microtunelación engloban una MTBM (Micro túnel boring machine), la cual es una combinación entre una cabeza rotatoria y un escudo, incluye un sistema de empuje, un sistema de transporte de detritus, un sistema de control direccional y una tubería, este método es considerado como un proceso de empuje cíclico, no tripulado. Los diámetros de trabajo de este método van desde 25mm hasta 3500mm, siendo el rango más común de trabajo de 600mm hasta 1200mm.

2.2.3. Impacto ambiental

(APS ingenieros consultores, 2017). La evaluación de impactos ambientales es un proceso de análisis que anticipa la potencial ocurrencia tanto de impactos negativos como de impactos positivos de determinadas actividades. Este análisis permite seleccionar las mejores alternativas del proyecto, a fin causar mínimos cambios al ambiente y también de diseñar mecanismos de control para prevenir o mitigar sus efectos adversos o no deseados y potenciar aquellos que serían beneficiosos, por lo tanto, evaluar el impacto ambiental de los proyectos significa analizarlos desde una perspectiva integral.

El impacto ambiental es un cambio o una alteración en el medio ambiente, siendo una causa o un efecto debido a la actividad y a la intervención humana. Este impacto puede ser positivo o negativo, el negativo representa una ruptura en el equilibrio ecológico, causando graves daños y perjuicios en el medio ambiente, así como en la salud de las personas y demás seres vivos. Al igual que otros campos, esta se tiene que evaluar para reducir las consecuencias negativas provocadas por el desarrollo de actividades, y para contribuir al desarrollo sustentable.

2.2.4. Contaminación

(Apaza Velasquez, 2015). La contaminación es un cambio indeseable en las características físicas, químicas biológicas de nuestro aire, nuestra tierra y nuestra agua que puede afectar o afecta a la vida humana o de especies deseables; que puede agotar y deteriorar nuestros recursos de materias primas. Contaminantes son residuos de las cosas que aemos, usamos o desechos. La contaminación aumenta no solo porque al aumentar la población se hace menor el espacio a disposición de cada persona, sino también porque las demandas por persona están aumentando continuamente, de modo que cada una arroja la basura cada vez más, año tras año.

Según Nicole Roldan (2019 p.1) “La contaminación es la presencia de elementos o sustancias que son nocivas para la salud humana o para la vida en general. Puede afectar al agua, la tierra, el aire u otros componentes del medio en el que viven seres humanos u otros organismos”. Esta se puede dividir en tres ramas, contaminación del aire, contaminación del suelo y del agua.

“La contaminación ambiental se produce cuando se altera el medio ambiente con los residuos de las actividades humanas, tanto de origen industrial como doméstico. La contaminación es uno de los problemas fundamentales de la humanidad.” (Apaza Lizbeth, 2015 p.28)

Según Ruiz Elmer (2013 p. 9) se puede clasificar de acuerdo a:

- a. Origen:

- i. Impacto ambiental provocado por la contaminación: Todos los proyectos que producen algún residuo
 - ii. Impacto ambiental provocado por la ocupación del territorio: Al ocupar se modifican las condiciones naturales del territorio.
- b. Atributos:
- i. Positivo o negativo: Impacto ambiental se mide en términos del efecto resultante en el ambiente
 - ii. Directo o indirecto: Es causado por alguna acción del proyecto
 - iii. Acumulativo: Es la suma de los impactos ocurridos en el pasado y los que están ocurriendo en el presente.
 - iv. Sinérgico: Cuando el efecto conjunto de impactos singulares supone una incidencia mayor que la suma de impactos ambientales.
 - v. Residual: Si el impacto ambiental persiste después de la aplicación de medidas de mitigación
 - vi. Temporal o permanente: Es por un período determinado o es definitivo
 - vii. Reversible o irreversible: Depende de la posibilidad de regresar a las condiciones originales.
 - viii. Continuo o Periódico: Depende del período en que se manifiesta.

○ Contaminación del aire

La contaminación del aire se ha definido como la condición de la atmósfera que ocurre posterior a la emisión en ella de sustancias que alteran su estado natural y que dañan al medio ambiente y a la salud humana.

Se puede dividir según la fuente emisora (Nilda Hilario, 2017):

-Fuente Fija: Son fuentes estacionarias, grandes, que se caracterizan por emitir grandes cantidades de contaminantes, ejemplo los volcanes.

-Fuente de Área: Son fuentes pequeñas pero numerosas, son emisoras significativas de contaminadas del aire dependiendo de la cantidad, ejemplo las fabricas

-Fuente móvil: es toda fuente que circulan por calles, carretes o tráfico aéreo, en esta se encuentra los vehículos, aviones y maquinaria.

- Contaminación del suelo

(Silva y Correa, 2009). El suelo es un componente esencial del ambiente en el que se desarrolla la vida; es vulnerable, de difícil y larga recuperación (tarda desde miles a cientos de miles de años en formarse) y de extensión limitada, por lo que se considera un recurso natural no renovable

“El suelo es el fundamento de los ecosistemas terrestres, sustento no solamente de las coberturas vegetales que hacen posible la vida sobre el planeta, sino base fundamental de la producción de alimentos en el mundo” (Villarreal et al., 2012).

(Gonzales, 2005). El suelo es un recurso vital y en gran parte no renovable que está sometida a una presión cada vez mayor a nivel mundial la erosión es el principal problema medio ambiental que afecta a nuestro ambiente. La erosión es un fenómeno geológico natural causado por el desprendimiento de partículas del suelo a causa del agua o del viento que la depositan en otro lugar. Esta originado por la combinación de la pendiente pronunciadas, del clima

Por tanto, la contaminación del suelo consiste en la introducción de elementos extraños al sistema suelo o la existencia de un nivel inusual de uno propio que, por sí mismo o por su efecto sobre los restantes componentes, genera un efecto nocivo para los organismos del suelo, sus consumidores, o es susceptible de transmitirse a otros sistemas

(Martínez Sánchez, 2005). La contaminación se divide en local y difusa, se plantea que la contaminación local (o puntual) va unida generalmente a actividades económicas como la minería, las instalaciones industriales y los vertederos. En la minería los principales riesgos

están relacionados con el almacenamiento de lodos, la generación de aguas ácidas de mina y el uso de ciertos reactivos químicos. Asimismo, el vertido de residuos constituye otra actividad potencialmente contaminante; en estos lugares, los lixiviados pueden afectar al suelo circundante y al sustrato geológico para, posteriormente, pasar a las aguas subterráneas o de superficie. Ahora bien, la contaminación difusa es causada generalmente por el transporte de sustancias contaminantes, tanto solubles como particuladas, a lo largo de amplias zonas con frecuencia alejadas de la fuente de origen. Este tipo de contaminación está más relacionado con la deposición atmosférica, determinadas prácticas agrícolas y el tratamiento y reciclaje inadecuado de los lodos de depuración y aguas residuales

- Contaminación del agua

(Knauth, 2005). El agua es el recurso que más abunda en la Tierra y es la única que se encuentra en la tierra en estado sólido, líquido, y gaseoso. Existen varios tipos de clasificaciones de aguas según su concentración de salinidad desde agua dulce, salobre a salada. La composición del agua del mar varía según sea su origen o según las características marinas, presentándose con una mayor concentración de sales en lugares cálidos y con poca renovación como ocurre en el Mediterráneo. El agua de mar sirve de hábitat a infinidad de seres vivos, el volumen más importante de biomasa lo compone el plancton, constituido fundamentalmente por algas (fitoplancton) y animales microscópicos

(UNESCO, 2009). El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre. Se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96,5% del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74%, los depósitos subterráneos (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales suponen el 1,72% y el restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos. El agua es un elemento común

del sistema solar, hecho confirmado en 5 descubrimientos recientes. Puede ser encontrada, principalmente, en forma de hielo; de hecho, es el material base de los cometas y el vapor que compone sus colas.

Fuente:

(Minam, 2016 p. 16). La contaminación del agua es la acumulación de sustancias tóxicas y derrame de fluidos en un sistema hídrico (río, mar, cuenca, etc.) alterando la calidad del agua. Las sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un curso de agua, al ser excedidos causan o pueden causar daños a la salud, y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente

Según Mariano López (2011 p5) se tiene tipos de Contaminación atendiendo al modo en el que la contaminación se produce, podemos distinguir entre contaminación difusa y contaminación puntual:

-Puntual: Es producida por un foco emisor determinado afectando a una zona concreta, lo que permite una mejor difusión del vertido. Su detección y su control son relativamente sencillos. Un ejemplo de contaminación puntual sería el vertido de aguas residuales industriales o domésticas.

-Difusa Su origen no está claramente definido, aparece en zonas amplias en las que coexisten múltiples focos de emisión, lo que dificulta el estudio de los contaminantes y su control individual. Pueden producirse posibles interacciones que agraven el problema. Principalmente correspondería a la contaminación natural.

Origen de la Contaminación en función del origen del vertido, también existen diferentes tipos de contaminación de aguas, según Mariano López (2011 p5):

-Natural: La contaminación natural consiste en la presencia de determinadas sustancias en el agua sin que intervenga la acción humana, estas sustancias pueden tener procedencias muy diversas: partículas sólidas y gases atmosféricos arrastrados por las gotas de lluvia y aguas del deshielo; pólenes, esporas, hojas secas y otros residuos vegetales, y excrementos de peces y aves acuáticas. Todos estos residuos naturales sufren una serie de procesos químicos y biológicos que forman parte de la capacidad autodepuradora del agua y en su mayoría son eliminados. Normalmente estas emisiones escapan

al control humano y su importancia se registra a nivel global mayoritariamente.

-Antropogénico: Desde el punto de vista regional representan la mayor fuente de contaminación. Cuantitativamente son menores que las naturales, pero sus efectos se multiplican porque sus efluentes se localizan en áreas reducidas, que a su vez son las que mayor cantidad de población tienen, y además, porque sus emisiones son más intensas. Existe un gran número de fuentes de contaminación de origen antropogénico:

-Urbano o doméstico: La contaminación de origen urbano es el resultado del uso del agua en viviendas, actividades comerciales y de servicios, lo que genera aguas residuales, que son devueltas al receptor con contenidos de residuos fecales (con alta carga biológica), desechos de alimentos (grasas, restos, etc.), y en la actualidad con un importante incremento de productos químicos (lejías, detergentes, cosméticos, etc.).

También se tiene que hablar del tema de vulnerabilidad sobre los acuíferos, en cuanto al significado de vulnerabilidad, existen diversas definiciones. Una de ellas define que la vulnerabilidad de las aguas subterráneas es una propiedad intrínseca de un sistema acuífero que depende de la capacidad del sistema para resistir a los impactos humanos y naturales. (AIH-GE, 1998 p.431) en este también se muestra dos tipos de vulnerabilidades:

- Vulnerabilidad intrínseca o natural: Representa las propiedades naturales del terreno, y no considera las propiedades de los contaminantes particulares.
- Vulnerabilidad específica. Evalúa contaminantes concretos o grupos que se comportan de igual o similar forma.

2.2.5. Impacto ambiental

- Impacto ambiental hacia el aire

La contaminación es la presencia en el aire de olores desagradables y de materiales nocivos, en cantidades lo suficiente grandes como para producir efectos nocivos en la salud, la ecología y la infraestructura. La contaminación no es un problema es más bien un conjunto de problemas relacionados entre

sí, con efectos también diversos, el cual varía de acuerdo al tiempo de exposición al aire contaminado, siendo este el que determina su efecto nocivo por lo que cuando se habla de los agentes o materiales contaminantes se debe mencionar la cantidad y tiempo para evaluar sus efectos. Así mismo la contaminación es propagada o dispersada por la circulación de las masas de aire, los cuales son arrastrados por los vientos a grandes distancias. (De Nevers, 1998, como se citó en De la Cruz, 2015).

Los contaminantes son emitidos a la atmósfera, siendo en estas arreadas, diluidos y/o modificados química o físicamente en la atmósfera, llegando hasta los receptores en donde dañan la salud, los bienes, etc. Algunos de los contaminantes son extraídos de la atmósfera por los procesos naturales de modo que nunca ocasionan daño. (De Nevers, 1998, como se citó en De la Cruz, 2015).

Las sustancias contaminantes, que pueden ser descargadas de diferentes fuentes, se diluyen en la atmósfera y pueden pasar por una gran variedad de procesos físicos y químicos. También pueden ser transportadas a zonas diferentes de aquellas donde se han emitido, y finalmente, pueden retornar a la tierra a través de la lluvia o por deposición seca, donde entran en contacto con los receptores, que pueden ser a la vez personas, animales, plantas, mantos acuíferos, el suelo, etc. Estos receptores son los que en última instancia sienten los efectos de la calidad del aire con el que están en contacto. En la figura 3 se observa en forma esquemática el ciclo completo por el que pasan los contaminantes en la atmósfera (CEPIS y OMS, 1999, como se citó en Hilario, 2017).

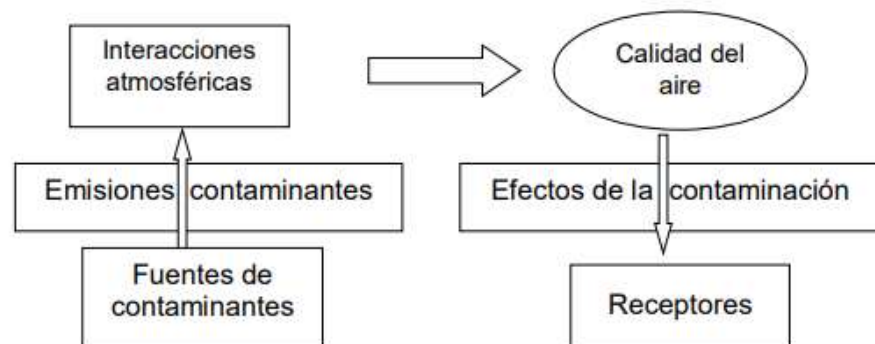


Figura 16: Ciclo de contaminantes de la atmósfera (CEPIS y OMS, 1999, como se citó en Hilario, 2017).

- Impacto ambiental hacia el suelo

(Silva Arroyave & Correa Restrepo, 2009). Las actividades económicas, especialmente la agricultura, están haciendo un uso cada vez más intensivo del suelo, empleando insumos como plaguicidas y fertilizantes, con el fin de obtener alimentos y materias primas para la elaboración de sustancias químicas, como biocombustibles. Igualmente, otras actividades productivas también usan de manera intensiva este recurso, situación que está conduciendo a una degradación creciente del suelo, así como a una pérdida irre recuperable del mismo. El uso inadecuado de este recurso trae como consecuencia la imposibilidad de hacer un uso óptimo del suelo en la agricultura, la ganadería, la recreación, etc. Por tal razón, es necesario crear políticas públicas y estrategias de regulación, que permitan disminuir el impacto ambiental negativo que se produce sobre el suelo (consecuencia de diversas actividades que se llevan a cabo en los procesos productivos de la industria y demás sectores económicos), y generar una conciencia sobre la importancia de conservar los recursos naturales presentes en el medio.

- Impacto ambiental hacia el agua

Según Naciones Unidas (UNESCO, 2020), para 2025, casi 2.000 millones de personas estarán viviendo en países o regiones con una absoluta escasez de agua potable. Entonces aquel escenario en donde uno se levantaba, iba al baño y se lavaba cómodamente la cara ya no será un hecho dado.

Las consecuencias de la contaminación del agua serían, la desaparición de biodiversidad y ecosistemas acuáticos, se suman a la lista de las consecuencias de la contaminación. Y claro, también hay un largo capítulo para las enfermedades que produce el consumo de agua en mal estado, ya sea por tomarla o usarla: desde diarreas hasta cólera, hepatitis A, disentería, poliomielitis, fiebre tifoidea, malformaciones, esterilidad y distintos tipos de cánceres, entre otras dolencias.

2.2.6. Mitigación ambiental

En general la mitigación ambiental tiene el mismo concepto alrededor del mundo, como define la UCP y PFE,

Las medidas de mitigación ambiental, constituyen el conjunto de acciones de prevención, control, atenuación, restauración y compensación de impactos ambientales negativos que deben acompañar el desarrollo de un Proyecto, a fin de asegurar el uso sostenible de los recursos naturales involucrados y la protección del medio ambiente.

En esta también se describen ciertas recomendaciones.

- Incorporar a la construcción y operación todos los aspectos normativos, reglamentarios y procesales establecidos por la legislación vigente, en las distintas escalas, relativos a la protección del ambiente; a la autorización y coordinación de cruces e interrupciones con diversos elementos de infraestructura; al establecimiento de obradores; etc.
- Proveer capacitación de los niveles con capacidad ejecutiva de organismos públicos y privados y de empresarios en los aspectos específicamente ambientales.
- Elaborar un programa de actividades constructivas y de coordinación que minimice los efectos ambientales indeseados. Esto resulta particularmente relevante en relación con la planificación de obradores, secuencias constructivas, técnicas de excavación y construcción, conexión con cañerías existentes, etc.
- Planificar una adecuada información y capacitación del personal sobre los problemas ambientales esperados, la implementación y control de medidas de protección ambiental y las normativas y reglamentaciones ambientales aplicables a las actividades y sitios de construcción.
- Planificar la necesidad de asignar responsabilidades específicas al personal en relación con la implementación, operación, monitoreo y control de las medidas de mitigación.

- Planificar una eficiente y apropiada implementación de mecanismos de comunicación social que permita establecer un contacto efectivo con todas las partes afectadas o interesadas respecto de los planes y acciones a desarrollar durante la construcción y operación del Proyecto.
- Elaborar planes de contingencia para situaciones de emergencia (por ejemplo, derrames de combustible y aceite de maquinaria durante la construcción, etc.) que puedan ocurrir y tener consecuencias ambientales significativas.
- Planificar los mecanismos a instrumentar para la coordinación y consenso de los programas de mitigación con los organismos públicos competentes

Además de esto Vera José (2015 p. 131) indica que se tiene que seguir cuatro pasos importantes necesarios para la protección ambiental, las cuales se aplican en diferentes etapas o momentos de la generación del impacto ambiental:

- Medidas de prevención en estricto (Prevenir o evitar). Medidas o acciones orientadas a prevenir o evitar impactos sobre el ambiente, o anular las causas potenciales de los impactos negativos sobre el ambiente.
- Medidas de mitigación. Medidas o acciones orientadas a atenuar o minimizar los impactos negativos que un proyecto haya generado sobre el ambiente.
- Medidas de recuperación o restauración. Medidas y acciones orientadas a restablecer el ambiente impactado negativamente, en forma total o parcial, a un estado similar al existente antes del deterioro o afectación
- Medidas de compensación: Medidas y acciones orientadas a sustituir una situación negativa mediante beneficios ambientales de igual valor o función del bien ambiental irrecuperable.

Se representa mejor en la siguiente figura:

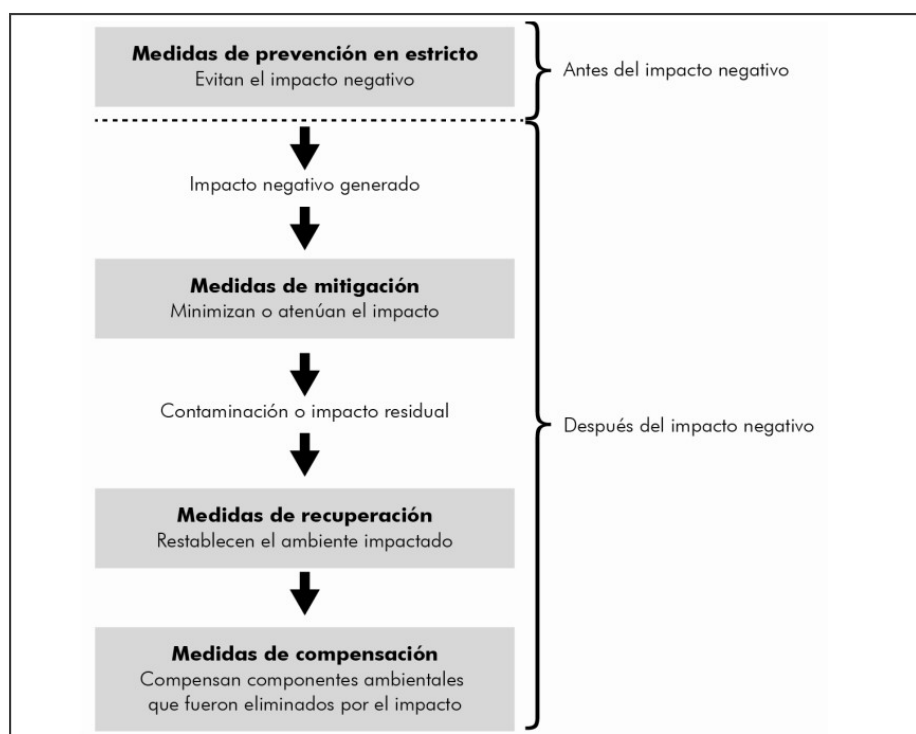


Figura 17: Herramientas de protección ambiental, Fuente: Vera José, 2015

○ Mitigación ambiental hacia el aire

La mitigación del aire es una de las más complicadas, debido al poco control que se tiene sobre esta, sin embargo, hay ciertas maneras de reducir el impacto ambiental que tendrá una obra sobre este medio. Como se puede observar en la siguiente tabla se da una cierta clase de recomendaciones en el tema de mitigación:

IMPACTO NEGATIVOS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
IMPACTO DIRECTOS	
CONTAMINACIÓN DEL AIRE	
La carga de desperdicios que se dejan en recipientes comunales estacionarios produce polvos.	Reducir al mínimo la manipulación adicional y aumentar al máximo la capacidad en la medida de lo posible.
Producción de polvo y residuos en las rutas seguidas por los vehículos de recolección de residuos.	Suministrar vehículos cerrados para la recolección de residuos o lonas para cubrir los vehículos abiertos
Producción de polvo a causa de las operaciones de descarga en las estaciones de transferencia.	Cubrir los puntos de carga y descarga, ventilar y filtrar el aire.
Producción de polvo en las operaciones de descarga y distribución/ clasificación en los puntos de evacuación.	Establecer un cinturón de salvaguardia en torno del vaciadero. Pavimentar los caminos de acceso. Diseñar la ubicación del frente de la labor para minimizar el tráfico de camiones. Rocíar con agua los lugares de trabajo para suprimir el polvo.
La quema a cielo abierto de desperdicios no recogidos produce humos.	Prestar un servicio integral de recolección de residuos en el medio urbano.
Producción de humos por la quema a cielo abierto de los residuos en los vaciaderos.	Distribuir y compactar los desperdicios que se retiren, cubriéndolos diariamente con tierra, e instalar sistemas de control de gases.
Producción de olores en los vaciaderos.	Ídem anterior.
Producción de olores en los sistemas de elaboración de fertilizantes orgánicos.	Mantener condiciones aeróbicas durante la operación de elaboración de fertilizantes orgánicos.
Contaminación atmosférica debido a la actividad de incineradores o plantas de recuperación de recursos.	Establecer sistemas de control para evitar la contaminación atmosférica.

Figura 18: Medidas de mitigación hacia el aire. Fuente: Nick Taylor, 2013

Y entre las medidas preventivas podemos recalcar.

- Entre las medidas preventivas podemos destacar:
- Desarrollo de programas de vigilancia y control de la calidad del aire.
- Planificación de usos del suelo (planes de ordenación del territorio) buscando los lugares idóneos para el establecimiento de industrias (considerando factores meteorológicos, geográficos, etc.) en los que los efectos sobre los seres humanos y el medio ambiente sean mínimos.
- Realización de estudios de impacto ambiental previos al desarrollo de cualquier proyecto potencialmente contaminante.
- Empleo de tecnologías de baja o nula emisión de residuos.
- Programas I+D (investigación y desarrollo) relacionados con la búsqueda de fuentes de energía alternativas que sean menos contaminantes.
- Fomento del uso de energías alternativas.
- Cambios y correcciones en los procesos industriales para reducir al mínimo el efecto de sus emisiones.
- Creación de cinturones verdes en torno a las grandes poblaciones urbanas.
- Elaboración de planes de educación y de concienciación ciudadana.

- Las medidas correctoras están relacionadas con la depuración del aire contaminado y las estrategias de dispersión.

- o Mitigación ambiental hacia el suelo

(Silva Arroyave & Correa Restrepo, 2009). Una estrategia para regular permanentemente las actividades económicas de las empresas, en cuanto a la generación de impactos ambientales negativos sobre el suelo, es el uso de instrumentos económicos que puedan incentivar a los agentes económicos para que inviertan en la protección y conservación de los recursos naturales. De igual forma, la implementación de estos mecanismos económicos permitirá demostrar el valor del recurso suelo como proveedor de bienes y servicios ambientales, para que de esta manera pueda ser integrado en los estados de resultados de las empresas.

2.3. Definición de términos

- o Emisor submarino:

Según Pascual A. (2013) Es definido como una tubería que transporta caudal a verter hasta el punto que, por sus características de profundidad (Pendiente del fondo, corriente, hidrografía, etc.), asegura una dilución suficiente en cualquier situación, de modo que la carga orgánica y contaminante resultante de su vertido no provoque daños sanitarios y/o ecológicos a los ecosistemas marinos y terrestres, ni a las poblaciones costeras circundantes, ni a las playas de recreación pública, ni a la industria pesquera.

- o Análisis de riesgo:

Según Lucio E. (2009) es identificar de manera sistemática los riesgos y peligros a los que se enfrentan las comunidades y las personas que laboran en las industrias y diseñar procedimientos de trabajo para sistematizar las actividades cotidianas

- o Aspecto Ambiental:

Según Uscuchagua. M (2016) “Este proceso se vincula con la identificación, la predicción y la evaluación de impactos relevantes, beneficiosos o adversos. Debe contar necesariamente con una orientación de tipo procesal, multidisciplinaria e interactiva, alcanzando de esta manera una mejor comprensión de las relaciones existentes entre lo ecológico, lo social, lo económico y lo político”

- Compensación:

Según Castillo C. (2013) se define como evitar y mitigar fragmentación de hábitat, evitar el atropellamiento de la fauna, incrementar la recolonización e intercambio genético y recuperación de estructura poblacional de especies amenazadas, migratorias y endémicas, y conservar y recuperar la conectividad en el paisaje y procesos los ecológicos.

- Estudio de Impacto Ambiental:

Según Uscuchagua. M (2016) “es un proceso destinado a mejorar el sistema de toma de decisiones públicas, y orientado a resguardar que las opciones de proyectos, programas o políticas en consideración, sean ambientales o socialmente sustentables”

- Gestión Ambiental:

Tiene como elementos funcionales a la política ambiental, y una serie de herramientas que se reflejan en el desarrollo sostenible de las obras como son los objetivos, estrategias, responsabilidades, programas de seguimiento, auditorías y retroalimentación de las políticas ambientales. Oré V. (2016)

- Impacto Ambiental:

“La contaminación ambiental se produce cuando se altera el medio ambiente con los residuos de las actividades humanas, tanto de origen industrial como doméstico. La contaminación es uno de los problemas fundamentales de la humanidad.” (Apaza Lizbeth, 2015 p.28)

- Indicador de Impacto Ambiental:

El término indicador ambiental se puede definir de diferentes maneras. Se pueden describir como “medidas físicas, químicas, biológicas o socioeconómicas que mejor representan los elementos clave de un ecosistema o de un tema ambiental”. Otra definición de indicador podría ser “una medida directa o indirecta de la calidad ambiental que se puede usar para evaluar el estado y las tendencias en la capacidad del medio ambiente para apoyar la salud humana y ecológica (Lone Pedro, 2016)

- Índice Ambiental:

La definición que se le puede dar, para entender más el problema, es “El impacto ambiental es la consecuencia generada por el aspecto ambiental” (Quispe María, 2019, p. 5). Y también se observa que existen dos tipos de impacto ambiental, uno de entrada y otro de salida, para entender mejor esto se describe un ejemplo: “A modo de ilustración, en el caso de lavar la ropa empelando una lavadora, el impacto ambiental de entrada sería el agotamiento del recurso hídrico (agua) y como impacto ambiental de salida es la contaminación del agua por la presencia de agua con detergentes en el lavado. Nos enfocaremos más en el impacto ambiental de salida, como es la mitigación” (Quispe María, 2019 p.5)

- Mitigación:

La gestión ambiental tiene como objetivos prioritarios prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental. Cuando no sea posible eliminar las causas que la generan, se adoptan medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación, que correspondan.” (Vera José, 2015 p. 130)

- Medio Ambiente:

Según Mendoza I. (2014) se considera el medio ambiente como “los procesos y comportamientos de los seres bióticos, en particular el hombre, quienes determinan las características y evolución del medio natural.”

- Monitoreo:

En la tesis Monitoreo ambiental participativo y ciencia Ciudadana en el Lago Panguipulli (2013) se define como “el aumento o a la disminución del medio

ambiente, provocadas por la perturbación humana, variaciones climáticas o eventos naturales impredecibles” también en ella se describe que el monitoreo ambiental es efectuado en su mayoría por organismos gubernamentales.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis principal

“Al estudiar los procesos constructivos de la perforación horizontal dirigida del Emisor submarino del proyecto Planta de tratamiento de aguas residuales de Pachacutec se reconocerán las medidas para la mitigación del impacto ambiental.”

3.1.2. Hipótesis secundarias

- a) Al estudiar el trabajo de perforación se reconocerán las medidas de mitigación contra la contaminación de residuos sólidos.
- b) Al estudiar el trabajo de halado de tubería se reconocerán las medidas de mitigación contra el gasto energético.

3.2. Variables

3.2.1. Definición conceptual de las variables

- Variable Independiente:

Proceso constructivo de la perforación Horizontal Dirigida

Esta variable es independiente o manipulada debido a que no está sujeta a otra variable en particular, actúa bajo estudio y puede ser modificada a voluntad para la investigación

- Variable dependiente:

Impacto ambiental

El impacto ambiental será la variable controlada, ya que el resultado de esta varía con respecto a los procesos constructivos usados en la perforación horizontal dirigida.

3.2.2. Operacionalización de las variables

- Variable Independiente

- Dimensiones:

- a) Trabajo de perforación: Es la acción en la cual se realiza mediante maquinaria especializada una perforación si la necesidad de excavar una zanja.

Indicadores:

- Longitud de tramo
- Perforado (m)
- Control de bentonita

- b) Trabajo de alado de tubería: Es la acción realizada luego de la perforación con la cual se ensancha el orificio perforado

Indicadores:

- Longitud de tramo
- Perforado (m)
- Control de bentonita

➤ Variable Dependiente

○ Dimensiones:

- a) Contaminación de residuos sólidos: Al realizar los trabajos se utilizan diferentes materiales aditivos para que la perforación sea lo más sencilla posible, entre estas está la bentonita.

Indicadores:

- Peso de residuos (ton)
- Bolsas usadas de bentonita (bol)

- b) Gasto Energético: Es el gasto tanto por energía eléctrica como por energía de combustibles fósiles.

Indicadores:

- Rendimiento de petróleo (gal/hora)
- Energía utilizada (Kv)

3.3. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA: ESTUDIO DE LA PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA PARA LA MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE PACHACÚTEC, VENTANILLA DURANTE EL PERIODO 2020

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE, DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p>1) Problema Principal ¿De qué manera los procesos constructivos de la perforación horizontal dirigida del Emisario submarino del proyecto Planta de tratamiento de aguas residuales de Pachacútec permitirán reconocer las medidas de mitigación del impacto ambiental</p>	<p>1) Objetivo general Estudiar los procesos constructivos de la perforación horizontal dirigida del Emisor submarino del proyecto Planta de tratamiento de aguas residuales de Pachacútec con la finalidad de reconocer las medidas de mitigación del impacto ambiental.</p>	<p>1) Hipótesis principal "Al estudiar los procesos constructivos de la perforación horizontal dirigida del Emisor submarino del proyecto Planta de tratamiento de aguas residuales de Pachacútec se reconocerán las medidas para la mitigación del impacto ambiental."</p>	<p>1) Variable Independiente: Proceso constructivo de la perforación Horizontal Dirigida 1.1) Dimensiones: a) Trabajo de perforación: Es la acción en la cual se realiza mediante maquinaria especializada una perforación si la necesidad de excavar una zanja. Indicadores: - Longitud de tramo - Perforado (m) - Control de bentonita b) Trabajo de alado de tubería: Es la acción realizada luego de la perforación con la cual se ensancha el orificio perforado Indicadores: - Longitud de tramo - Perforado (m) - Control de bentonita</p>	<p>Diseño: El diseño de la investigación es de tipo experimental ya que se tiene el manejo de la variable independiente.</p> <p>Método: El método de investigación es deductivo ya que vamos a utilizar la lógica, razonamiento y observación para dar una conclusión</p> <p>Tipo: El tipo de la investigación es descriptivo debido a que vamos a estudiar los procesos constructivos usados en una perforación horizontal dirigida.</p> <p>Orientación: Tecnológica, el sistema de perforación a usar es nuevo en el Perú.</p>
<p>2) Problemas específicos a) ¿Estudiar el trabajo de perforación permitirá reconocer las medidas para mitigar la contaminación por residuos sólidos? b) ¿Estudiar el trabajo de halado de tubería permitirá a reconocer las medidas para mitigar el gasto energético?</p>	<p>2) Objetivo específico a) Analizar el trabajo de perforación con la finalidad de reconocer las medidas de mitigación de contaminación por residuos sólidos. b) Analizar el trabajo de halado de tubería con la finalidad de reconocer las medidas de mitigación del gasto energético.</p>	<p>2) Hipótesis secundarias a) Al estudiar el trabajo de perforación se reconocerán las medidas de mitigación contra la contaminación de residuos sólidos. b) Al estudiar el trabajo de halado de tubería se reconocerán las medidas de mitigación contra el gasto energético.</p>	<p>2) Variable dependiente: Impacto ambiental 2.2) Dimensiones: a) Contaminación de residuos sólidos: Al realizar los trabajos se utilizan diferentes materiales aditivos para que la perforación sea lo más sencilla posible, entre estas está la bentonita. Indicadores: - Peso de residuos (ton) - Bolsas usadas de bentonita (bol) b) Gasto Energético: Es el gasto tanto por energía eléctrica como por energía de combustibles fósiles. Indicadores: - Rendimiento de petróleo (gal/hora) - Energía utilizada (Kv)</p>	<p>Enfoque: Cuantitativo, la técnica de recolección de datos será mediante el análisis de documentos y registros que obtendremos de sitios web confiables y oficiales, así como sitios gubernamentales y especificaciones técnicas aprobadas.</p> <p>Nivel: Exploratorio, a pesar de ser una técnica conocida a nivel mundial, será la primera vez que se use en el Perú</p>

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo y Nivel

El tipo de investigación, según su finalidad es descriptivo debido a que se estudia los procesos constructivos usados en una perforación horizontal dirigida.

"investiga y determina las propiedades y características más representativas de los objetos de estudio, tiene la capacidad para seleccionar las características fundamentales del objeto de estudio" (Borja, 2016)

Y el nivel que presenta es exploratorio, debido a que a pesar de ser una técnica conocida a nivel mundial, es prácticamente nueva en el Perú, se detallan y se definen las características iniciales y finales.

"Se realiza cuando el objeto a examinar es un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha elaborado antes." (Hernandez, 2014)

4.2. Diseño de Investigación

El diseño de investigación, según lo presentado se describe como experimental, como se explica, "Es aquella investigación en que la hipótesis se verifica mediante la manipulación deliberada por parte del investigador de las variables" (Borja, 2016)

Esto se explica de manera más detallada en la Figura N° 19:

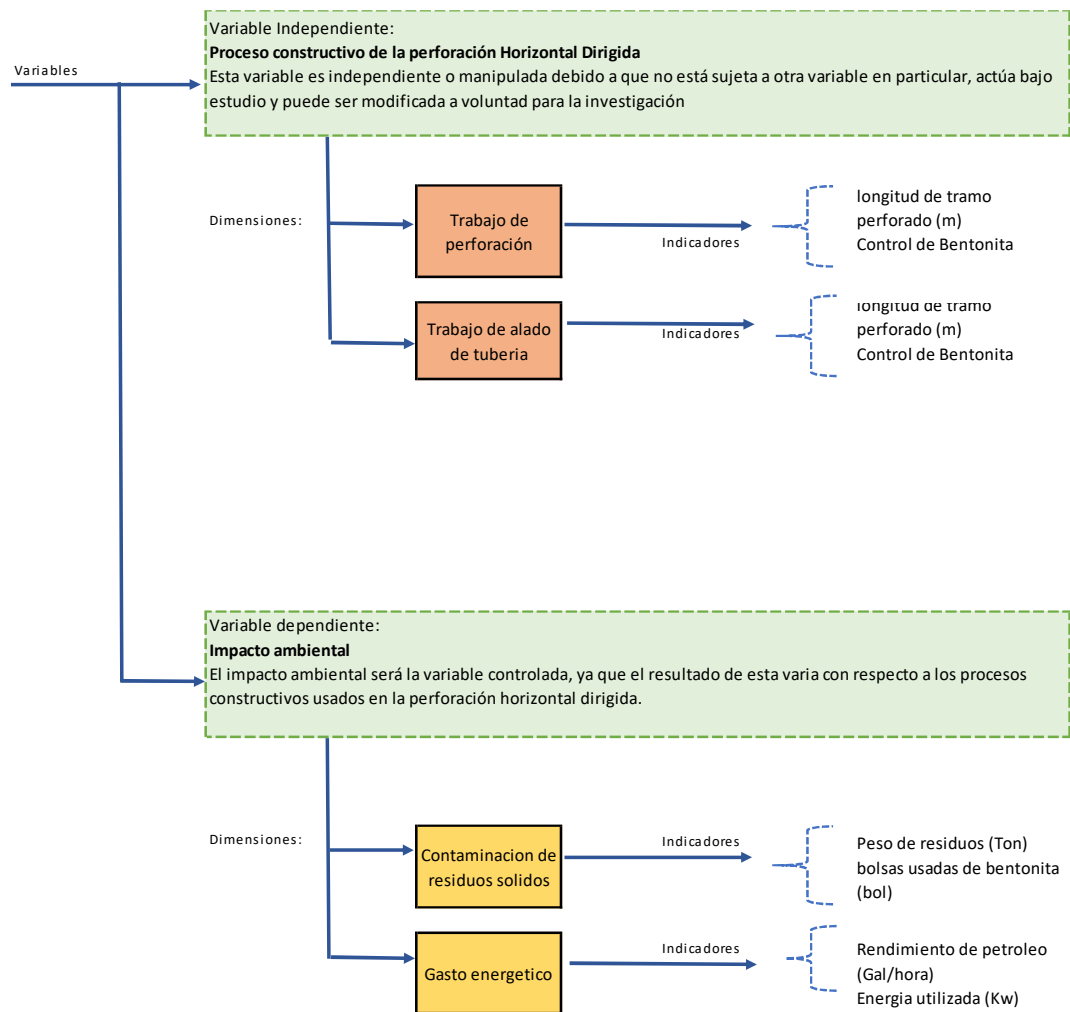


Figura 19: Variable dependiente e independiente (Fuente: Elaboración propia).

En esta también se puede indicar que esta es una investigación con un método deductivo, con una orientación tecnológica al ser un sistema de perforación relativamente nuevo, además de tener un enfoque cuantitativo, ya que se recolectarán datos y estos se analizarán de manera correspondiente.

4.3. Población y Muestra

Población: Son todos los procesos constructivos para la construcción de un emisor submarino

Muestra: Son los procesos constructivos:

- Perforación piloto
- Trabajos de ensanchamiento
- Trabajos marinos

4.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

4.4.1. Tipos de técnicas e instrumentos

Los instrumentos serán mediante el análisis de datos, de fuentes confiables, ya teniendo esto en cuenta usaremos 3 tipos de técnicas descritas por Quiroz (2003):

- Técnica documental o bibliográfica: Nos permite revisar los documentos de carácter teórico doctrinario y las normas legales sobre la materia.
- Técnica de observación: Esta técnica hace posible acercarnos a lo investigado a fin de conocer directamente aspectos que requerían ser complementados.
- Técnica estadística: Los datos obtenidos serán cuantificados, para ofrecer un mayor nivel de precisión y confiabilidad

4.4.2. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos

Los criterios para la validez y confiabilidad de datos serán mediante el análisis de documentos y registros que obtendremos de sitios web confiables y oficiales, así como sitios gubernamentales y especificaciones técnicas aprobadas.

4.4.3. Procedimientos para la recolección de datos

El procedimiento para la recolección de datos será el siguiente: La recolección de datos es bibliográfica, es decir se recuperó información de tesis, revistas, estudios, etc que hablan del tema y compararlo con la experiencia en campo que tenemos.

4.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Ya se explicó que el tipo de tesis es Deductivo y esta implica que describe un fenómeno o problema desde el todo hacia las partes, es decir analiza el concepto para llegar a los elementos de las partes del todo. Para eso se seguirán las pautas indicadas en la par 4.3.3, la cual se dividirá en dos fases.

CAPITULO V: DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

5.1. Especificaciones Técnicas:

5.1.1. Emisor submarino

El Emisario submarino está diseñada en polietileno de alta densidad (PEAD100), con un trazado partiendo de la salida de la Cámara de conexión terrestre y terminando en el tramo difusor. La longitud total del Emisario es 849.41 m, comenzando a la cota del terreno +2,5 (referido al NMM) m y terminando más allá de la batimétrica -12.5 m.

Los primeros 343.41 m de la conducción, hasta la batimétrica -5,87, están proyectados en túnel por perforación horizontal dirigida, evitando cualquier afección en la playa y la zona de rompientes, lo que aporta importantes ventajas. En el resto del tramo, de 506 m, hasta el difusor en la cota -12,71, irá apoyada la tubería directamente sobre el lecho marino.

Los tramos del Emisor submarino se diseñan para flotar con lastres de concreto acoplado y la tubería llena de aire; y, no flotar cuando se llena con agua. El aire se retiene en la tubería por medio de dos tapas ciegas metálicas, las cuales cuentan con una válvula de aire y una válvula de agua, para así, ir soltando gradualmente el aire y permitiendo que el agua entre para cada tramo. Estas tapas ciegas serán instaladas en los extremos de una tubería que se encuentra preparada para el lanzamiento e hundimiento.

○ Tramo en túnel

Es la conducción que conecta la pieza especial de reducción, que se encuentra en la cámara de conexión terrestre; y, la pieza especial de ensanchamiento; es decir, que incluye los tramos de empalme submarino, túnel por perforación horizontal dirigida y empalme terrestre.

El perfil longitudinal a lo largo del túnel presenta ciertas curvaturas en distintos puntos de su trayectoria, manteniendo en todo momento radios superiores o iguales a 700 m, valor recomendado según estudios realizados por las casas de perforación. La trayectoria exacta del túnel será estudiada y confirmada por la empresa especialista que vaya a realizar la perforación. El ángulo de entrada a la perforación estará en el entorno de 15° respecto a la horizontal. El ángulo de

salida, será cercano a los 6° para facilitar la transición al tramo apoyado en el fondo.

El método escogido para realizar el túnel es la perforación horizontal dirigida, ya que para los diámetros estudiados presenta un funcionamiento muy adecuado. Esta metodología está explicada en apartado de procesos constructivos, pero básicamente consiste en la realización de un túnel con ensanchamientos progresivos según se van pasando distintos escariadores hasta alcanzar el diámetro necesario (que es mayor que el de la propia tubería a instalar).

Deberá estudiarse en detalle, una vez decidida la empresa perforadora, la obra de salida, que servirá de transición entre el tramo en túnel y el tramo apoyado. Lo previsto para la obra de salida está explicado en el capítulo de Perforación horizontal dirigida del presente documento.

Alojado en toda la longitud del túnel se dispondrá la tubería, que tiene un diámetro exterior de 710 mm, PN6 y SDR 26 ($e=27,2$ mm). Con el espesor definido, queda garantizada una colocación segura en el interior del túnel y posibilita un fondeo en el que los esfuerzos que se generan son asumibles por la tubería. Para el tramo en túnel se tiene la siguiente sección.

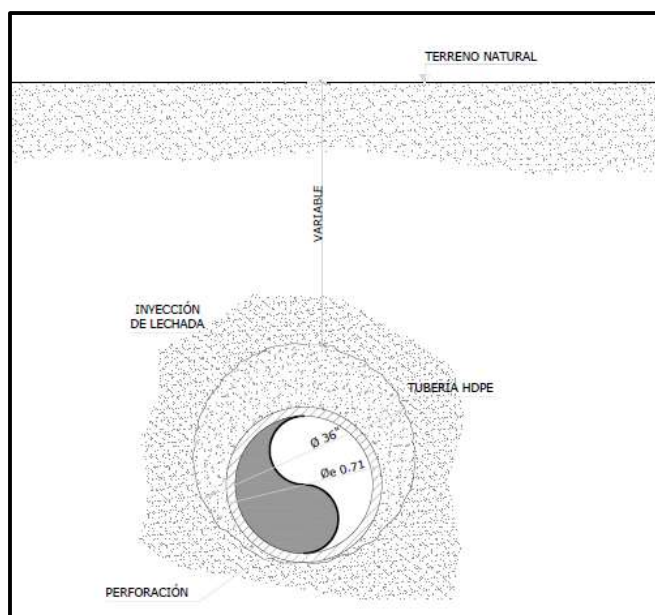


Figura N° 20: Sección transversal del tramo en túnel Fuente: elaboración propia)

- Tramo apoyado

Es la conducción que ira apoyada sobre el lecho marino debidamente lastrado que comprende la continuación de la **pieza especial de ensanchamiento**, la cual permite la ampliación de diámetro del tramo en túnel de 710 mm al tramo

apoyado de 1200mm. La conducción del tramo apoyado termina a los 406 metros.

La tubería tiene un diámetro exterior de 1200 mm, PN6 y SDR 26 ($e=45,9$ mm). El método para la instalación del tramo apoyado es por fondeo controlado por inundación progresiva y es explicado en el apartado de proceso constructivo.

Una vez que la pieza especial de ensanchamiento es instalada en el tramo apoyado, se tendrá un punto de acceso (boca de hombre) que servirá para realizar futuros mantenimiento o como entrada de agua una vez que se tenga conectado el tramo en túnel con dicha pieza por intermedio de los empalmes submarinos. El detalle de esta pieza especial y los empalmes submarinos se encuentran descritos en el capítulo de Piezas especiales del presente documento. Para el tramo apoyado se tiene la siguiente sección.

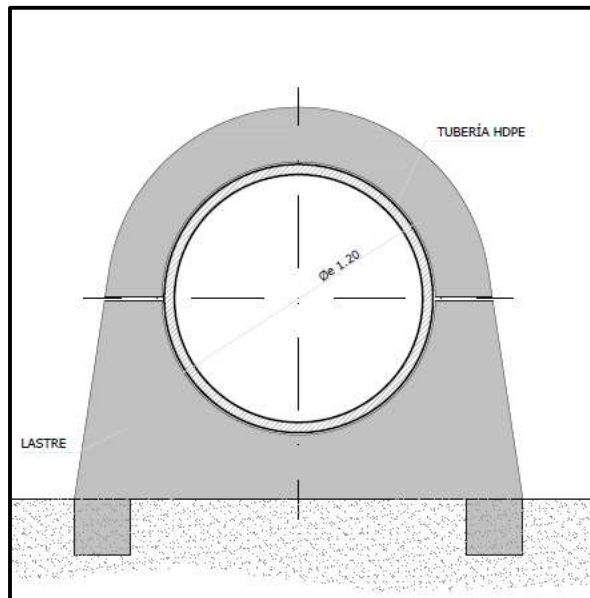


Figura 21: Sección transversal del tramo apoyado (Elaboración propia)

- Tramo difusor

Es la conducción que ira apoyada sobre el lecho marino de igual forma que el tramo apoyado, con la particularidad que el tramo difusor a lo largo de su trayectoria contará con 50 difusores distribuidos cada 2 metros. La conducción del tramo difusor termina a los 100 metros posteriores a la conexión entre el tramo apoyado y tramo difusor.

La tubería tiene un diámetro exterior de 1200 mm, PN8 y SDR 21 ($e=57,2$ mm). El proceso constructivo para la instalación del tramo difusor es por el método de

fondeo controlado por inundación progresiva y se realizará una vez se tenga tendido el tramo apoyado. Para el tramo difusor se tiene la siguiente sección.

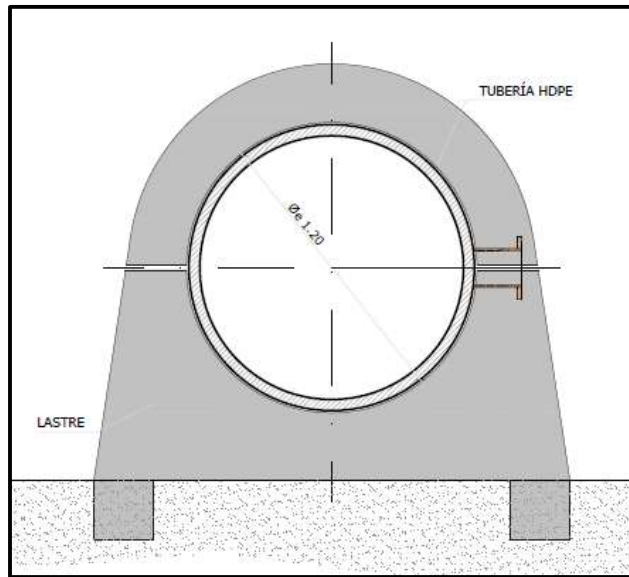


Figura 22: Sección transversal del tramo difusor Fuente: Elaboración propia

5.1.2. Tuberías de polietileno de alta densidad

Tubos de polietileno de alta densidad (PEAD) Norma técnica peruana ISO 4427: 2008 (2013) – tubos PEAD – PE 100 con resistencia a la tracción 80 kg/cm².

Las características de las tuberías de polietileno HDPE y su resistencia a la corrosión, incrustaciones y sedimentación, deberán tener menor pérdida de carga que las tuberías tradicionales.

Las tuberías de polietileno, tiene un factor de rugosidad de Darcy igual a 0.007 mm, el coeficiente de Manning es 0.009 para agua fría y temperatura ambiente. El desgaste de las tuberías depende de la velocidad, el tipo de sólidos y el porcentaje de sólidos presentes. Para velocidad bajo 2 m/s, no deberá afectar las paredes de la tubería cualquier sea el sólido.

➤ Calidad de material

Todas las tuberías del emisario serán fabricadas en polietileno de alta densidad HDPE de 1.2 m de diámetro PE 100 y serán sometidas a rigurosas pruebas de control de calidad para determinar el estricto cumplimiento con la norma NTP ISO 4427:2008 (2013).

Las normas técnicas con las que se especifican y controlan las tuberías de polietileno HDPE, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 3: Normas técnicas para tuberías. Fuente: elaboración propia

ENSAYO	NORMA
Dimensiones	ISO 4427
Índice de fluidez	ISO 1333
Densidad	ISO 1183
Resistencia a la tracción	ISO 6259
Presión hidrostática interna	ISO 4427 / ISO 1167
Contracción longitudinal	ISO 2501-1 / ISO 2501-2

- Materia prima: En la fabricación de tubos HDPE se utiliza resinas de excelente calidad suministradas por proveedores certificados bajo normas de la serie ISO 9001:2008. Las propiedades mecánicas, físicas y químicas de las resinas están garantizadas y certificadas por cada fabricante.
- Densidad: Se determina de acuerdo a ISO 1183 para verificar si el lote de material cumple con lo reportado en su certificado de análisis correspondiente
- Índice de fluidez: Este ensayo se realiza de acuerdo a la norma ISO 1133 y es fundamentalmente para la aprobación del material; se realiza para determinar la variación de este parámetro con respecto al valor nominal dado por el fabricante. De acuerdo a lo estipulado en la NTP ISO 4427-1 la variación máxima permitida es de 20%.
- Características generales: A simple vista las superficies internas y externas de los tubos deben ser lisas, limpias y sin estriación.
- Características geométricas: El primer control que se realiza durante la fabricación de los tubos consiste en verificar continuamente que los productos cumplen con las exigencias y requisitos dimensionales especificados en la norma NTP ISO 4427-2, tales como diámetro promedio externo, ovalidad, espesor de pared mínimo y máximo, y sus tolerancias respectivas.
- Las dimensiones deben medirse de acuerdo a las normas internacionales de la NTP ISO 4427.

- Características mecánicas.
 - Presión hidrostática sostenida a corto plazo: Este es uno de los ensayos principales para las tuberías de PE. Los ensayos se realizan de acuerdo a la NTP ISO 1167. La prueba de presión consiste en someter probetas a presión y temperatura, por 1 hora, las tuberías deben resistir esta prueba sin romperse, agrietarse, deformarse o evidenciar pérdidas.
 - Presión sostenida a temperatura elevada: Los ensayos se realizan de acuerdo a la NTP ISO 1167. La prueba de presión interna consiste en someter probetas a presión y temperatura, por tiempos prolongados de acuerdo a lo estipulado en la NTP ISO 4427-2 según aplique. Las tuberías deben resistir esta prueba sin romperse, agrietarse, deformarse o evidenciar pérdidas.
- Características físicas.
 - Elongación a la rotura: Este ensayo se realizará en el laboratorio del fabricante de la tubería de manera aleatoria, según norma ISO 6259 parte 1 y 3, para ello se deberá tener una máquina universal de ensayos (tracción y compresión). El ensayo se lleva a cabo sobre una probeta preparada para tal efecto y consiste en deformar la probeta, a velocidad constante hasta que la probeta se rompa. La elongación mínima de la probeta deberá ser de > 350% de acuerdo a la NTP ISO 4427-2.
 - Reversión longitudinal: Este ensayo se realiza de acuerdo a la norma NTP ISO 2501, consiste en marcar una longitud de 100mm en la probeta y esta se somete a $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$ en un horno de ventilación forzada por un tiempo determinado, la variación respecto a la longitud inicial debe ser como máximo el 3%.

➤ Pruebas en fábrica y control de fabricación

Tubería de polietileno de alta densidad: La fabricación de los tubos de HDPE deberán ser controlados por el contratista en el periodo de su fabricación, para lo cual aquella nombrará un representante, que podrá asistir durante este periodo a

las pruebas preceptivas a las que serán sometida la tubería. El 100% de pruebas a las que será sometida la tubería, está incluido en coste como parte proporcional por metro lineal de suministro de tubería por cada diámetro y presión nominal. Para la conformación de los tramos de tubería, se les aplicarán pruebas a las soldaduras por termofusión para corroborar a la junta. El coste de estas pruebas está previsto como parte proporcional por metro lineal de la partida de soldadura y lanzamiento para cada diámetro nominal

➤ Formación de tramos de tubería

Para la formación de tramos de tubería, se admiten los siguientes procedimientos constructivos:

- Tramos extruidos completos.
- Tramos formados por la unión de tubos mediante soldadura por termofusión.

➤ Unión de tramos

En caso de la unión de tramos submarinos y la conexión en tierra, se utilizará el ensamblaje Tipo F1 Junta Bridada (para diámetros nominales de 15 a 1200mm) de acuerdo a Norma Alemana DIN 16963 – 4 – Accesorios de tubería y conjuntos de unión para tuberías y conjuntos de unión para tuberías de presión de polietileno de alta densidad – Adaptadores para calentado por herramienta de soldadura, bridas y elementos de sellado – Dimensiones.

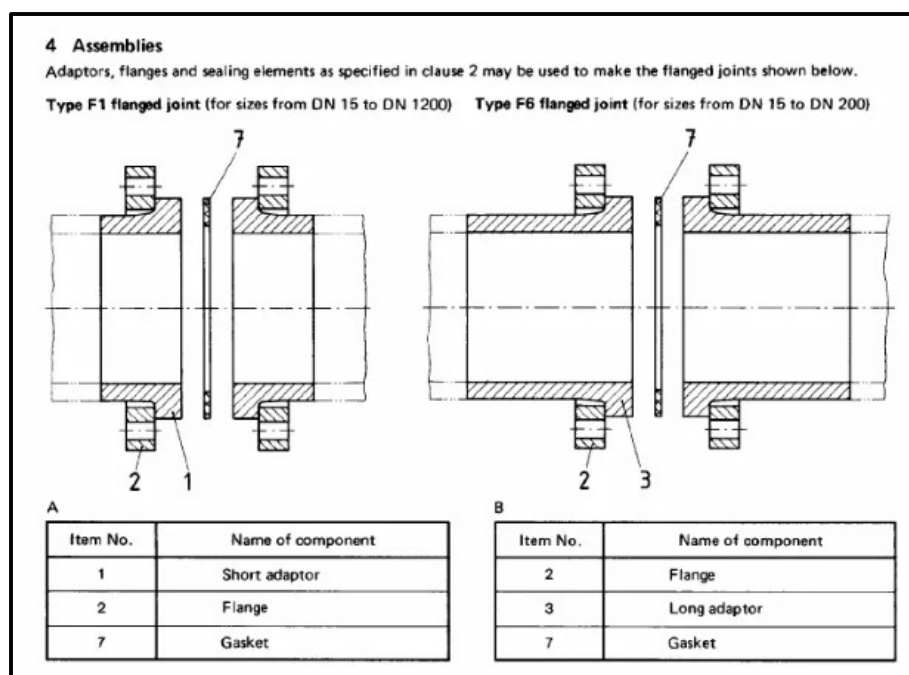


Figura 23: Tipos de Ensamblaje de acuerdo a Norma DIN 16963-4, Fuente: DIN 16 963 Part-4,1988

Por lo tanto, se utilizarán Valonas, bridas y como elemento de sellado se utilizará Caucho sintético polipropileno. El material recomendado por la Norma DIN 16963-4, para los accesorios del ensamblaje son:

3 Materials

Table 5. Materials

Name of component	Item No.	Permitted material						
		GG	St	Al	PP-GF	PVC	GFK	PE-HD
Short adaptor	1							X
Short adaptor	23							X
Long adaptor	3							X
Long adaptor	24							X
Flange	2	X	X	X	X	X	X	
Gasket	7	Materials subject to agreement.						
O ring	8							

The materials suitable for the components listed are marked X.
GG = cast iron (grey cast iron) as specified in DIN 1691
St = USt 37-2 or RSt 37-2 as specified in DIN 17 100, at the manufacturer's discretion
Al = light alloy
PP-GF = glass fibre reinforced polypropylene
PVC = PVC-U as specified in DIN 8063 Part 5
GFK = glass fibre reinforced plastics
PE-HD = high-density polyethylene as specified in DIN 16963 Part 5 (cf. Explanatory notes)
For item Nos. 7 and 8, the material shall be agreed as a function of the type, concentration and service temperature of the medium conveyed.

Figura 24: Apartado de materiales de Ensamblaje de acuerdo a Norma DIN 16963-4, Fuente: DIN 16 963 Part-4,1988

De la Figura 22, para las Valonas, se utilizará Polietileno de alta densidad; para las bridas, se utilizará Poliéster reforzado con Fibra de Vidrio y para el elemento de sellado, se utilizará Caucho Sintético Polipropileno (EPDM).

El dimensionamiento de los accesorios para el ensamblaje de tramos, se encuentra definido por el diámetro nominal y la presión nominal del tramo a unir. Las normas de referencia para el dimensionamiento de estos accesorios son las siguientes:

Valona de HDPE: Se utilizará la Norma Alemana DIN 16963 – 4 – Accesorios de tubería y conjuntos de unión para tuberías y conjuntos de unión para tuberías de presión de polietileno de alta densidad – Adaptadores para calentado por herramienta de soldadura, bridas y elementos de sellado – Dimensiones.

Table 1. Adaptors (Item Nos. 1, 3, 23 and 24)

Pipe out- diam. outer d_5	d_5	d_6 1)					d_7	d_8	n	h_1 Pipe series					h_2 Pipe series					f_1	z_1	z_2	z_4				
		PN 3.2 lim. outer	PN 4 lim. outer	PN 6 lim. outer	PN 10 lim. outer	PN 15 lim. outer				2	3	4	5	2	3	4	5	2	3					4	5		
20	27	45	-	-	-	16	20,9	28,7	-	-	7	13	-	-	10	-	-	-	10	12	12	3	20	50	65	53	86
25	33	58	-	-	-	21	27,0	34,5	2,8	-	-	9	13	-	-	10	10	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	40	68	-	-	-	28	37,0	48,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	50	78	-	-	-	36	49,0	63,7	-	-	11	11	15	-	-	16	16	16	3	-	-	-	20	50	65	55	90
50	61	88	46	34	45	43	59,0	76,6	4,3	-	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	20	19	19	19	19
75	89	122	69	54	66	65	89,0	116,6	4,3	-	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	20	21	21	21	21
90	102	138	83	64	82	79	102,0	133,6	4,3	-	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	20	22	22	22	22	22
110	125	158	102	78	100	98	125,0	162,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
125	132	158	116	87	114	109	132,0	172,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
140	155	188	130	97	128	122	140,0	184,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
160	175	212	149	106	146	139	160,0	208,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
180	190	212	167	118	164	157	180,0	234,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
200	232	268	166	118	183	174	200,0	266,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
225	235	268	209	129	205	196	225,0	298,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
250	285	320	222	140	228	218	250,0	328,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
280	291	320	260	151	286	275	280,0	360,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
310	325	370	282	163	308	293	310,0	402,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
355	375	430	330	174	324	310	355,0	458,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
400	427	482	372	184	366	350	400,0	514,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
450	514	585	419	204	411	393	450,0	597,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
500	530	585	465	214	457	437	500,0	643,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
560	615	685	521	224	512	490	560,0	728,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
630	642	685	566	234	576	551	630,0	793,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
710	737	800	661	244	649	621	710,0	881,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
800	844	905	746	254	732	700	800,0	986,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
900	944	1005	826	264	808	770	900,0	1091,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
1000	1047	1110	907	274	895	850	1000,0	1206,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24
1200	1245	1320	1117	294	1098	1050	1200,0	1441,6	5,3	-	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	20	24	24	24	24	24

1) From $d_5 = 225$ mm, the specified values of d_6 allow for the tapering of the pipe.
2) For pipe series 5, $z_1 = 130$ mm.

Figura N° 25:

Tabla N°1. Dimensionamiento de Valona por Diámetro nominal y Presión nominal de Normal DIN 16963-4, Fuente: DIN 16 963 Part-4,1988

- Brida loca o giratoria de PRFV: Se utilizará la Norma ASTM D 5421 – Especificación para contacto - Bridas moldeadas de "Fibra de Vidrio" (resina termoestable reforzada con fibra de vidrio).

D 5421

TABLE 3 Flange Dimensions

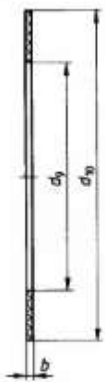
Nominal Pipe Size, in. ^A	Outside Diameter, min. in. ^A	Drilling			
		Bolt Circle Diameter ^A	Number of Holes	Diameter of Holes ^A	Diameter of Bolts ^A
1	4 ¼	3 ½	4	¾	½
1 ½	5	3 ¾	4	¾	½
2	6	4 ¾	4	¾	¾
2 ½	7	5 ½	4	¾	¾
3	7 ½	6	4	¾	¾
3 ½	8 ½	7	8	¾	¾
4	9	7 ½	8	¾	¾
5	10	8 ½	8	¾	¾
6	11	9 ½	8	¾	¾
8	13 ½	11 ¾	8	¾	¾
10	16	14 ¼	12	1	¾
12	19	17	12	1	¾
14	21	18 ¾	12	1 ¼	1
16	23 ½	21 ¼	16	1 ¼	1
18	25	22 ¾	16	1 ¼	1 ¼
20	27 ½	25	20	1 ¼	1 ¼
24	32	29 ½	20	1 ¾	1 ¼
26	34 ¼	31 ¾	24	1 ¾	1 ¼
28	36 ½	34	28	1 ¾	1 ¼
30	38 ¾	36	28	1 ¾	1 ¼
32	41 ¾	38 ½	28	1 ¾	1 ½
34	43 ¾	40 ½	32	1 ¾	1 ½
36	46	42 ¾	32	1 ¾	1 ½
38	48 ¾	45 ¼	32	1 ¾	1 ½
40	50 ¾	47 ¼	36	1 ¾	1 ½
42	53	49 ½	36	1 ¾	1 ½
44	55 ¼	51 ¾	40	1 ¾	1 ½
46	57 ¼	53 ¾	40	1 ¾	1 ½
48	59 ½	56	44	1 ¾	1 ½
50	61 ¾	58 ¼	44	1 ¾	1 ¾
52	64	60 ½	44	1 ¾	1 ¾
54	66 ¼	62 ¾	44	1 ¾	1 ¾
60	73	69 ¼	52	1 ¾	1 ¾
66	80	76	52	1 ¾	1 ¾
72	86 ½	82 ½	60	1 ¾	1 ¾
84	99 ¾	95 ½	64	2 ½	2
96	113 ¼	108 ½	68	2 ¾	2 ¼

^A 1 in. = 25.4 mm.

Figura N° 26: Dimensionamiento Brida por Diámetro nominal de la Norma ASTM D 5421, Fuente Norma ASTM D421, 2015

- Sellado de EPDM: Se utilizará la Norma Alemana DIN 16963 – 4 – Accesorios de tubería y conjuntos de unión para tuberías y conjuntos de unión para tuberías de presión de polietileno de alta densidad – Adaptadores para calentado por herramienta de soldadura, bridas y elementos de sellado – Dimensiones

Gasket (item No.7) 6)



Designation of a pipe series 3 gasket (item No.7) designed for a pipe outside diameter of 250 mm:
Gasket DIN 16963-7-250-3

6) Other suitable cross-sectional dimensions shall be permitted.

Table 3. Gaskets (item No.7)

Pipe outside diameter, d_1	d_{10}	d_0 Pipe series				b
		2	3	4	5	
20	45	—	—	—	16	2
25	58	—	—	21	20	
32	68	—	—	28	26	
40	78	—	36	35	33	2
50	88	—	46	44	41	
63	102	59	58	56	51	
75	122	70	69	66	61	2
90	138	84	83	80	74	
110	158	103	101	97	90	
125	158	117	115	111	102	3
140	188	131	129	124	114	
160	212	150	148	142	131	
180	212	169	166	160	147	3
200	268	188	185	177	164	
225	268	211	208	199	184	
250	320	234	231	222	204	3
280	320	263	258	248	229	
315	370	295	291	279	258	
355	430	333	328	315	290	3
400	482	375	369	355	327	
450	585	422	415	399	368	
500	585	469	461	443	408	3
560	685	525	517	497	456	
630	685	591	581	559	513	
710	800	666	655	630	—	3
800	905	750	738	709	—	
900	1005	844	831	795	—	
1000	1110	938	923	885	—	
1200	1330	1126	1108	—	—	

Figura 27: Dimensionamiento elemento de sellado por Diámetro nominal y Presión nominal de la Norma DIN 16963-4. Fuente: DIN 16 963 Part-4,1988

Este sistema de ensamblaje es unido a través de tornillería de acero inoxidable AISI 316, compuesto por Varilla Roscada, Tuerca hexagonal y Arandela plana. El dimensionamiento de la tornillería y grado de apriete, se encuentra detallado en los planos de construcción en los que se realice uniones submarinas y en la conexión en tierra.

5.1.3. Difusores

El tramo difusor, tiene 50 boquillas distribuidas a lo largo de su trayectoria cada 2 metros por donde el efluente se descargará al mar. Se considerado que el tramo difusor será fabricado con tubería HDPE (PE 100, norma ISO 4427 con tensión admisible de 80 kg/cm², con diámetro externo de 1200 mm (48") para trabajar a una presión nominal PN 8 y una relación estándar de dimensión SDR 21, la longitud calculada y una longitud de 100 m.

Las boquillas de salida serán fabricadas con tubería de HDPE (PE 100, norma ISO 4427 con tensión admisible de 80 kg/csm², con diámetro externo de 160

mm (6") para trabajar a una presión nominal PN 8 y una relación estándar de dimensión SDR 21.

La primera boquilla estará ubicada a 1 m del final del difusor y desde allí se espaciarán 2 m cada una hasta completar la boquilla 50. Inicialmente solo se operará con 28 boquillas abiertas, y en la segunda etapa se operará con las 50 boquillas disponibles.

5.1.4. Lastres

El lastrado garantiza estabilizar el Emisor submarino contra fuerzas hidrodinámicas en el mar, para lo cual se debe impedir el movimiento y/o socavación debajo de la tubería. La principal razón es impedir el movimiento y evitar la pérdida de integridad de la pared de la tubería o de las juntas, ya que cualquier deformación puede restringir el flujo del agua a ser descargada. En la zona del tramo apoyado y tramo difusor se tiene la distribución de 1 lastres cada 3 m. Se diseña el lastre para un diámetro exterior de 1200 mm, el cual es conformado por una base inferior y una base superior.

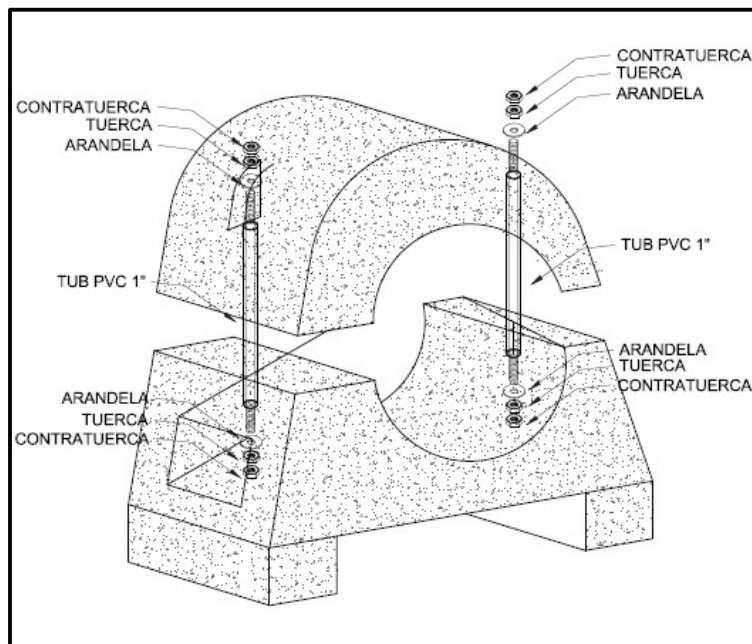


Figura 28: Isométrico del Lastre de concreto armado para diámetro nominal de 1200mm, Fuente: Propia

Las dimensiones de lastres previstos para este proyecto son para 2 tipos de tubería la primera tubería de 1200mm de diámetro exterior y la segunda tubería de 710mm de diámetro exterior. La tornillería para unir estas dos piezas será de material de acero inoxidable 316 de grado A4-70.

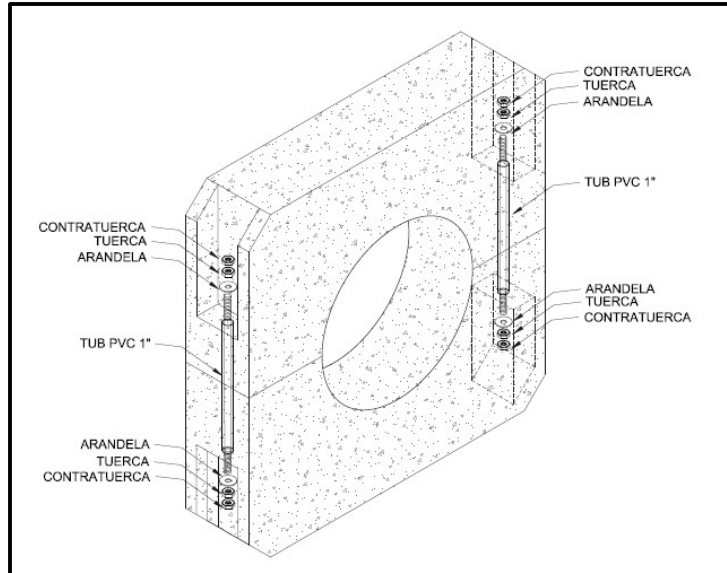


Figura N° 29: Isométrico del Lastre de concreto armado para diámetro nominal de 710mm, Fuente: Propia

En caso del lastrado para una tubería de diámetro exterior de 710 mm, específicamente, para los empalmes submarinos, son diseñados con referencia de la Segunda Edición del Manual de tuberías PE del Plastics Pipe Institute PPI; y se comprueba el diseño mediante el anexo de cálculo de lastres.

Para la construcción de lastres para diámetros exteriores de 1200 mm y 710 mm se aplicará el mismo proceso constructivo adjuntado como anexo; y, se seguirá las especificaciones técnicas de una obra de concreto armado.

5.1.5. Antiarrastres

Como medida de protección adicional, se propone el empleo de antiarrastres a lo largo de la traza del tramo difusor del Emisor Submarino.

Estos elementos son muertos de concreto con elementos punzantes embebidos que permiten proteger a la estructura de las artes de pesca, al quedar enganchados a ellas.

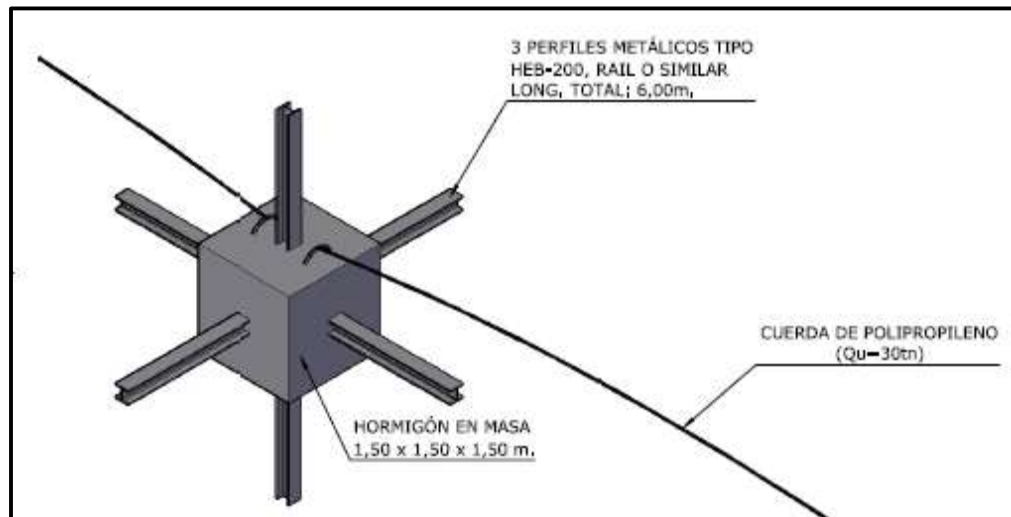


Figura 30: Antiarrastreros, Fuente: Propia

5.1.6. Perforación horizontal dirigida

➤ Descripción general

Para la ejecución del Emisor túnel norte y sur, el sistema constructivo propuesto es el de Perforación Horizontal Dirigida.

Se trata de una técnica que permite la instalación de tuberías subterráneas mediante la realización de un túnel, sin abrir zanjas y con el control absoluto de la trayectoria de la perforación.

Se empleará para realizar la perforación, un equipo de perforación dirigida de suficiente capacidad de tiro, así como la maquinaria y equipos necesarios previstos para la realización de dos obras de perforación horizontal dirigida con un plazo de 113 días con un turno de 12 horas por día con un régimen que sostenga un trabajo diario hasta la finalización de la instalación de ambos túneles.

En el trazado de la perforación, se deben tener en cuenta las siguientes limitaciones:

- Pendiente máxima al inicio de 14-16°.
- Radios de curvatura mínimos de 700 m.

Para la ejecución de estos trabajos, se tiene previsto lo siguiente:

- Crear una plataforma horizontal de superficie suficiente para que se puedan instalar en ella, todos los equipos accesorios de la perforación, además de la maquinaria de perforación propiamente dicha; también, se deberá delimitar

toda la zona trabajo donde se efectúen los trabajos de perforación y las instalaciones provisionales como oficinas, almacenes y acopio de materiales. Una vez delimitada la zona de trabajo de perforación y efectuado la plataforma se procede con la instalación de los equipos de perforación. Para la instalación del taladro y el sistema de control de sólidos, el coste de la movilización e instalación de estos equipos incluyendo puesta en marcha, corresponde a la partida 03.01.01 (Preparativos de equipos y herramientas. Gastos previos de logística para personal y equipos); y, como apoyo para realizar la perforación, los equipos menores como grupo electrógeno como fuente de energía, bomba sumergible de lodos para la recirculación de sólidos, contenedores de almacén de bentonita, contenedores de almacén de detritus, equipos mayores para la eliminación de detritus, suministro de bentonita, suministro de petróleo, suministro e instalación de guía casing para inicio de perforación, pozo de bentonita, tendido de anillo magnético terrestre y marino, etc; son suministros incluidos en la partida de perforación como parte proporcional por metro lineal de perforación los cuales gestionará la empresa perforista con previsión del plazo de acuerdo al cronograma de obra, es decir, es parte proporcional por metro lineal de perforación horizontal dirigida partida 03.05.01 y 03.05.02 (Perforación horizontal dirigida norte y sur desde pk 1+680 a pk 2+020 s/especific. Para alojam. De tub. DN710mm).

- Los suministros, abastecimientos, herramientas manuales, herramientas específicas para cada trabajo terrestre y marino, renta de equipos menores y mayores que sean indispensables para el inicio, continuación y hasta la finalización de la instalación de 02 tramos de tubería de una longitud de 340 metros cada una y de material PEAD con diámetro exterior de 710 mm PN6 SDR 26; están previstos como parte proporcional por metro lineal de perforación horizontal dirigida de cada túnel, es decir, partidas 03.05.01 y 03.05.02 detallada en los APU'S
- Para los trabajos de guía casing para inicio de perforación, se tiene previsto el suministro e instalación de una camisa de acero de refuerzo para inicio de cada perforación y subcasing para perforación. La camisa de acero de refuerzo es un útil elemento necesario, que utilizan las empresas de perforación con el fin de proteger y guiar los primeros 15-20 metros, van

hormigonadas según croquis, en el Plano de Planta y perfil de Perforación horizontal dirigida norte y sur, con el fin de aguantar el empuje de la máquina, estos valores los estudiará y confirmará la empresa perforista. Y, justamente, para mantener el ángulo de inicio de perforación durante los ensanches (Cambio de diámetro de túnel) se instala por dentro de la camisa de refuerzo la pieza metálica subcasing, la cual está diseñada para ser de conducción para las barras de perforación desde el inicio, con la perforación piloto, el coste de la camisa metálica está incluido en parte proporcional de metro lineal de perforación al ser una pieza de apoyo de la máquina perforadora, se contempla colocación, montaje y desmontaje, luego con los trabajos de ensanchamiento y por último con la operación de tiro; con este método se garantiza mantener una perforación de inicio concéntrica durante la trayectoria de la camisa de refuerzo hasta el contacto de los escariadores con el terreno. Para la instalación de esta camisa de refuerzo se tendrá que realizar un movimiento de tierras con ayuda de entibados metálicos al no poder realizar una zanja con el talud necesario debido a que se tiene muros de contención próximos a la traza del inicio de un túnel (túnel norte), una vez instalados con el ángulo establecido, esta camisa se tiene que asegurar por intermedio de unos bloques de concreto armado que serán construidos in situ, para la construcción de estos bloques se seguirán el mismo proceso constructivo que la construcción de un lastre de concreto para el tramo apoyado del Emisor submarino con la diferencia el bloque será de una sola pieza y también se seguirá las mismas especificaciones técnicas que una obra de concreto armado, la posición de estos dos bloques son en el inicio y fin de la camisa de refuerzo previamente apoyado en el terreno. Una vez asegurada la camisa de refuerzo, se procede con la instalación del subcasing con ayuda del taladro de perforación, al concluir la instalación del subcasing se puede dar inicio a la perforación piloto, considerando que se realizaron al 100% las actividades preliminares. Este proceso de suministro, fabricación y montaje de casing y subcasing está prevista como parte proporcional por metro lineal de perforación horizontal dirigida para cada túnel.

- La última operación previa a la perforación y necesaria para asegurar el guiado de la misma es el tendido del anillo magnético terrestre y marino, se debe realizar una traza y replanteo del perímetro terrestre previsto, para así colocar estacas de manera que se pueda mantener la forma del anillo magnético terrestre al tender el cable eléctrico que ira sujetado por un cable metálico con ayuda de cintillos de plástico. En el lado mar, para realizar el tendido del anillo magnético, se utilizará boyas de señalización que tienen como base bloques de concreto y con ayuda de los buzos especiales de perforación se realiza el tendido de este anillo magnético marino según la traza prevista. El perímetro del anillo magnético terrestre y marino debe abarcar en área a la traza de ambos túneles. El coste, suministro, montaje, colocación y retiro está incluido en el coste de la maquinaria perforadora y por tanto en el precio por ml de túnel.

Finalizado los trabajos se perforación se procede a la desmovilización de equipos HDD como el Taladro de perforación, sistema de control de sólidos y personal especializado en HDD, esta desmovilización se encuentra en la partida 03.01.03 (Movilización y desmovilización de equipos, personal y Piezas de recambio para perforación horizontal dirigida).

Mientras que la desmovilización de equipos auxiliares, todo lo descrito en el Plano de Distribución de áreas de trabajo, menos los equipos mencionados anteriormente, se encuentra incluido en la partida 03.01.01 (Preparativos de equipos. Gastos previos de logística para personal y equipos).

➤ Fases de la perforación

La ejecución de la Perforación dirigida comprende, las siguientes fases:

- Ejecución de taladro piloto. Se realizará una perforación inicial de diámetro 250 mm, por empuje de una barra provista de un cabezal direccional, combinado en ocasiones con giro, desde la plataforma.

En todo momento, se controla la trayectoria de la perforación, mediante un complejo sistema de posicionamiento tridimensional de la cabeza.

A continuación de la barra provista del cabezal, se van introduciendo tramos de varilla a los que se da la inclinación necesaria para la trayectoria definida.

Por el interior del varillaje se introducen el cable del sistema de guiado, y unas tuberías que aportan bentonita a presión en el frente de la perforación para facilitar la misma.

- Escariado del agujero. Una vez que se tiene la perforación piloto realizada, se cambiará la cabeza por varios escariadores de diámetros ascendentes que se volverán a introducir para aumentar, en varias pasadas sucesivas el diámetro de la perforación hasta el definitivo.

Estas diferentes pasadas se harán con la ayuda de bentonita a presión introducida en la zona de la cabeza de perforación que, por la misma bentonita se transporta el lodo de perforación, que es la mezcla entre la bentonita tratada con la tierra del terreno; este lodo de perforación es transportado hasta el inicio del túnel, el cual estará conectado con el pozo de bentonita por el cual se deriva el lodo de perforación hacia el sistema de control de sólidos, el cual se encargará de reciclar y realizar la mezcla de bentonita.

Finalmente, se volverá a sacar la última cabeza escariadora introducida tirando de ella y del varillaje una vez más hacia la entrada.

- Tiro de la tubería. Se introducirá la cabeza de guiado, a la que se acopla una pieza giratoria con un gancho de alta resistencia hasta la salida de la perforación. En este punto, mediante una grúa instalada sobre una barcaza, se conectará ese gancho con un grillete que se habrá acoplado al extremo de la tubería.

Durante la perforación se controlarán y registrarán los valores de las siguientes variables:

- Esfuerzos en el varillaje
- Velocidad de rotación de varillaje y momento torsor aplicado
- Presión de bombeo de lodos
- Caudal de lodos bombeado
- Densidad y viscosidad del lodo

Los trabajos de perforación culminan una vez instalada la tubería por dentro del túnel, sin embargo, el tramo de tubería que se encuentra por fuera del túnel es de 15 metros en lado mar, por lo que, al momento de la operación de tiro, no existe inconvenientes con el atrapamiento de la tubería dentro del túnel; y, es de ayuda para la transición del tramo en túnel con el tramo apoyado del Emisor submarino. Este tramo de tubería sobresaliente del túnel en lado mar, se fondeará a través de lastres de concreto armado para un diámetro nominal de 710mm, el suministro y construcción de estos lastres seguirá el mismo proceso constructivo que un lastre de concreto armado para un diámetro nominal de 1200mm, también seguirá las mismas especificaciones técnicas que una obra de concreto armado.

Esta actividad tanto en suministro, construcción y colocación están previstos en la partida de perforación horizontal dirigida. Se realiza el fondeo del tramo que se encuentra por fuera del túnel, al concluir con la llegada de tubería a tierra por perforación horizontal dirigida, mientras que se va preparando el inicio de la siguiente perforación, se procede con la colocación de lastres de concreto armado para un diámetro nominal de 710mm de la tubería ya instalada

La transición del tramo en túnel con el tramo apoyado del Emisor submarino, es decir, el suministro e instalación de los empalmes submarinos, no están incluidos como actividades de perforación.

➤ Obra de salida

Para la obra de salida de perforación, es decir, la zona en la que la perforación sale al mar, debe estar preparada previamente para evitar posibles desprendimientos y derrumbes. Para ello se deberá dragar la zona hasta encontrar un terreno competente que mantenga la estabilidad de la pared de salida, creando un paramento perpendicular al sentido de avance de la perforación. En caso de que esto sea complicado de conseguir por la geotecnia del terreno, se deberá crear artificialmente este paramento, mediante un hormigonado submarino con la forma adecuada en el interior de la zona dragada.

La empresa perforista que se encargará de ejecutar los túneles norte y sur por el método de perforación horizontal dirigida tendrá previsto ambos escenarios para la operación de tiro y completar satisfactoriamente la llegada de tubería a tierra.

Los costes para esta obra de salida están previstos como parte proporcional por metro línea de perforación horizontal dirigida por cada túnel.

5.1.7. Piezas especiales

➤ Pieza Especial de Reducción

Esta pieza especial está diseñada para conectar hasta 03 conducciones de tramo en túnel de un diámetro exterior de 710 mm con el Emisor terrestre. Esto se debe a que la pieza especial de reducción se encuentra dentro de la cámara de conexión terrestre. Por lo tanto, mediante esta pieza se puede reducir el diámetro de 1200 a 710mm.

Esta conexión se realiza por unión de valonas y se realiza dentro de la cámara de conexión terrestre. Se tiene previsto para la unión de valonas el uso de tornillería de acero inoxidable de 316 de grado A4-70.

El diseño se de acuerdo al Plano de Detalle de Piezas especiales.

➤ Pieza Especial de Ensanchamiento

Esta pieza especial está diseñada para conectar hasta 03 conducción de tramo en túnel de un diámetro exterior de 710 mm con el Tramo apoyado, el cual tiene un diámetro exterior de 1200 mm; por lo que, mediante esta pieza se puede ampliar el diámetro del tramo en túnel al tramo apoyado.

Para conectar el tramo en túnel con el tramo apoyado se tiene previsto el plantillado, suministro, fabricación e instalación de 03 empalmes submarinos, de los cuales, para este proyecto se emplearán 02 empalmes, debido a que son 02 túneles. Estos empalmes submarinos serán conectados desde los extremos de ambos túneles en lado mar con la pieza especial de ensanchamiento, según diseño de acuerdo al Plano de Detalle de Empalmes submarinos. Para la conexión de esta pieza especial se utiliza tornillería de acero inoxidable 316 de grado A4-70. El diseño se de acuerdo al Plano de Detalle de Piezas especiales.

➤ Empalme submarino Norte

El suministro de materiales para la fabricación del Empalme submarino norte, será de acuerdo a las especificaciones técnicas que se muestran en el Plano de Detalle de Empalme Submarino. Para la fabricación del Empalme submarino

norte, previamente se realiza un plantillado y luego se da inicio con la fabricación.

Este empalme irá lastrado con una distribución de 2,5 metros de eje a eje de cada lastre, de acuerdo al Plano de Estructura: Planta y detalle de lastres.

➤ Empalme submarino Sur

El suministro de materiales para la fabricación del Empalme submarino sur, será de acuerdo a las especificaciones técnicas que se muestran en el Plano de Detalle de Empalme Submarino. Para la fabricación del Empalme submarino sur, previamente se realiza un plantillado y luego se da inicio con la fabricación.

Este empalme irá lastrado con una distribución de 2,5 metros de eje a eje de cada lastre, de acuerdo al Plano de Estructura: Planta y detalle de lastres.

➤ Conexión en tierra

Una vez concluidos los trabajos de perforación horizontal dirigida norte y sur; trabajos de cámara de conexión terrestre, se procede con la conexión en tierra de los tramos en túnel con la pieza especial de reducción que se encuentra dentro de la cámara de conexión terrestre.

Para esta conexión, se realiza una excavación, refine y nivelado de zanja, descubriendo el tramo próximo a recortar. Una vez recortado el tramo, se procede con la soldadura por termofusión en sitio de los Empalmes terrestres, de acuerdo al Plano de Detalle de Empalmes Terrestres. Esta operación incluye la instalación de tubería hasta pieza especial de reducción, unidas por Valona de HDPE, Brida locas de PRFV y tornillería de acero inoxidable AISI 316.

Esta zanja en donde se desarrollarán los trabajos de soldadura por termofusión será sostenida por entibados metálicos para profundidades de 3,51 a 4,00m. Una vez completada la instalación se procede con el relleno y eliminación.

5.1.8. Dragado

Dragado es la operación de limpieza de rocas y sedimentos en cursos de agua, lagos, bahías o accesos a puertos. Los dragados se efectúan para aumentar la profundidad de un canal navegable o de un río con el fin de aumentar la capacidad de transporte de agua, evitando así las inundaciones aguas abajo.

Asimismo, se pretende con ello aumentar el calado de estas zonas para facilitar el tráfico marítimo por ellas sin perjuicio para los buques, evitando el riesgo de encallamiento.

- Dragado por perforación horizontal dirigida: Dado que la ejecución de la zanja por la obra de salida de perforación, es una obra provisional para ejecutar la salida de túnel, no es necesario marcar unas tolerancias exigentes, pues se adaptarán las dimensiones finales a los equipos y trazado final.
- Dragado para trabajos de tendido de tuberías sobre lecho marino: Como proceso constructivo y de acuerdo a los Planos de construcción del Emisor, se realizará una inspección y a su vez, a lo largo de la trayectoria del Emisor, se realizará un dragado para nivelar el lecho marino, en donde se apoyará el Tramo apoyado y Tramo difusor del Emisor.

5.2.Situación actual del proyecto

5.2.1. Reciclaje de bentonita

La bentonita tiene propiedades muy amplias, es por esto que tiene muchos usos, por eso se usa en diferentes rubros. Como explica Pinto y Castro (2017):

- Bentonita para arena de moldeo: se usa para fabricar moldes de fundición. proporciona cohesión y plasticidad a la mezcla, facilitando su moldeo, etc.
- Bentonita sódica par lodos de perforación: Los lodos de perforación son los fluidos bombeados que circulan a través del pozo mientras este es perforado. Su utilización se basa en el incremento de la viscosidad del lodo, que garantiza una efectiva extracción a la superficie.
- Bentonida sódica para peletizacion: Es un agente aglutinante para la producción de pellets.
- Bentonita sódica para absorbentes: Tienen gran importancia en los procesos industriales de purificación de aguas que contengan diferentes tipos de aceites industriales y contaminantes orgánicos
- Material de sellado: La bentonita sódica se puede utilizar como material de sellado en depósitos de residuos tanto tóxicos y peligrosos, como radiactivos de baja, media y alta actividad

“Cuando hablamos de reciclaje, hablamos de preservar el medio ambiente, el entorno en el que vivimos. El reciclaje es una herramienta útil producto de la conciencia responsable, la cual nos proporciona una idea de cómo contribuir y aportar a su preservación, por esta razón el reciclaje de la bentonita es tan importante por su gran variedad de usos que puede tener” (Linsa Verde, 2018) . Para esto se incorporará una máquina de reciclado de bentonita, esta máquina es la llamada balsa de decantación acompañados por filtros prensa, esta ayuda al reciclado de la bentonita así como disminuye la contaminación de esta al medio marino

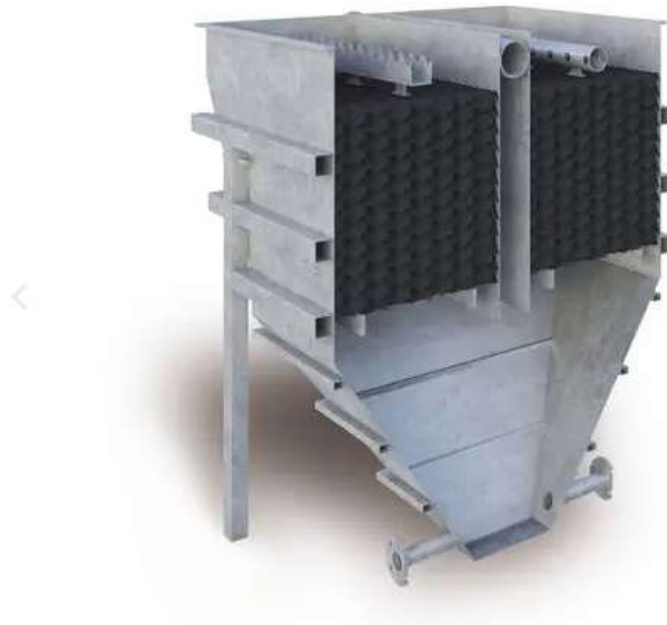


Figura 31: Balsa de decantación portátil con filtros prensa, Fuente: Anexio Industrias

5.2.2. Gasto energético

El ahorro de energía, su consumo responsable y el uso eficiente de las fuentes energéticas son esenciales a todos los niveles. La importancia de las medidas de ahorro y eficiencia energética se manifiesta en la necesidad de reducir la factura energética, restringir la dependencia energética del exterior, y reducir la emisión de gases de efecto invernadero (Optimagrid,2020)

En el proyecto la mayoría de maquinaria usa combustible fósil, que será proporcionado por cisternas implementadas en el lugar. Sin embargo, también hay equipos que consumen energía eléctrica, para esto se prevé la utilización de

equipos electrógenos, y como mejora para la iluminación en los trabajo la utilización de paneles solares portátiles, disminuyendo el consumo total.

5.2.3. Longitudes y diámetro de la perforación

La perforación debe ser de un diámetro 1,3 a 1,5 veces superior al de la tubería a instalar, para facilitar las labores de introducción de la tubería en la excavación realizada. Una vez instalada la tubería por dentro del túnel, se inyectará lechada de cemento con el fin de evitar vida animal entre el espacio perforador y el diámetro exterior que deja la tubería al ser instalada.

Las limitaciones que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar el trazado dependen de la maquinaria empleada. Normalmente las casas especializadas en este tipo de trabajo concluyen que las limitaciones más habituales son las siguientes:

- Pendiente máxima al inicio de 16°.
- Radios de curvatura mínimos de 700 m.
- Tubería PE 100 SDR 26

Como paso previo, la tubería de polietileno deberá ser preparada y soldada en toda la longitud prevista, todas las soldaduras por termo fusión deberán ser sometidas a pruebas de ultrasonido, con el fin de dar conformidad a las soldaduras por termo fusión. Esta actividad se realizará en Puerto o zona protegida, ya que es necesario disponer de aguas abrigadas para lanzar correctamente la tubería. El emplazamiento dependerá de la obtención de los permisos necesarios y de las condiciones del suministrador.

En los anexos se observan que el proyecto se ha dividido en 2 tramos, eje sur y eje norte, todos estos tendrán el mismo diámetro de tubería como se observa en la figura N° 32, una tubería DN 710 mm y una perforación de 36”:

Figura 32: Detalle del túnel (elaboración propia)

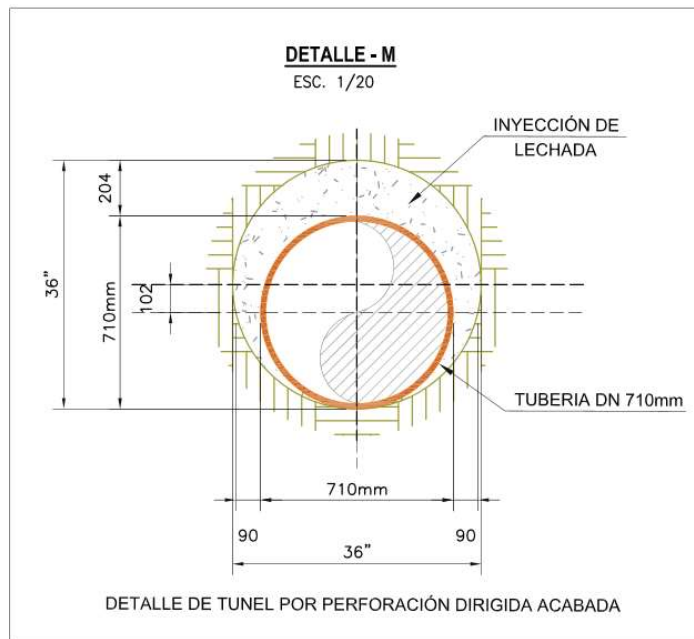


Figura 33: Detalle del túnel (elaboración propia)

Para poder especificar se hará ayuda de los planos.

El tramo eje sur 01 y 02 se encuentra en los anexos 3 y 4 respectivamente, en este se describe una longitud de perforación de +350 metros.

El tramo eje norte 01 y 02 se encuentra en los anexos 5 y 6 respectivamente, en este se describe una longitud de perforación de +333 metros.

5.3.Descripción de los procesos

5.3.1. Trabajos preliminares

Será necesaria una campaña previa de topografía y tomografía de la zona para determinar las cotas y poder tener una buena información de la zona. El primer paso del proceso es la recopilación de datos topográficos de la zona, para preparar una cartografía precisa donde referenciar toda la información que se vaya recopilando.

En la zona terrestre, el trabajo requerido consistirá en buscar los servicios o canalizaciones que puedan existir en la zona de actuación y localizarlos en la topografía realizada.

Antes del inicio de la perforación dirigida se procederá a la excavación del terreno natural, para preparar la zona donde se van a ubicar los equipos de perforación, esta zona deberá ser compactada de tal forma que se forme una plataforma para estos equipos.

5.3.2. Trabajos de perforación

Según Miguez F. (2015) la primera etapa es el trabajo de perforación, esta se va “monitoreando y maniobrando por un detector que va recibiendo la señal por una sonda que se encuentra instalada en un portasonda ubicado en la parte de atrás de la broca. Esta se va guiando de acuerdo a un diseño realizado con anterioridad, y le da los datos necesarios para realizar el cruce sin afectar el entorno” esta se puede ver en la imagen X:

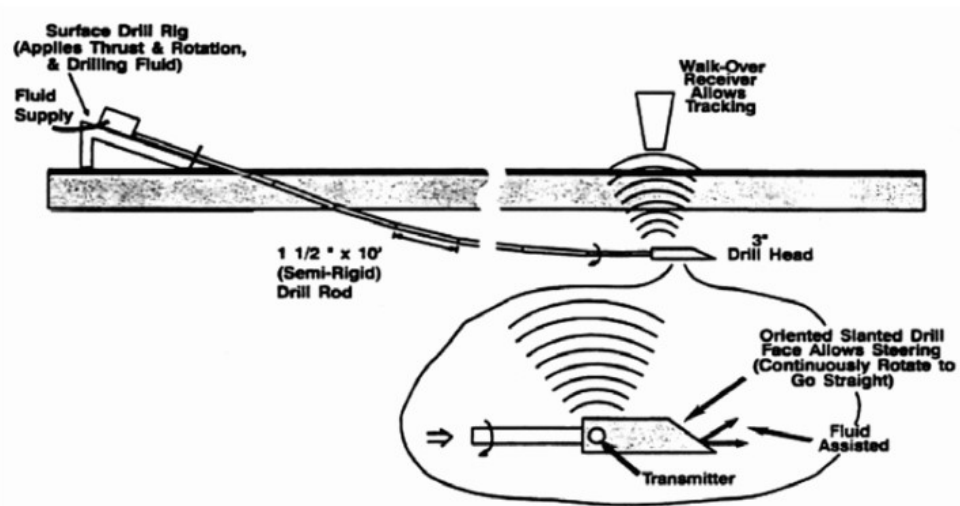


Figura 34: Proceso de excavación de tubería, fuente: Miguez F. 2015 p. 20

Una vez preparado todo el equipo y pasadas las comprobaciones pertinentes se procederá a la ejecución de la perforación piloto. Esta perforación tendrá un diámetro de cerca de 250 mm (9,75"). Para ejecutar esta perforación se utilizará el sistema de navegación adecuado, según las necesidades del Proyecto.

De esta forma se avanzará siguiendo el trazo indicado en el Proyecto, hasta llegar a la diana (punto de salida).

Desde una cata inicial (cata entrada) se introduce en el terreno un cabezal de perforación dirigido durante el transcurso de la perforación. Éste está unido a un varillaje, por donde se inyectan los lodos. En el cabezal perforador, por medio de toberas se aumenta la velocidad de los lodos para obtener un mayor poder erosionador.

Este cabezal tridimensional dirigido perfora un túnel ayudado con un rayo de líquido a alta presión regulada. El terreno perforado es transportado por la suspensión al punto de entrada.

En terrenos blandos se utiliza el sistema de lanza, equipada con un puntero protegido por puntas de vidia que erosiona el terreno. En terrenos especialmente blandos la erosión es realizada directamente por el fluido de perforación.

Se emplean distintos punteros con distintas formas, distintas geometrías y refuerzos en punta, para adaptarse a las necesidades de cada terreno.

La zona en la que la perforación sale al mar debe estar preparada previamente para evitar posibles desprendimientos y derrumbes. Para ello se deberá dragar la zona hasta encontrar un terreno competente que mantenga la estabilidad de la pared de salida, creando un paramento perpendicular al sentido de avance de la perforación. En caso de que esto sea difícil de conseguir por la geotecnia del terreno, se deberá crear artificialmente este paramento, mediante un hormigonado con la forma adecuada en el interior de la zona dragada.

Para nuestro caso, de acuerdo a la geotecnia del terreno de la zona de salida de perforación, se apoyará la tubería en el fondo utilizando lastres de concreto de acuerdo al diámetro de la tubería.

5.3.3. Trabajo de halado de tubería

En la segunda etapa Miguez F. (2015) describe que tras completarse la perforación piloto “se usa un retroensanchador o escarificador, al extremo de la sarta de perforación, seguida del tubo flexible o semiflexible que quiere instalarse. Pueden ser necesarias varias pasadas sucesivas de escarificador o ensanchadores de diferentes tamaños, para instalar la tubería deseada. El tubo se instala a lo largo de una vía que

contiene una suspensión de bentonita.”, más detallado en la imagen N° 34:

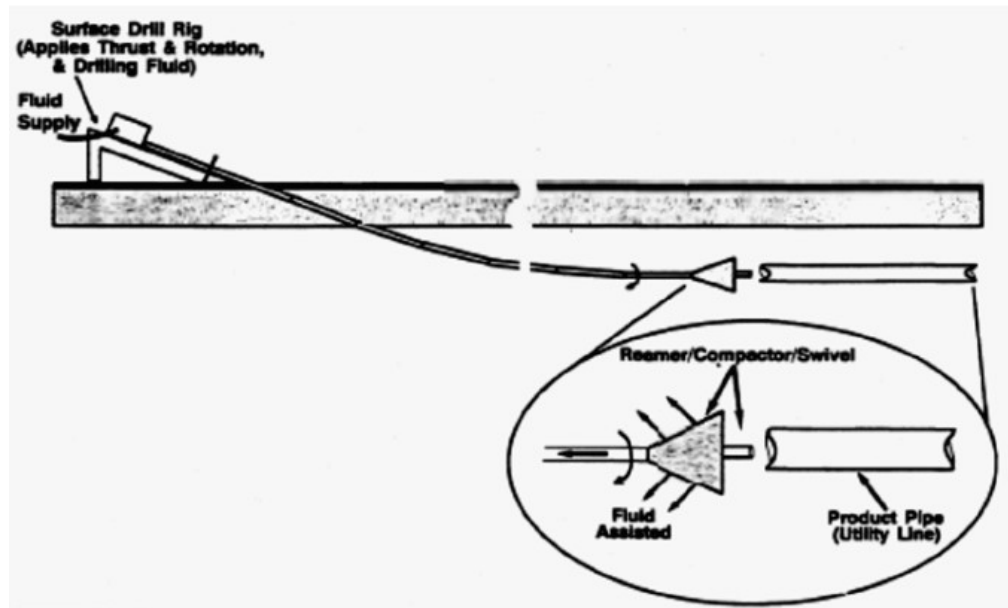


Figura 35:Proceso de retroexcavacion y ensachamiento (Míguez F. 2015 p. 20)

Es la operación que se llevará a cabo justo después de la perforación piloto. Una vez realizada la perforación piloto, se monta el escariador que ensancha la perforación hasta el diámetro deseado.

Esta operación podría ser efectuada en una sola pasada, en el caso de que el terreno lo permita y en el caso que el diámetro deseado no sea muy grande, o bien en diversas pasadas en el caso que el diámetro sea grande.

Esta operación del proceso de perforación al igual que la perforación piloto, erosiona el terreno por medio de inyección de lodos a alta presión y junto con la rotación del ensanchador, permiten el aumento del diámetro del microtúnel. De esta forma se va agrandando para conseguir el diámetro necesario para instalar el tubo.

Dadas las características de la obra a ejecutar, se recomienda que la instalación del ensanchador se realice en tierra por lo que su avance será a través de empuje. De esta manera se reducen al máximo las operaciones en el mar. Si no fuera posible se podría instalar el escariador en zona marina, empleando los medios adecuados.

En los trabajos de ejecución de la perforación e instalación de la tubería se tiene previsto disponer del soporte de equipos en el mar, tales como barcaza, remolcador, lanchas y buzos especializados en trabajos subacuáticos.

Terminada la introducción de la tubería, se procede a la limpieza de la zona de trabajo terrestre y marina, desmovilización de los equipos de perforación, medios marinos como barcaza, remolcador y lanchas, y la restitución de la zona afectada. Los costes de desmovilización de todo equipo de apoyo para la perforación como medios marinos y terrestres están incluidos en la partida de perforación horizontal dirigida; y, los costes de desmovilización de equipos de perforación como taladro y sistema de control de sólidos están incluidos en otra partida que no es perforación horizontal dirigida.

Además, se deberán elaborar los informes definitivos que describen cómo se ha realizado la perforación del túnel, cuál ha sido la alineación definitiva y cómo se ha llevado a cabo todo el proceso.

5.3.4. Maquinaria especializada de perforación horizontal dirigida

Como se sabe se utilizan dos máquinas esenciales para la realización de esta tarea, ambos realizan una tarea en específico.

- Máquina de Perforación tipo HDD: Es una máquina accionada por presión hidráulica. Está diseñada por la tecnología avanzada y tiene una estructura simple y conveniente. Además, la excavación de perforación tiene un funcionamiento estable, alta eficiencia y baja temperatura de aceite
- Escarificador o ensanchador: tiene una gran variedad de tamaños y diámetros dependiendo del proyecto a realizar, esta se encarga de ensanchar el orificio original dejado por la perforación horizontal.

5.3.5. Equipos especiales

Durante las diferentes etapas del proyecto se usarán diferentes tipos de maquinaria como por ejemplo:

Medios marinos y terrestres para Lanzamiento:

Faena de mar:

- 2 Remolcadores.
- 3 Lanchas de carnereo (Pangas pesqueras).

- 2 Lanchas de apoyo de buzos.

Faena de tierra:

- 1 Excavadora sobre orugas para la zona de la curva.
- 1 Cabezal de tiro para remolque.
- 1 Grúa para emergencias.

Medios marinos y terrestres para instalación:

Faena de mar:

- 1 Barcaza. (Incluye equipo de Maniobristas y Patrón)
- 3 Lanchas de carnereo (Pangas pesqueras).
- 2 Lanchas de apoyo de buzos. (Incluye equipo de 4 buzos c/u)

Faena de tierra:

- 1 Taladro de perforación.
- 1 Reciclador y mezclador de lodos de perforación.
- 1 Bomba de Pistones.
- 1 Retroexcavadora para eliminación de detritus.
- 1 Retroexcavadora de contingencia
- 1 Volquete para transporte de eliminación de detritus
- 1 Grupo electrógeno 350 KW operativo.
- 1 Grupo electrógeno 350 KW – Contingencia
- 1 Bomba sumergible de lodos.
- 1 Bomba sumergible de lodos - Contingencia
- 1 Grupo electrógeno 65 KW con capacidad de 380 V.
- 1 Grupo electrógeno 65 KW con capacidad de 380V – Contingencia (Fuente de alimentación de bombas sumergibles de lodos).
- 1 Grúa operativa para el movimiento de barras de perforación.
- 1 Grúa para emergencias.
- Suministro agua, bentonita y petróleo necesario para completar la actividad de tiro o halado de lingada de tubería.

Un equipo adicional para el reciclado de bentonita son las balsas de decantación y filtros de prensa, estos se usarán para recolectar el material excedente, evitando así la contaminación y ayudando al reciclado.

5.3.6. Mejoras propuestas en el proyecto

➤ Mejoras generales del proyecto

- Balsas de Decantación y filtros prensa: En la depuración de los lodos bentónicos, procedentes de la ejecución del túnel, se emplearán balsas de decantación con filtros prensa, controlando la calidad de agua antes de su vertido. Con ello se previene la contaminación del medio acuático en la zona de obra y se reduce el volumen de residuos al reciclarse la bentonita.
- Restauración Paisajística: Se llevará a cabo una exhaustiva restauración paisajística, con la intención de integrar al entorno natural los elementos artificiales creados.
- Implementación de paneles solares: Se implementará la utilización de paneles solares portátiles en especial para los equipos de iluminación.
- En un área asignada y segura se almacenarán todos los residuos generados en las distintas actividades constructivas del proyecto. Los lugares de almacenamiento estarán debidamente señalados para su rápida identificación. El almacenamiento dependerá del tipo de residuo que se almacenará hasta que este sea trasladado para su disposición final:

a. Almacenamiento de residuos no peligrosos

Para los residuos no peligrosos, se seguirán criterios para la construcción y manejo de los almacenes tales como:

Los puntos de acopio serán ubicados en lugares estables, alejados de drenajes naturales con una correcta protección ante las inclemencias meteorológicas, preferentemente una pendiente adecuada para evitar derrames.

Se contará con extintores ubicados adecuadamente

Se contará con letreros de identificación por tipo de desecho, así como la identificación correspondiente en cada uno de los recipientes usados: cilindros, cajas, envolturas plásticas, etc.

Los contenedores estarán en buenas condiciones y estar provistos de tapas de sellado hermético con asas que faciliten su traslado.

El almacén contará con avisos, indicando que solo el personal entrenado, con su respectivo equipo de protección personal, podrá manipular los residuos.

Los lodos de perforación, serán reutilizados en la perforación y el sobrante de este se almacenará como efluente no peligroso ya que es una mezcla de arcillas más agua, el cual se almacenará en una zona alejada y delimitada en el frente de trabajo para su posterior disposición final.

b. Almacenamiento de residuos peligrosos

Para los residuos peligrosos, se instalará un área especial siguiendo las especificaciones siguientes:

La zona de almacén estará cercada, provista de un techo, con el suelo impermeabilizado, con la ventilación adecuada en todos los casos, y con un canal perimétrico que evite el esparcimiento del material en caso que se produzca algún tipo de derrame.

El almacenamiento de materiales peligrosos se hará en contenedores adecuados. Se revisará la superficie externa de los contenedores con el objetivo de identificar huecos o perforaciones y así evitar fugas o derrames al momento de acopiar los aceites usados. Se deberá evitar verter algún líquido peligroso de un contenedor a otro ya que por una mala maniobra puede derramarse el líquido.

Las zonas de almacenamiento contarán con extintores y se colocarán señales de “prohibido fumar”.

Se contará con carteles adicionales con instrucciones de seguridad para aquellos residuos cuya peligrosidad lo amerite (envases de construcción, trapos con hidrocarburos, suelo contaminado), indicando el uso de equipos de protección personal para su manejo.

Las áreas de almacenamiento de residuos peligrosos contarán con kit contra derrames.

Se almacenarán barriles y cilindros vacíos sobre sus lados y cerrados de manera segura.

○ Uso de Maquina recicladora

“La extracción del material fino se realizara mediante la utilizacion de un cargador frontal, el cual llevara hacia una zona de desaguado, donde se encuentran la balsa de decantacion.. El proceso sera tipo gravitacional”. (Arimix, 2013). El proceso se explica mas detalladamente en la figura N° 35.

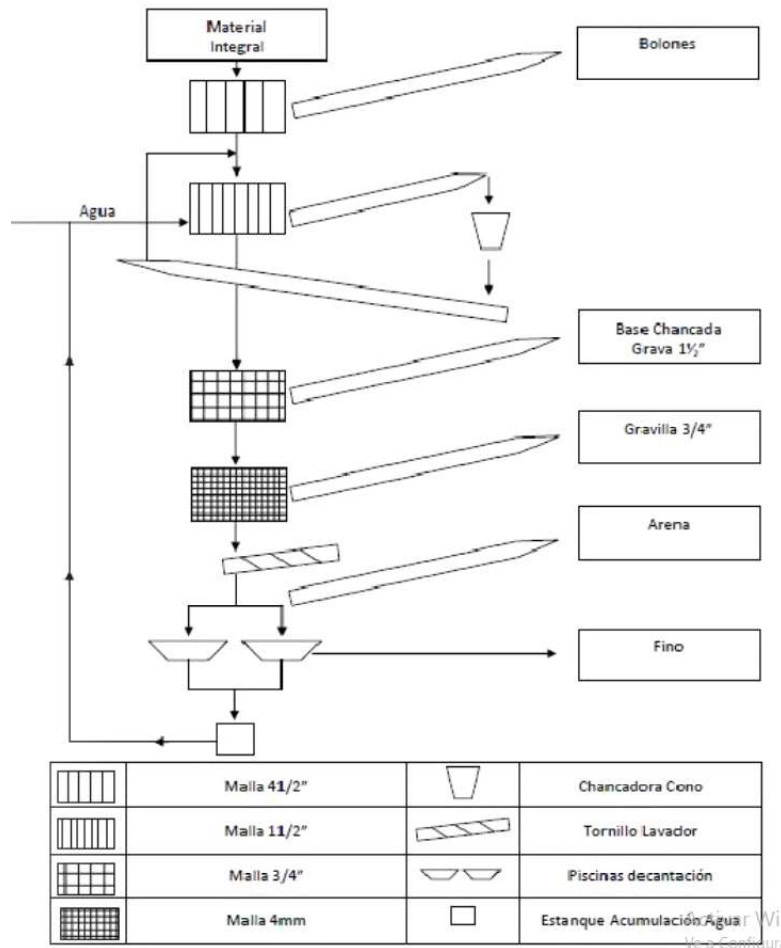


Figura 36: Diagrama de flujo considerando las unidades de sedimentación, Fuente: Arimix-declaración de impacto ambiental-anexo 16.

Básicamente, consiste en una excavadora Sennebogen 830 con bomba excéntrica que transporta el material hasta una cisterna agrícola mediante una tubería, todo ello manejado desde la propia máquina. Y, desde esta hacia la balsa de decantación.

El modelo 830 de Sennebogen máquina tiene un alcance de 17 m lo que permite situar la bomba en el borde de la balsa de lodo y su cabina MaxCab se eleva hasta 2,7 m para una mejor visibilidad del espacio de trabajo.



Figura 37: Excavadora con bomba 830 R-HDD, Fuente: Cervirmax

➤ Uso de paneles solares para equipos menores

Según Rodriguez Ernesto (2015): Un panel solar es un conjunto de células fotovoltaicas capaces de convertir la luz directamente en electricidad. Tradicionalmente, los paneles solares han sido grandes y pesados, requiriendo una instalación permanente; pero hay disponible una nueva generación de paneles solares que pueden ser transportados y utilizados en una capacidad móvil.

La cantidad de electricidad que un panel solar puede generar varía en función de tres factores:

- La eficiencia del panel.
- El tamaño del panel solar.
- Exposición a la luz solar.

Cuando compre paneles solares, verá paneles que producen entre 210 y 320 vatios hora. Esto corresponde a lo que el panel puede producir en condiciones de prueba estándar. También tendrá que calcular cuántas horas de exposición a la luz solar (energía renovable) recibirá el panel solar. La sombra y unas pocas nubes en el cielo pueden afectar la cantidad de energía que genera un panel.

Los paneles solares portátiles son muy útiles durante un campamento o un viaje recreativo, ya que tendrá menos electrodomésticos que alimentar. Se utiliza para:

- Un pequeño cargador de 45 vatios de paneles solares portátiles podría dar a las baterías de su teléfono o dispositivo electrónico una carga solar.
- Usted podría alimentar algunas luces LED y una mini nevera con un generador solar portátil de 120 vatios.
-
- Puede mantener los sistemas básicos de su vehículo recreativo con un panel de 160 vatios.
- Necesitará un panel de 320 vatios, una batería y un inversor si desea desconectarse de la red eléctrica y seguir alimentando algunos electrodomésticos con su generador solar.

Teniendo en cuenta estos datos, se optará por tener paneles solares de 120 vatios para la iluminación de la zona a trabajar. Esto debido a que la maquinaria necesita más energía de la que los paneles solares podrían generar en una cantidad deseable, si se desea generar suficiente energía para la maquinaria, el número de paneles solares portátiles sería muy elevada y causaría incomodidad a la hora del mantenimiento. En la siguiente figura se esquematiza como los paneles solares no solo aportan para el funcionamiento de la iluminación, sino que a la vez se podría regresar energía eléctrica a la red pública, en el caso las entidades pertinentes lo permitieran.

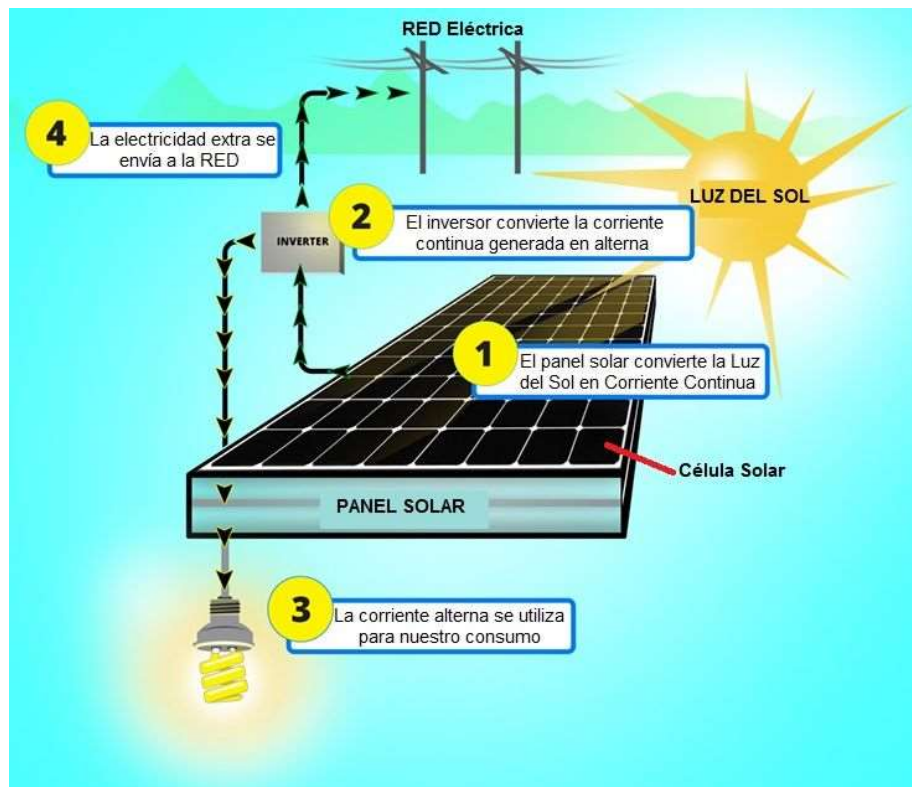


Figura 38: Flujo de corriente en un panel solar, Fuente: (Rodríguez Ernesto, 2015)

Nota: Infografía del funcionamiento de un panel solar y su beneficio

CAPITULO VI: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

6.1 Resultados de la Investigación

6.1.1 Matriz de Leopold

Tabla N° 4: Matriz de Leopold

		Magnitud: 1-10 Importancia: 1-10	ACCIONES CON POSIBLES EFECTOS																							
Valoración	Magnitud: 10 = Grande, 5 = Mediano, 1 = Pequeña	Importancia 1 = Nada, 10 = Alta	1. Trabajos de perforación							2. Trabajos de halado					3. Post-trabajos (mantenimiento)			Total Acciones								
			Requerimiento de mano de obra especializada	Requerimiento de maquinaria	Sondeos, ensayos y pruebas	Perforación sin excavación de zanja	Finalización de los trabajos de perforación	Total Acción 1	Requerimiento de mano de obra especializada	Requerimiento de maquinaria	Trabajo de halado para ensayos de perforación	Uso de Bentonita como lubricante para la maquinaria	Finalización de los trabajos	Total Acción 2	Requerimiento de mano de obra especializada	Mantenimiento continuo de la perforación	Personas afectadas		Total Acción 3							
FACTORES AMBIENTALES	A. Características físicas y químicas	1. Agua	Calidad de agua superficial	-0	0	0	-1	2	5	-1	-10	0	0	0	-1	2	5	-1	-10	0	0	0	+5	8	10	-10
			Calidad de agua subsuperficial	-0	0	0	-1	2	8	-1	-24	0	0	0	-1	2	8	-1	-24	0	0	0	+5	8	40	-8
			Disminución del recurso hídrico	-0	0	0	0	0	8	-1	-14	0	0	0	0	0	8	-1	-14	0	0	0	0	0	0	-28
		2. Suelo	Fisiología /geomorfología	-0	0	0	-1	2	-8	-2	-32	0	0	0	-1	2	-8	-2	-32	0	0	0	0	0	0	-64
			Calidad de Suelo	-0	0	0	-1	2	-1	-2	-12	0	0	0	-3	2	-5	-2	-48	0	0	0	0	0	0	-60
			Capacidad de Uso	-0	0	0	0	0	8	-2	-18	0	0	0	0	0	8	-2	-18	0	0	0	0	0	0	-36
		3.- Aire	Calidad de Aire	-0	0	0	0	0	-2	-2	-12	0	0	0	0	0	-2	-2	-12	0	0	0	0	0	0	-24
			Ruidos y vibraciones	-0	0	-1	-1	1	-5	-2	-31	0	0	-1	1	-5	-2	-31	0	0	-1	0	0	-1	-63	
	B. Condiciones biológicas	1. Flora	Diversidad y abundancia	-0	0	0	0	-1	-1	-16	0	0	0	0	-1	-1	-16	0	0	0	0	0	0	-32		
			Alteración del habitat	-0	0	0	0	0	-2	-1	-24	0	0	0	0	-2	-1	-24	0	0	0	0	0	0	-48	
			Especies protegidas	-0	0	0	0	-1	-1	-10	-20	0	0	0	0	-1	-1	-10	-20	0	0	0	+1	0	10	-30
		2. Fauna	Diversidad y abundancia	-0	0	0	0	-1	-1	-10	-20	0	0	0	0	-1	-1	-10	-20	0	0	0	0	0	0	-40
			Alteración del habitat	-0	0	0	0	0	-1	-1	-20	0	0	0	0	-1	-1	-20	-20	0	0	0	0	0	0	-40
			Especies protegidas	-0	0	0	0	-1	-1	-10	-20	0	0	0	0	-1	-1	-10	-20	0	0	0	+1	0	10	-30
C. Factores culturales	1. Economico	Generación de empleo	+8	5	+1	+1	1	0	0	42	+8	5	+1	+1	1	0	0	42	+8	5	+1	+1	1	81	165	
		Cambio de valor de la tierra	+1	5	+1	+1	1	0	0	19	+1	5	+1	+1	1	0	0	19	+1	5	+1	+1	1	22	60	
		Incremento de impuestos	+1	1	0	0	0	0	0	3	+1	1	0	0	0	0	0	3	+1	1	0	0	0	2	8	
	2. Social	Patrones culturales (estilo de vida)	+8	5	0	-1	1	-4	5	59	+8	5	0	0	-1	1	-4	59	+8	5	+1	+1	1	46	164	
		Salud	0	0	0	0	0	-1	2	38	0	0	0	0	0	-1	2	38	0	0	+5	+5	1	41	117	
		Seguridad	0	0	0	0	0	-1	2	38	0	0	0	0	0	-1	2	38	0	0	+5	+5	1	41	117	
TOTALES									-74								-110						302	118	0	

Fuente: Elaboración propia

En la matriz se observa que, en características físicas y químicas, así como en condiciones biológicas los impactos son mayormente negativos, esto debido mayormente a las dos primeras etapas del proyecto. Cabe recalcar que al finalizar el proyecto este tendrá un impacto positivo, pero este es más enfocado en la calidad de vida de las personas, nuestros aportes tienen el objetivo de que el impacto sea lo mejor tanto para las personas como para el medio ambiente.

6.1.2 Reciclado de Bentonita:

Tabla N° 5: Hoja de Excel - Reciclado

Forma de trabajo	TERRENO	Viscosidad	Factor sobre volumen sin retorno	Volumen Bentonita (m3)	TUNEL-GEL (kg/m3)	Soda-Ash (kg/m3)	QUIK-TROL (kg/m3)	NO-SAG (kg/m3)	Barolift (kg/m3)	TUNEL-GEL (kg)	Soda-Ash (kg)	QUIK-TROL (kg)	NO-SAG (kg)
SIN RETORNO	arena fina - grava	120	1	32,400	35	0.5	1	0.6	1	1,134,000	16,200	32,400	19,440
SIN RETORNO	arena - bolos	140	0.8589	27,827	40	0.5	1	0.6	1	1,113,092	13,914	27,827	16,696
RECICLANDO	arena - bolos	120	0.6675	21,626	35	0.5	1	0.6	1	756,913	10,813	21,626	12,976
POR TIEMPO PERFORACIÓN	arena - bolos	140	1	32,400	40	0.5	1	0.6	1	1,296,000	16,200	32,400	19,440

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se indica que mediante el uso de la maquina recicladora se ha podido obtener un número de kg reciclados de aproximadamente 756 913 kg, tomando en cuenta que cada bolsa pesa aproximadamente 30k serian un total de 25 231 bolsas menos, las cuales le dan un beneficio tanto monetario a la empresa, como un beneficio al medio ambiente.

6.2 Análisis e interpretación de datos

Luego de lo recopilado en la investigación se opta por hacer una tabla donde se exprese todas las medidas que nosotros consideramos pertinentes para reducir la contaminación. Esto será explicado en la tabla N° 6:

6.2.1 Matriz de Mitigación

Tabla N° 6: Matriz de mitigación

Medidas de Manejo	Impacto Ambiental o Social que atiende	Factor Ambiental	Objetivo	Acciones durante la perforación	Acciones durante el halado	Frecuencia de Revisión de cumplimiento	Responsable
Medidas de control sobre el agua	Calidad de Agua Superficial	Calidad y abundancia de los recursos hídricos	Evitar la alteración de la calidad del agua así como la cantidad de este.	Realizar las actividades con precaución, evitando derrames de aceite, combustibles y grasas. Supervisar continuamente el mantenimiento de los baños portátiles en los diferentes frentes.	Evitar los derrames de combustibles fosiles, etc, en especial la bentonita, ya que esta tiene un alto indice de contaminación.	Semanal	Capataz
	Calidad de Agua Subsuperficial			Manejar correctamente las herramientas e instrumentos para no provocar derrames de concreto o combustibles en frentes de trabajo. De producirse, deberan ser retirados y dispuestos adecuadamente en el menor tiempo posible	Supervisar adecuadamente los trabajos realizados en las cercanisa de la playa de ventanilla. Evitar el abandono de residuos sobre el cuerpo de agua.	Mensual	
	Disminucion del recurso hídrico			Se tiene que tener extremo cuidado cuando se perfora, tener un control sobre las zonas que seran afectadas	Evitar que el uso de aditivos como la bentonita lleguen a contaminar la zona adyacente al proyecto.	Semanal	
Medidas de Control sobre el suelo	Fisiologia	Suelo	Minimizar el impacto producido por la perforacion y halado en el proyecto	Realizar las actividades en las mejores condiciones del mar, siendo estas de poco viento, mar en calma, marea baja y menor velocidad de corrientes, disminuyendo y proponiendo la mejor forma para evitar el cambio brusco de la zona	Se realizara en las mejores condiciones posibles, ademas de tener que cuidar que los materiales usados no alteren la fisiologia del suelo,	Semanal	Capataz
	Calidad del suelo			La calidad no debera variar durante las etapas. O la variacion debera procurar ser minima	La calidad no debera variar durante las etapas. O la variacion debera procurar ser minima	Mensual	
	Calidad de uso			Se monitoreara la capacidad del suelo para los usos previstos,comenzando a prepararlos para dejarlos iguales a como estaban al inicio del proyecto	Se hace un estudio de la calidad del suelo, dejandolo tal cuales estaban al inicio del proyecto.	Mensual	
Medidas de control sobre el aire	Calidad del aire	Calidad del aire y acustica	Reducir al maximo las emisiones de gases por parte de la maquinaria así como respetar los niveles maximos de emision de	A los vehiculos, equipos y maquinaria se les realizara las inspecciones correspondientes para verificar y validar sus optimas condiciones de funcionamiento antes de ingresar al proyecto, ademas se solicitara previamente todas las revisiones tecnicas y autorizaciones exigidas segun las normas nacionales vigentes.	A los vehiculos, equipos y maquinaria se les realizara las inspecciones correspondientes para verificar y validar sus optimas condiciones de funcionamiento antes de ingresar al proyecto, ademas se solicitara previamente todas las revisiones tecnicas y autorizaciones exigidas segun	Semanal	Capataz
	Ruidos y vibraciones			Se controlara el uso de bocinas, restringiendolo solo a maniobras de retroceso del vehiculo o maniobra de vehiculos con carga pesada con su respectivo guia	Se tiene que controlar el ruido producido por la maquina de halado, así como la recicladora.	Diario	
Medidas de Control sobre la flora	Diversidad de abundancia	Flora	Conservar y en caso sea necesario rehabilitar la flora en la zona de impacto del proyecto	La maquinaria marin debe manejarse con extrema precaucion para que no se produzcan vertidos inesperados, que afecten a la sflora marina durante los meses del proyecto	La maquinaria marin debe manejarse con extrema precaucion para que no se produzcan vertidos inesperados, que afecten a la sflora marinadurante los meses del proyecto	Mensual	Residente
	Alteracion de habitad			Considerar la presencia, frecuencia de las corrientes marinas, de acuerdo a las estaiones de clima y el flujo de agua	Los equipos tendran se deben encontrar en estado optimo, para evitar posibles fallas y accidentes inesperados.	Mensual	
	Especies protegidas			Se reducira al minimo el area de influencia necesario de la perforacion, para eviar perturvar la flora marina.	El trabajo de halado requiere cierto nivel de intrusion, sin embargo este se minimizara al maximo.	Mensual	
Medidas de control sobre la fauna	Diversidad de abundancia	Fauna	Conservar y en caso sea necesario rehabilitar la fauna en la zona de impacto del proyecto	La maquinaria marin debe manejarse con extrema precaucion para que no se produzcan vertidos inesperados, que afecten a las poblaciones de las aves migratorias durante los meses del proyecto	La maquinaria marin debe manejarse con extrema precaucion para que no se produzcan vertidos inesperados, que afecten a las poblaciones de las aves migratorias durante los meses del proyecto	Mensual	Residente
	Alteracion de habitad			Considerar la presencia, frecuencia de las corrientes marinas, de acuerdo a las estaiones de clima y el flujo de agua	Los equipos tendran se deben encontrar en estado optimo, para evitar posibles fallas y accidentes inesperados.	Mensual	
	Especies protegidas			Para reducir el contacto con especies marinas cercanas al proyecto, se delimitara el trafico de maquinaria pesada por rutas preestablecidas, de preferencia rutas ya existentes, evitando alterar el ecosistema	Para reducir el contacto con especies marinas cercanas al proyecto, se delimitara el trafico de maquinaria pesada por rutas preestablecidas, de preferencia rutas ya existentes, evitando alterar el ecosistema	Mensual	

fuelle: Elaboración propia

En esta se expresa muy a parte de las mejoras del proyecto una forma de mitigar los impactos negativos de los trabajos necesarios para el proyecto, con esto se minimiza mas no se anula los daños que pueda haber hacia el medio ambiente.

6.3 Discusión

La investigación de la perforación dirigida sin zanja nos condujo a una serie de resultados, los cuales pueden ser aplicados, en la tabla N° 4, se logra esquematizar el impacto ambiental que recibe el entorno adyacente al proyecto, teniendo 7 indicadores principales los cuales se manejan de manera independiente para evaluar su impacto. Como dice Alonso Martin (2016) Con el reto de preservar su alto valor ecológico y al mismo tiempo favorecer el desarrollo de las actividades industriales, recreativas y urbanas que confluyen en estas zonas, se proyectan y ejecutan planes de saneamiento integral. Suelen ser obras emblemáticas, muy costosas y desarrolladas en diferentes fases, siendo el emisario submarino una de las actuaciones más singulares, con una relevancia significativa dada su complejidad técnica e importancia durante todo el proceso. Con esto en mente se sabe la dificultad y la magnitud que implica realizar este tipo de investigación.

Luego esta la tabla N° 5 donde se observa el resultado cuando se pone en práctica el uso de la maquina recicladora de bentonita, que no solo es un ahorro en material y costo, sino que es un gran avance en lo que respecta a la mitigación de impacto ambiental debido a residuos sólidos. “El suelo es el fundamento de los ecosistemas terrestres, sustento no solamente de las coberturas vegetales que hacen posible la vida sobre el planeta, sino base fundamental de la producción de alimentos en el mundo” (Villarreal et al., 2012).

Ya para acabar en la tabla N° 6 se observa el resultado total de toda la investigación, un total de seis indicadores principales, divididos y sumados tan un total de catorce subindicadores los cuales se dividen las dos etapas descritas en la tesis, cada una conlleva una medida especial para su mitigación, así como una persona responsable que se encargue de su cumplimiento.

CONCLUSIONES:

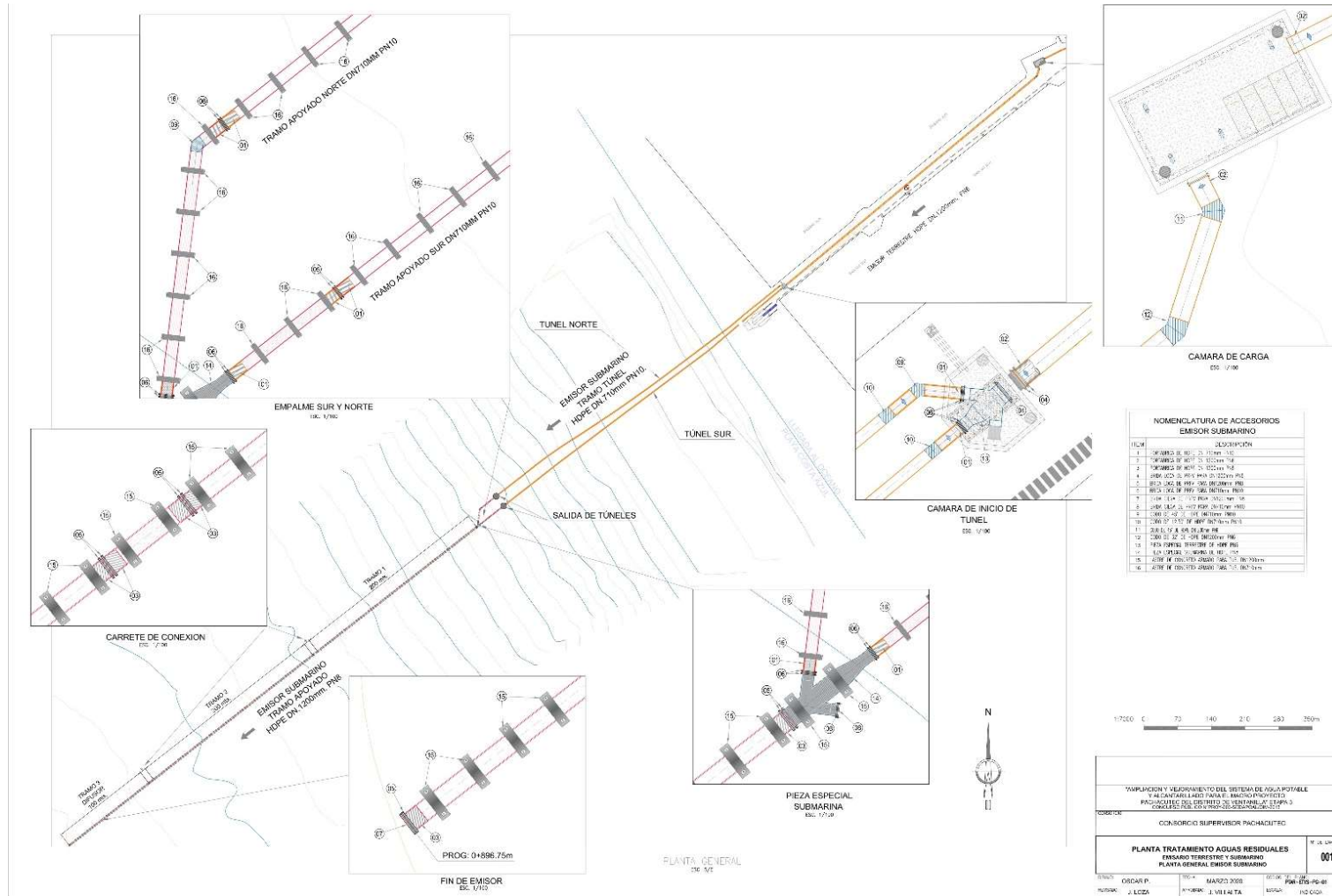
1. Al estudiar los procesos constructivos de la perforación dirigida se reconocieron algunas ciertas medidas de mitigación del impacto ambiental, demostrando así que la hipótesis es correcta.
2. Como medida de mitigación para los residuos sólidos es importante dividir a los residuos sólidos que se extraen, en peligrosos y no peligros para así poder tratarlos de manera que no presenten un peligro para la población o el medio ambiente. Además, que con esto se permite un mejor proceso de reciclado al momento de usar la bentonita.
3. Se está obligada a implementar un Plan de Manejo de Residuos Sólidos Peligrosos con el objetivo acondicionar y minimizar su peligrosidad, antes de su disposición final.
4. El reciclaje de bentonita no solo ayuda al medio ambiente, sino que también es un beneficio económico, ya que el rehusó de este material es menos costoso que su compra.
5. La fuente de contaminación en su mayoría es dada por la maquinaria, un correcto plan para mitigar los efectos provocados por estas ayudaría en gran medida al medio ambiente.
6. El gasto energético se reduce mediante el uso de los paneles solares, al ser implementados solamente para la iluminación, individualmente no presenta un gran impacto, sin embargo, al incrementar la cantidad el impacto es visible, este es una gran forma no solo de proteger el medio ambiente sino también que reducir el gasto económico.

RECOMENDACIONES:

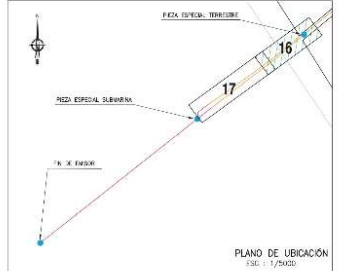
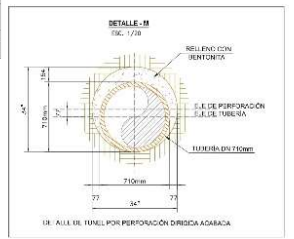
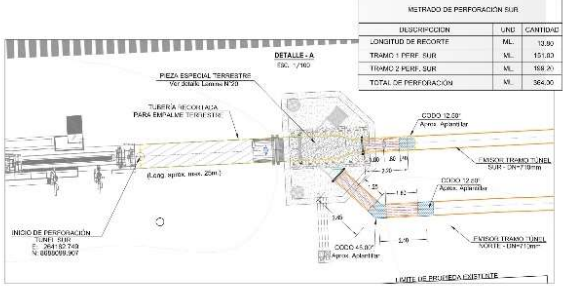
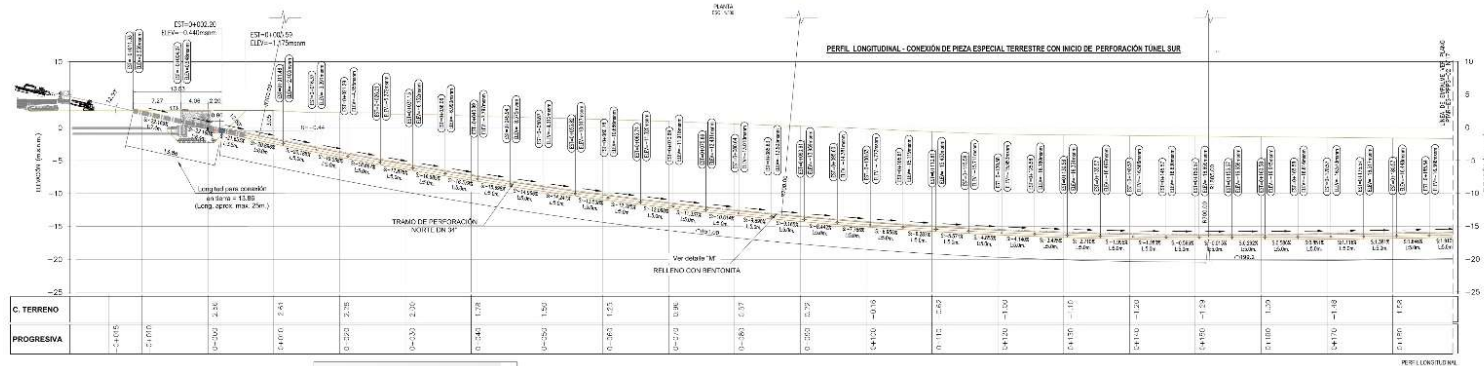
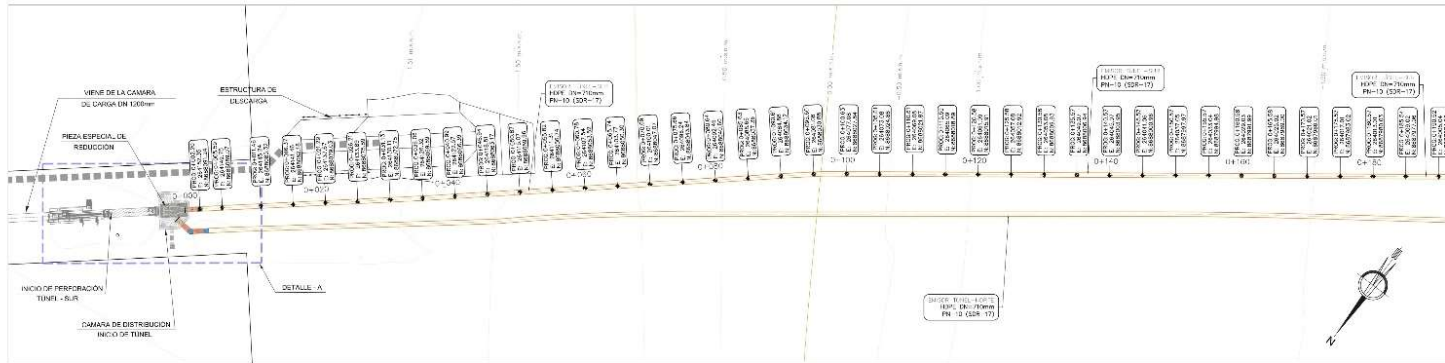
1. La matriz de mitigación debe ser usada como referencia para proyectos futuros de perforación horizontal dirigida, mas no una copia exacta ya que todos los proyectos difieren en bastantes puntos como es, ubicación, terreno, maquinaria utilizada etc.
2. La tecnología referente al aprovechamiento de la luz solar como fuente de energía, no está muy desarrollada en el Perú, es por eso que no se genera un mayor impacto con esta medida, sería recomendable investigar el uso en otros países y ver la posibilidad de traer esa tecnología al Perú, obviamente teniendo en cuenta las grandes complicaciones que esto implica.
3. A medida que la tecnología avanza el uso de los vehículos que usan combustibles fósiles disminuye y es reemplazada por vehículos eléctricos, una medida a futuro seria implementar estos cuando se encuentre disponibles en el mercado,

ANEXOS

ANEXO 1:



ANEXO 2:



LEYENDA

- LINEA DE TUBERIA (PERFIL)
- RELLENO CON BENTONITA (PERFIL Y PLANO)
- CODIGO

APLICACION Y MEDIALIZADO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA EL MACRO PROYECTO PRODUCTIVO DEL SECTOR AGROPECUARIO EN LA ZONA DE LOS SILOS (COMERCIO SEPARATIVO SUR)

ELABORACION DEL DISEÑO TECNICO CORRESPONDIENTE A LA PRESTACION DEL SERVICIO DE OBRAS Y CESTO DE VINCULACION Y CESTO PARA LAS PROVEEDURAS EN EL SUPLENIR EL SERVICIO AL TUNEL AL TAMBOR SUBGARRINAT

CONSORCIO SUPERVISOR PACHACUTEC

PLANTA TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EMBAJO SUBGARRINAT

PERFORACION DE TUNEL SUR

NO. DE PLAN: **016**

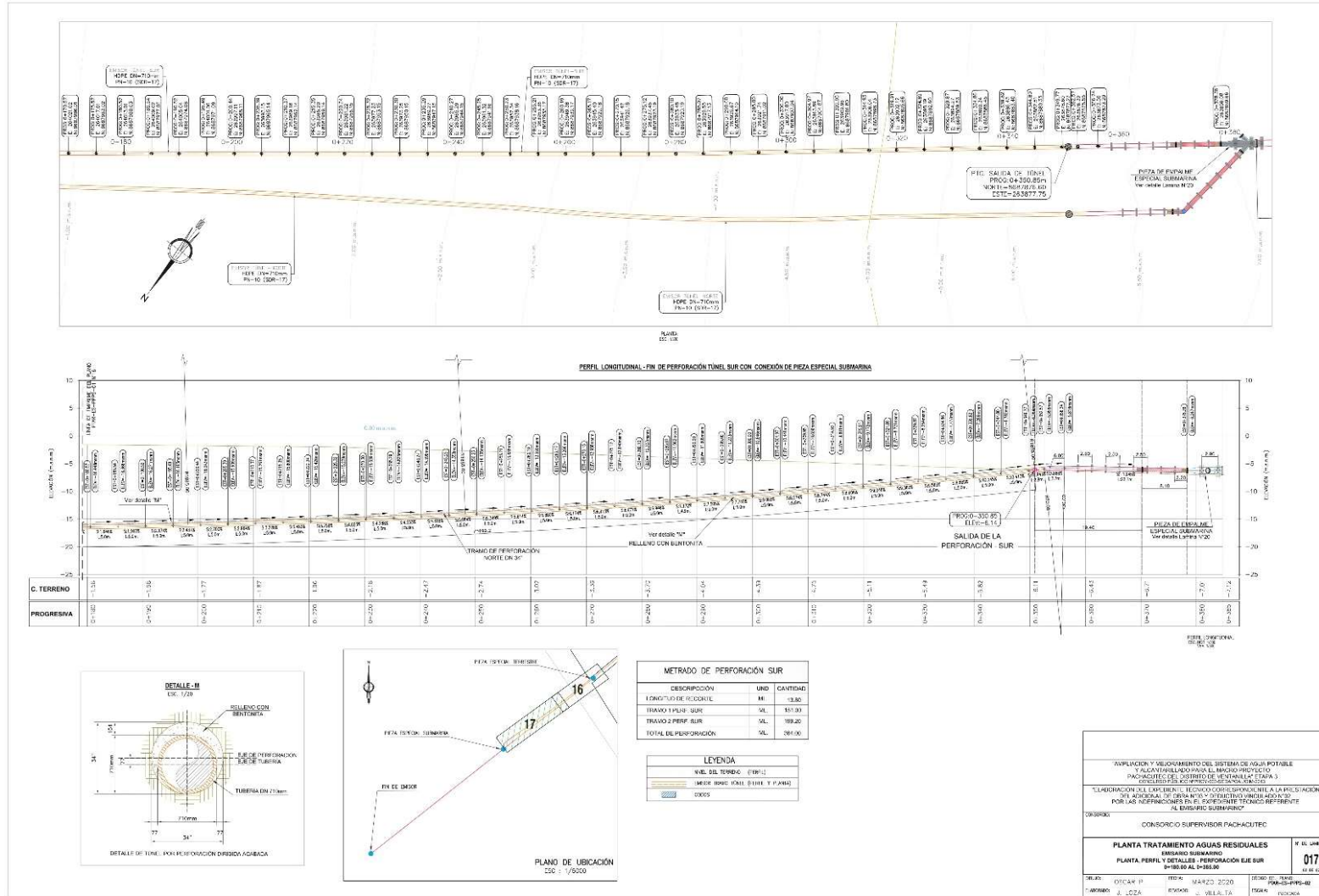
FECHA: 03 MARZO 2020

ELABORADO POR: J. COZA

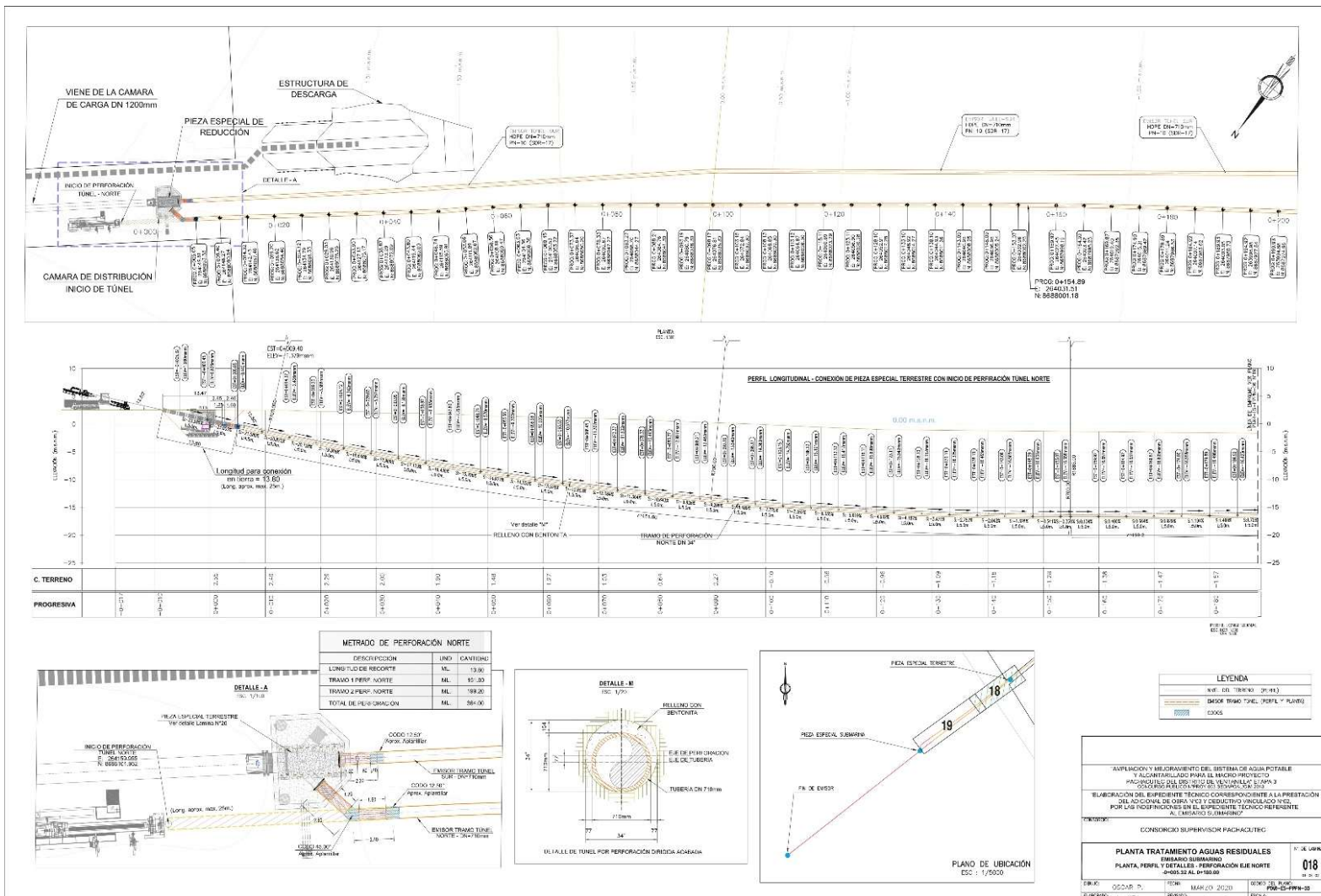
REVISADO POR: J. LAI TA

OPERA: INGENIERO

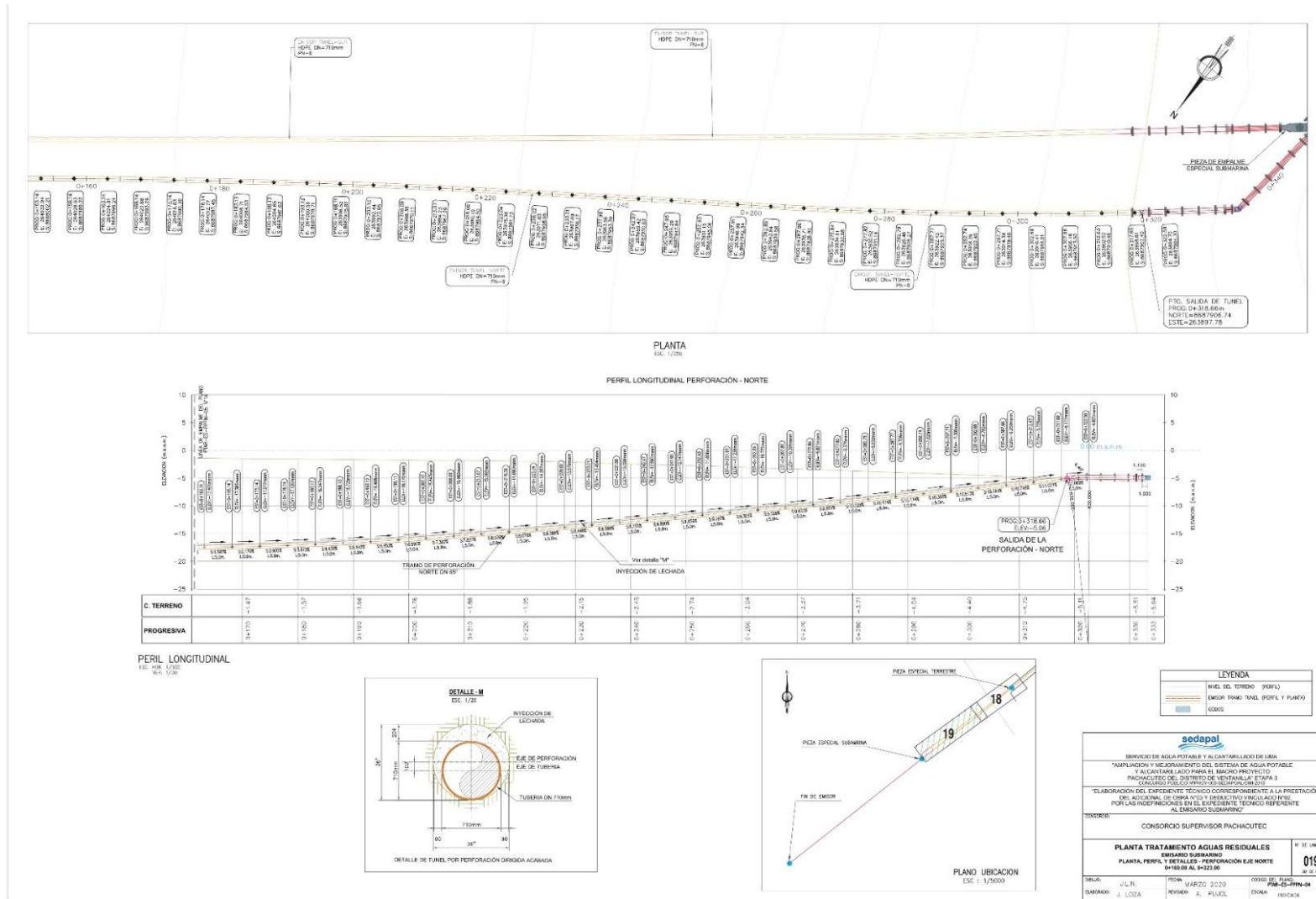
ANEXO 3



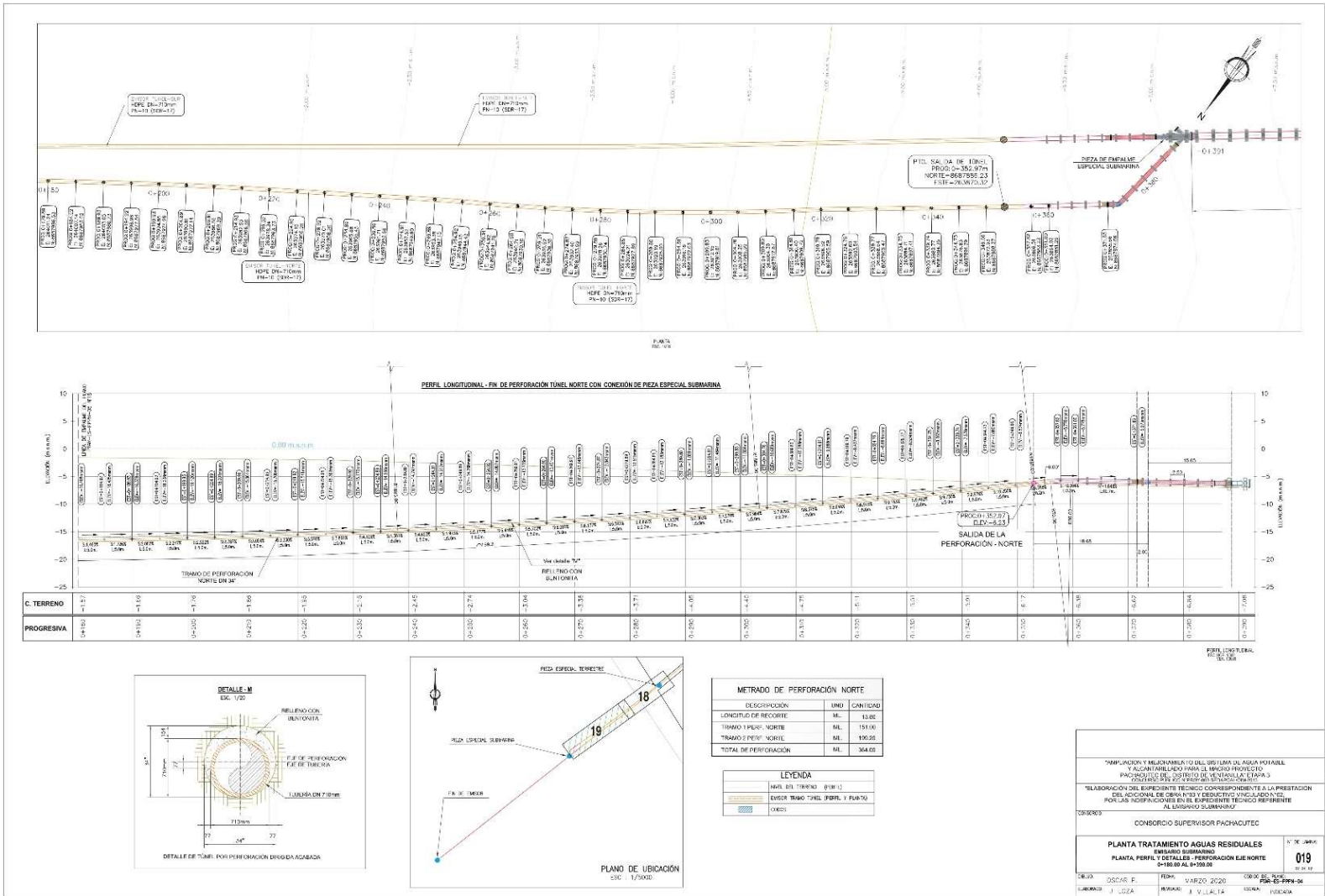
ANEXO 4:



ANEXO 5:



ANEXO 6:



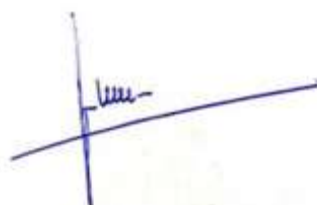
ANEXO 7:

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, Jorge Villalta Cabero, identificado con número de CE: 001353730, domiciliado en Avda. Central 1235, distrito de Santiago de Surco, provincia de Lima, departamento de Lima, en calidad de Jefe de Supervisión de la obra: "AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA EL MACROPROYECTO PACHACUTEC DEL DISTRITO DE VENTANILLA ETAPA 3: CONSTRUCCIÓN DE LA PTAR Y DESCARGA AL MAR MEDIANTE EMISARIO TERRESTRE SUBMARINO"

OTRORGO:

poder a los bachilleres de ingeniería civil de la Universidad Ricardo Palma, Andres Renzo Chávez Calderón, identificado con el DNI N° 70003282 y Bryan Roger Huaila Espinoza, identificado con el DNI N° 70657127, para utilizar los archivos, como planos, memoria descriptiva, proceso constructivo, etc.; del Expediente Técnico correspondiente a la Prestación del Adicional de Obra N°03 y Deductivo Vinculado N°02, por las indefiniciones en el Expediente Técnico referente al Emisario Submarino del proyecto de referencia, para la elaboración de su tesis.



Jorge Villalta Cabero
Jefe de Supervisión
Consorcio Supervisor Pachacutec



Bryan Huaila Espinoza
Bachiller Ingeniería Civil
Universidad Ricardo Palma



Andres Chávez Calderón
Bachiller Ingeniería Civil
Universidad Ricardo Palma

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguado García, D. (25 De Enero De 2019). *Universitat Politecnica De Valencia*.
Obtenido De [https://Polimedia.Upv.Es/Visor/?Id=7d8d5530-F52c-11e7-A69a-Ed3f85977e27](https://polimedia.upv.es/visor/?id=7d8d5530-f52c-11e7-a69a-ed3f85977e27)
- Alonso Martín, T. (2016). *Recuperación Ambiental, Mejora De La Depuración Y Del Vertido De La Ciudad De A Coruña Mediante El Emisario Submarino De Bens*. Madrid: Universidad Técnica De Madrid.
- Borja Suarez, M. (2016) *Metodología De La Investigación Científica Para Ingenieros*. Chiclayo.
- Brenes Quirós, O., Brenes Vega, P., & Solano Siles, C. (2002). *Diseño Del Proceso Constructivo Del Proyecto Emisario Submarino De La Ciudad De Limón*. Limón: Instituto Tecnológico De Costa Rica.
- Centro Panamericano De Ingeniería Sanitaria; (2000). *Emisarios Submarinos Alternativa Viable Para La Disposición De Aguas Negras De Ciudades Costeras En América Latina Y El Caribe*. América Latina Y El Caribe: Organización Mundial De La Salud.
- Comisión Nacional Del Agua. (2007). *Manual De Agua Potable, Alcantarillado Y Saneamiento*. Mexico, D.F: Secretaría De Medio Ambiente Y Recursos Naturales.
- Conesa Fernandez, V. (2006). *Guía Metodológica Para La Evaluación del Impacto Ambiental*. Madrid: Universidad Nacional Del Nordeste.
- Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental "Emisario Submarino de la Aldea de San Nicolás"*. Gran Canaria: PRESTA Servicios Ambientales.
- Cruz Minguez, V., Gallego Martín, E., & Gonzales De Paula, L. (2009). *Sistema De Evaluación De Impacto Ambiental*. Madrid: Universidad Complutense De Madrid.
- Fernández Rodríguez, L. Á. (2010). *El Emisario Submarino De Berria: Infraestructuras Funcionales Y Sostenibles*. Cantabria: Obrascon-Huarte-Lain.

- Figuroa Torres, E. O. (2013). *Estudio Hidro-Oceanografico Del Proyecto De Ampliacion Y Mejoramiento De Los Sistemas De Agua Potable Y Alcantarillado Dle Macro Proyecto Pachacutec-Ventanilla*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Fundación Neotrópicos. (1999). *Estudio De Impacto Ambiental Emisario Submarino De Cartagena*. Cartagena: Acuacar.
- Garcia Renteria, F. F. (2013). *Modelación De Los Efectos Del Emisario Submarino De Santa Marta Sobre La Calidad Del Agua*. Medellín: Universidad De Antioquia.
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., & Garmendia, L. (2005). *Evaluación Del Impacto Ambiental*. Madrid: Pearson Educación.
- Hernández Sampieri, R. (2014) *Metodología De La Investigación*, México DF, México: Mcgraw-HILL / Interamericana Editores S.A. De C.V.
- Merchant, C. (2006). Consuelo Castro Y Esteban Morales. La Zona Costera. Medio Natural Y Ordenación Integrada. *Revista De Geografía Norte Grande*, 97-101.
- Minguez Santiago, F. (2015). *Métodos de Excavación Sin Zanjas*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Ministerio Del Ambiente. (2016). *Evaluación Del Impacto Ambiental*. Lims: Dirección General De Políticas, Normas E Instrumentos De Gestión Ambiental.
- Moscarella Valle, M. V. (2011). *Asociación Entre La Descarga De Agua Residual Del Emisario Submarino Y Las Alteraciones En La Calidad Del Agua En Las Playas De Taganga, Rodadero Y Santa Marta*. Colomba. Santa María: Universidad Del Magdalena.
- Muñoz Camacho, E., Contreras López, A., & Mariano Molero, M. (2018). *Ingeniería Del Medio Ambiente*. Madrid: Universidad Nacional De Educación A Distancia.
- Sánchez Rivas, G., Blas Luna, N., & Chau Fernández, G. (2010). *Informe Nacional Sobre El Estado Del Ambiente Marino Del Perú*. Callao: Instituto Del Mar Del Perú.
- Soriano Parra, L., Ruiz Rivera, M. E., & Ruiz Lizama, E. (2015). Criterios De Evaluación De Impacto Ambiental En El Sector Minero. *Revista De La Facultad De Ingeniería Industrial*, 100-101.
- United Nations Educational, Scientific Cultural Organization (UNESCO). (2003). *Water For People, Water For Life Executive Summary Of The UN World Water Development Report*. Paris: UNESCO.

- Vásquez Calderón, J. A. (2015). *Impacto Ambiental En El Proceso De Construcción De Una Carretera Afirmada En La Zona Alto Andina De La Región Puno*. Lima: Pontificia Universidad Católica Del Perú.
- Pascual Barrera A. E. (2013) *Estudio numérico – experimental de la dispersión de efluentes de emisarios subamirnos en lsa costas valenciana*, Barcelona: Universidad Politecnica de Catalunya
- Lucio Rodríguez L.A. (2009) *Metodología para la planeación de análisis de riesgos en planas de procesos*. México D.F. Instituto Politécnico Nacional
- Uscuchagua Cornelio Mayvi Deysi (2016) *Optimización de metodologías de evaluación de impacto ambiental del sector minero en las regiones Junin, Pasco y Huanuco*. Huancayo. Universidad del Centro del Perú
- Castillo Salazar C. (2013) *Evaluación de la eficacia de las medidas de compensación asumida ante las autoridades ambientales en el proyecto de perforación exploratoria del bloque Garibay (Pozo Topocho)*. Bogota. Universidad Libre de Colombia.
- Ore Camarena L. V. (2016) *Gestión y manejo de residuos sólidos domiciliarios para las Comunidades Nativas en la Cuenca del rio Tampo, Distrito de Rio Tampo-Satipo*” Huancayo. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Calderon Mendoza I. M. (2014) *Actitudes hacia el cuidado del medio ambiente en los niños de educación inicial de Huancayo*. Huancayo. Universidad del Centro del Perú.
- Amsteins Ojeda K.P *Monitoreo ambiental participativo y ciencia Ciudadania en el lago Panguipulli: análisis de caso y propuestas para su conservación*. Region de Los Rios. Universidad Austral de Chile.