



UNIVERSIDAD MAYOR
Facultad de Ciencias
CONSTRUCCIÓN
CIVIL

**ANÁLISIS TÉCNICO DE MÁQUINA PAVIMENTADORA DE
ENCOFRADO DESLIZANTE, EN TRABAJO LÍNEA 3 Y 6 DEL
METRO DE SANTIAGO.**

Proyecto de Título para optar al Título de Constructor Civil

IVAN CARLOS RUIZ PEREIRA

PROFESOR GUÍA

Nicolás Moreno Sepúlveda

Diciembre 2017
Santiago, Chile

RESUMEN

El presente proyecto de título está basado en una investigación de tipo exploratoria, que tiene como objetivo fundamental analizar la *performance* de la máquina Pavimentadora de Hormigón modelo GT-3600 para la construcción de la canaleta en las líneas 3 y 6 del Metro de Santiago. Este proceso representó una nueva alternativa constructiva de alta tecnología, para desarrollar trabajos utilizando hormigones de mayor cohesión de manera eficiente, limpia y a bajos costos.

Actualmente en Chile, el mercado que utiliza este tipo de Pavimentadora, es bastante acotado, ya que su uso está restringido a trabajos específicos en el área de vialidad y se enfoca principalmente a labores constructivas de gran envergadura. No obstante, las características del Metro de Santiago, otorgaron que la máquina lograra su capacidad técnica al máximo, lo que permitió lograr un diseño geométrico acabado y completamente diferente a lo que normalmente construye.

De esta forma, la Pavimentadora se posiciona como una opción viable para ser un apoyo en las etapas constructivas de diferentes obras civiles, que demandan trabajos precisos, tiempos acotados y rendimientos eficientes. Asimismo, si se realiza una inversión en nueva tecnología se puede maximizar aún más su labor que apoye el normal funcionamiento de la máquina.

Summary

This thesis has been based on an investigation, which has as its fundamental objective, an analysis of the performance of the GT-3600 Curbing and Guttering machine for the construction of drainage channels for lines 3 and 6 of the Santiago Metro.

This process presents a new construction alternative employing cutting edge technology for the execution of works utilizing high cohesion concrete in a clean and efficient manner and at low cost.

Presently in Chile, the market for the use of this type of machine is very limited, as its use has been limited to specific works in the area of highway construction and focus primarily in large scale projects.

However, the characteristics of the Santiago Metro allowed the machine to achieve its maximum technical potential, allowing it to achieve a geometric design and a finish completely distinct to those normally constructed.

Thus, the Curbing and Guttering machine has positioned itself as a viable option during the construction stages of different civil works which demand high standards of finish, tight deadlines and efficient production levels. Additionally, by investing in new technology, it is possible to maximize the utilization of the labor resources which support the normal functioning of the machine.

Índice

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
CAPÍTULO I.....	3
1.1 GENERALIDADES.....	3
FOTOGRAFÍA 1. EQUIPO DOBLE OSCILANTE COMO ACABADORA DE CUBIERTA SCREED. FUENTE GOMACO	5
1.2 ANTECEDENTES DE OBRAS.....	10
CAPÍTULO II	15
2.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA RECORTADORA / PAVIMENTADORA DE ENCOFRADO DESLIZANTE GOMACO MODELO GT-3600.....	15
2.2 ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO MODELO GT-3600	26
2.3 MOVIMIENTOS MÁS REQUERIDOS POR LA MÁQUINA SEGÚN SU POSICIÓN.....	30
CAPITULO 3.	39
ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN CANALETA DE ENERGIZACIÓN	46
CAPITULO 4.	84
CONCLUSIONES	100
COMENTARIOS.....	102
BIBLIOGRAFÍA	109

Índice de Ilustraciones

Figura 1, Ejes virtuales	31
Figura 2, Movimiento en dos direcciones	32
Figura 3 Movimiento Nor-oriente, sur-oriente	34
Figura 4 Movimiento Norponiente sur-oriente.....	35
Figura 5 Movimiento hacia la derecha en sentido de avance.....	36
Figura 6. Movimiento izquierdo en sentido de avance	37
Figura 7. Fuente propia, movimiento altimétrico máximo que logra la maquina	38
Figura 8. Fuente propia, proyectado en base plano SIGNATURE Francia.....	39
Figura 9, fuente propia con fotografía 24(SOLERAS, 2017)	40
Figura 10, fuente propia. Pedestal que sujeta la cuerda de trazado.....	49
Figura 11. Posición tubo PVC descarga	58
Figura 12 Forma Galibo del túnel.....	80
Figura 13. Pendiente y peralte.....	81

DEDICATORIA

Quiero dedicarle mi gran agradecimiento a mi compañera y esposa de vida Susan, quien me apoyo en todos los momentos de esta noble misión que propuse en mi vida, al estudiar nuevamente, y por supuesto a toda mi familia que de una y otra forma siempre estuvo preocupada de mí.

También quiero agradecer a todo el cuerpo docente de la casa de estudios, que me brindaron un espacio en sus vidas y dedicaron partes de ellas, para que como estudiante lograra lo mejor de mí en cuanto al desarrollo profesional necesario para superar esta meta, como también las mejores orientaciones para mi futuro.

También un agradecimiento a todas las personas de la universidad (funcionarios) que brindaron en algún momento de estos años, su mejor disponibilidad para resolver alguna duda o requerimiento que se me presentó a lo largo de estos años y siempre tuvieron la mejor disposición con mi persona, al igual que la casa de estudios que indirectamente me trató de la mejor forma para poder cumplir mis objetivos.

Finalmente, a mi profesor guía quien tuvo la sabiduría y la disposición necesaria para apoyar de la mejor forma mis intenciones por llegar a una meta, que a veces parecía lejana.

Índice de Fotografías

Fotografía 1. Equipo Doble oscilante como acabadora de cubierta screed. Fuente GOMACO.....	5
Fotografía 2. Equipo para confeccionar zarpas.....	5
Fotografía 3. Distribuidor horizontal de hormigón. (GOMACO).....	6
Fotografía 4. Pavimentadora de encofrado deslizante GOMACO GT-3600. (GOMACO, 2017).....	7
Fotografía 5. Recortadora/Pavimentadora de Encofrado Deslizante GOMACO.....	8
Fotografía 6. Recortadora/Pavimentadora de Encofrado.....	9
Fotografía 7. Solera tipo A con Zarpa. Obra realizada por empresa HORMITEC.....	10
Fotografía 8. Hormigonado de Barrera de seguridad Cerro la Pólvara.....	11
Fotografías 9 y 10. Detalles constructivos del hormigonado de defensas camineras.....	11
Fotografía 11. Proyecto en Puertecillo para la empresa EBCO solera tipo Manquehue.....	12
Fotografía 12 (HORMITEC-proyecto3, 2017).....	12
Fotografía 13. Construcción de Barrera; Parapeto; Cuneta; Solera Tipo A con zarpa, proyecto Ruta 160, empresa ejecutora Hormitec.....	13
Fotografía 14. Barrera; Parapeto; Cuneta; Solera Tipo A con zarpa, proyecto RUTA 160, empresa ejecutora HORMITEC. (HORMITEC-R160, 2017).....	14
Fotografía 15. (HORMITEC-R160, 2017)	14
Fotografía 16. Muestra partes físicas de la máquina GOMACO modelo GT-3600.....	16
Fotografía 17. Sistema con cinta con Cinta Transportadora.....	18

Fotografía 18. Sistema de Barrena o tonillo sin fin.....	19
Fotografía 19. Sistema de sensores de planimetría y altimetría y cuerda trazado.....	19
Fotografía 20. Control electrónico G+.....	20
Fotografía 21. Diferentes tipos de sistemas GPS.....	22
Fotografía 22. Diferentes modelos de estaciones y equipos topográficos, con y sin sistemas robóticos y con radio frecuencia.....	22
Fotografía 23. Encofradora de hormigón GT-3600, ya con el de radio frecuencia 3D.....	23
Fotografía 25. Entrada de máquina por primera vez a METRO, por pique venteo MARATTON aproximadamente Agosto-Septiembre 2015 (www.soleras.cl, 2017).....	41
Fotografía 26. Bajando el equipo de camiones de hormigón MIXER por pique MARATHON, AGOSTO 2015.....	42
Fotografía 27. Personal de trabajo equipado para la obra diaria.....	45
Fotografía 28, prueba en dependencia de Leis planta San Bernardo con hormigón Polpaico (Polpaico, 2017).....	47
Fotografía 29, primera prueba en dependencias de Leis con hormigón.....	47
Fotografía 29, foto ilustrativa de un camión transitando por los túneles, línea 3 cerca de sector enlace. (reyad mix, 2017).....	56
Fotografía 30, sector pique MARATHÓN.....	57
Fotografía 30, más específica que muestra tubería por donde se producía embanque.....	58
Fotografía 31, por mientras que se construyó la nueva tubería se descargó con capacho como muestra la fotografía se hizo una plataforma especial para la descarga.....	59
Fotografía 32, descarga con capacho.....	59

Fotografía 33, descarga con capacho con dos personas autorizadas.....	60
Fotografía 34, descarga con capacho con dos personas autorizadas para la labor.....	60
FOTOGRAFIA 35, PK inicio de labores de Línea 6 PK 8150 septiembre del 2015.....	62
Figura 36. Personal de HORMITEC, SIGNATURE, IDOM, ETF, METRO, esperando primer camión para inicio de pruebas de hormigón.....	63
Fotografía 37, primer camión de hormigón que llega a la línea 6 comienzos en el PK 8150. Septiembre 2015.....	64
Figura 38, toma de cono y temperatura del hormigón antes de empezar la descarga directa en la máquina. Septiembre 2015.....	65
Figura 39, partiendo en línea 3 Junio 2016.....	66
Fotografía 40-a, cuerda de trazado y pedestales de metal. (ready mix, 2017).....	67
Fotografía 41, otra parte del túnel según avance. (SOLERAS, 2017)	68
FOTOGRAFIA 42, otra postura de la máquina trabajando en el METRO SANTIAGO. (www.soleras.cl, 2017).....	69
Fotografía 43, nueva postura de la máquina. (www.soleras.cl, 2017).....	70
Fotografía 44, otra zona de trabajo cerca de estación FRANKLIN. (www.soleras.cl, 2017).....	71
Fotografía 45, Máquina trabajando en la estación. (www.soleras.cl, 2017).....	72
Fotografía, 46 de la máquina construyendo en la estación. (www.soleras.cl, 2017).....	73
Fotografía 47, terminación de la cara exterior en hormigón, de acuerdo a lo construido en las estaciones. (www.soleras.cl, 2017).....	74
Fotografía 48, moldaje para construir los sobre losa de ,15 metro o 15 cm. (www.soleras.cl, 2017)	75

Fotografía 49, después de semanas de fraguado, se produce la terminación de la canaleta. (www.soleras.cl, 2017)	76
Fotografía 50, otra área de la canaleta terminada después de semanas de fraguado. (www.soleras.cl, 2017)	77
Fotografía 51, terminación total de canaleta con su respectiva tapa de hormigón armado. (www.soleras.cl, 2017)	78
Fotografía 52, otra vía terminada en su totalidad con sus respectivas tapas de hormigón armado. (www.soleras.cl, 2017)	79
Figura 12, fuente propia.....	80
Figura 13. fuente propia desarrollos de curvas.....	81
Fotografía 53, cono de ajuste para moldajes de hormigón diferentes diámetros.....	96
Fotografía 54 pasadores de para ajustar moldajes de hormigón.....	96
Fotografía 54, publicidad capacitación. (GOMACO).....	104

Índice de Tablas

Tabla 1

Flujo 1, en este ejemplo se proyecta el pago de la máquina durante 36 meses y el pago de gastos generales saldrá en su totalidad del trabajo que se plante en este flujo de caja. Pag.85

Tabla 2

FLUJO 2, con gastos generales solo al comienzo de la obra, sin pago de máquina. Pag.87

Tabla 3

Flujo 3, con gastos generales incluidos a través del tiempo, pero sin pago de máquina o arriendo por ella. Pag.89

Tabla 4

Flujo 4, con pago de maquinaria, ya sea arriendo de la máquina o pago en cuota a 39 meses y con pago de gastos generales solo un 50%. Además, se incluye el impuesto a la renta de empresas de un 25,0%. Pag.91

INTRODUCCIÓN

En relación a los procesos productivos que se están instaurando a nivel mundial, Chile comienza a otorgar pequeñas luces, en su intento de ocupar nuevas tecnologías en el rubro de la construcción, un ejemplo interesante de mencionar dadas sus características, lo constituye, el sistema de construcción de casas tipo BAUMAX que son fabricadas, totalmente en planta, por medio de placas de hormigón y que en terreno sólo deben montarse.

A propósito de lo mencionado y situándonos en los nuevos avances en el rubro de la ingeniería, este informe se abocará a analizar la máquina recortadora / pavimentadora de encofrado deslizante GOMACO GT-3600, que está orientada hacia la construcción de estructuras de hormigón y su característica principal, es que el hormigón queda perfectamente construido y totalmente moldeado, incrementándose el avance lineal de estructuras como soleras de calles, cunetas, pavimentos, defensas viales tipo “*New Jersey*”, entre algunos de los diseños, que se pueden lograr con esta máquina.

En ésta misma orientación, tanto en Chile como en el mundo, lo que buscan las empresas, ya sea privadas o que prestan servicios para el gobierno, es optimizar los recursos y otorgar un buen uso a las máquinas, logrando incrementar en forma importante la productividad y calidad acorde a las especificaciones, cada vez más exigentes para un mercado en continuas transformaciones y crecimiento.

Desde este escenario, en las últimas décadas, las máquinas han sido una revolución en el tema de la construcción para lograr mejorar la precisión, o incrementar los avances de obras con menor cantidad de gente en los procesos, es decir, lograr aumentos importantes en la productividad de los proyectos y una mejora significativa en la calidad del producto obtenido.

Por lo que respecta a lo anterior, es preciso entender que la reducción de operarios, se puede orientar al desarrollo de los mismos trabajadores, con capacitaciones en otras áreas, como por ejemplo en el mantenimiento de máquinas, fabricación de piezas para aparatos, o personas, por tanto, los trabajadores que antes se desempeñaban, por ejemplo, como

albañiles, podrían eventualmente pasar a ocupar un puesto de técnicos en mantenimientos de tecnologías avanzadas.

Para finalizar, estos avances tecnológicos comprenden una tarea maratónica, puesto que requieren de una mirada estratégica con altura de miras, que permita responder a las nuevas necesidades otorgando calidad y eficiencia, ya sea desde el área privada como estatal, de modo de satisfacer las demandas a una sociedad del futuro que se acerca a pasos veloces

OBJETIVO GENERAL

Nuestro objetivo general es analizar la performance de la máquina recortadora / pavimentadora de encofrado deslizante GOMACO modelo GT-3600, como herramienta principal en la construcción de la CANALETA DE ENERGIZACION DEL METRO DE SANTIAGO LINEA 3 y 6 y sus alcances en el rubro de la construcción,

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Descripción técnica de la maquina Recortadora / Pavimentadora de Encofrado Deslizante GOMACO modelo GT-3600.
2. Describir las etapas que requiere el proceso de construcción con dicha máquina se menciona trabajos línea 3 y 6 del Metro de Santiago Chile.
3. Analizar una proyección de la inversión, flujos de avance de obra, costos operativos, proyecciones económicas.

CAPÍTULO I.

En éste capítulo se entregarán los antecedentes generales del equipo denominado Recortadora / Pavimentadora de Encofrado Deslizante GOMACO modelo GT-3600.

1.1 Generalidades

Remontándonos en la historia hacia mediados de los años 90, nuestro país se vio en la necesidad de innovar en el tema de pavimentación e interiorizarse, en los avances de los países más desarrollados, en especial los participantes en procesos constructivos de infraestructura y vialidad urbana.

Es así, como el gobierno de CHILE en conjunto con la CORFO y FONTEC (Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo) y el apoyo del gobierno de Estados Unidos, invitaron a una delegación de 45 profesionales, para que se interiorizaran en las técnicas que se están aplicando para la reparación o recuperación de pavimentos, especialmente Estados Unidos. (ICH, 2017)

En este contexto, se visitaron 6 Estados siendo Las Vegas, el centro neurálgico de traspaso de información comercial e ingeniería, con la visita a la feria CONEXPO de empresas locales, que principalmente son compañías dedicadas a la elaboración de maquinaria, para el tratamiento de los pavimentos y desde aquel lugar se empieza a tomar conocimiento de la empresa GOMACO. No se puede precisar a ciencia cierta, todos los intercambios de información que ocurrieron, lo cierto es que la delegación luego en Chile, hizo varios informes técnicos, sobre el estado del arte en recuperación y cepillado de hormigones.

En cuanto a lo anterior, quedó claro como conclusión que Estados Unidos, optaba por el Grado de Serviciabilidad de los Pavimentos, ante todo, ya que en esos tiempos se prefería reparar las grietas antes que cambiar una losa de hormigón, para mantener los normales

flujos de desplazamientos vehicular y no entorpecer la vida cotidiana en la ciudad. (ICH, 1999)

Asimismo, ya para esos años Chile pensaba en palabras mayores, es por esto, que en este tiempo el Gerente General del ICH (Instituto Chileno del Hormigón), Juan Pablo Covarrubias participa en el 21° Congreso Mundial de Carreteras, que se realizó en Kuala Lumpur, donde la interrogante para muchos países, fue la privatización de la infraestructura vial, como la respuesta más acertada al desarrollo acelerado de carreteras en el siglo 21. (ICH, 1999).

Con estos antecedentes, más la historias que muestran las diferentes empresas del país, especializadas en esta área de trabajo (pavimentos de hormigón), instauro el primer precedente, que se inicia bajo el desarrollo de diferentes empresas, por alcanzar niveles de ingeniería más avanzados, introduciendo en sus mismas industrias, tecnologías de punta para el desarrollo de negocios más rentables. Algunas de las empresas más destacadas, que se han observado; es la empresa LEIS representante de la marca GOMACO con filiales en Santiago, Concepción y Puerto Montt.

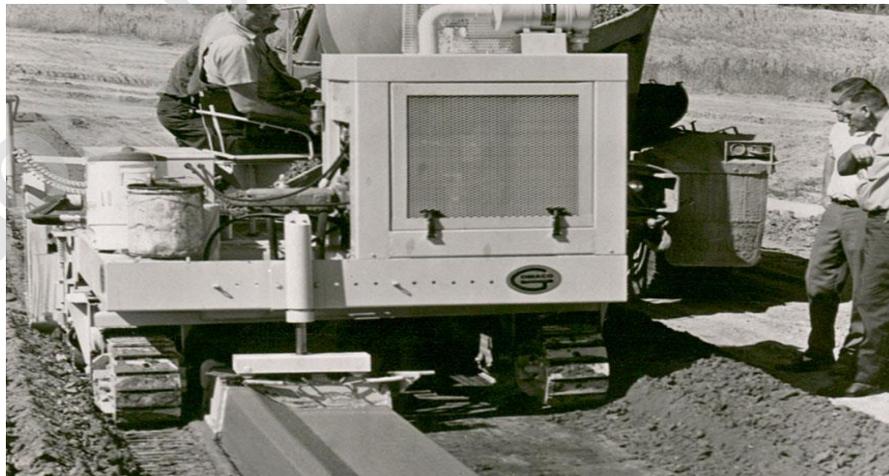
De igual forma, también se debe mencionar a la empresa RIKLEIN, en comparación con la mencionada anteriormente, tienen una trayectoria de experiencia en el país desde el año 2010, con el desarrollo de políticas privadas, para lograr trabajos con hormigón “in situ”, es decir, en terreno, ocupando tecnología de punta para sus productos y servicios, pero con un distribuidor de marca-empresa distinto a la empresa que vamos analizar que es GOMACO.

La empresa donde se diseñan y fabrican este tipo de máquinas está situada en Ida Graw, IOWA,.EE. UU. (Estados Unidos de América). La empresa GOMACO fue creada por el señor Gary Godbersen y como tal, empezó sus funciones en el año 1965, vendiendo equipos en Ida Grow, Iowa, USA. La venta se centró en tres tipos de equipos para esas fechas, destacando uno, el prototipo doble oscilante a acabadora de cubierta screed (fig.1).



Fotografía 1. Equipo Doble oscilante como acabadora de cubierta screed. Fuente GOMACO

En la década de 1970, GOMACO cuenta con una plantilla de 30 empleados, aumentando su línea de productos. En este periodo se introdujo el primer encofrado deslizante para bordillo y cuneta máquina GT-6000, en donde el concepto de ajuste/por diseñado en el GT-6000 fue un hito importante para GOMACO Corporación. (www.gomaco.com, 2017).



Fotografía 2. Equipo para confeccionar zarpas.

La empresa GOMACO en la actualidad cuenta con más de 30 modelos de máquinas, que cumplen distintos roles en la construcción de obras civiles, ocupando el hormigón como el principal material, que las máquinas que pueden moldear según las exigencias de los proyectos en las áreas que les toca funcionar. Las características del producto acabado que construyen las máquinas con el hormigón como material moldeable, se centra en calles, y autopistas, pistas de aterrizajes (aeropuertos), cunetas, caminos menores, barreras de seguridad en carreteras (“New Jersey” o barreras), canales de regadío, y parapetos en puentes.

Las formas, estructuras y el grado de terminación, que se logra como producto final de la máquina son excelentes y se requiere de un trabajo manual de terminación mínimo. El equipo permite variar en dimensiones, tiempos de trabajo y la dificultad de la faena. En el año 2007 en la feria expo-hormigón 2007 del ICH, ya se hablaba de la construcción de soleras IN- SITU. (ich, 2007). De acuerdo a esto y como se mencionó anteriormente la empresa fabricante GOMACO cuenta con más de 30 modelos de máquinas, para satisfacer la gran mayoría de los requerimientos.



Fotografía 3. Distribuidor horizontal de hormigón. (GOMACO)



Fotografía 4. Pavimentadora de encofrado deslizante GOMACO GT-3600. (GOMACO, 2017)

A continuación, se presenta el desarrollo de la actividad de la máquina Recortadora/Pavimentadora de Encofrado Deslizante GOMACO GT- 3600, en los trabajos en la línea 3 y 6 del Metro de Santiago.



Fotografía 5. Recortadora/Pavimentadora de Encofrado Deslizante GOMACO.. (GOMACO, 2017) (GOMACO, 2017)

En la fotografía se observa el trabajo en superficie del Equipo Pavimentadora de encofrado deslizante GOMACO GT-3600.

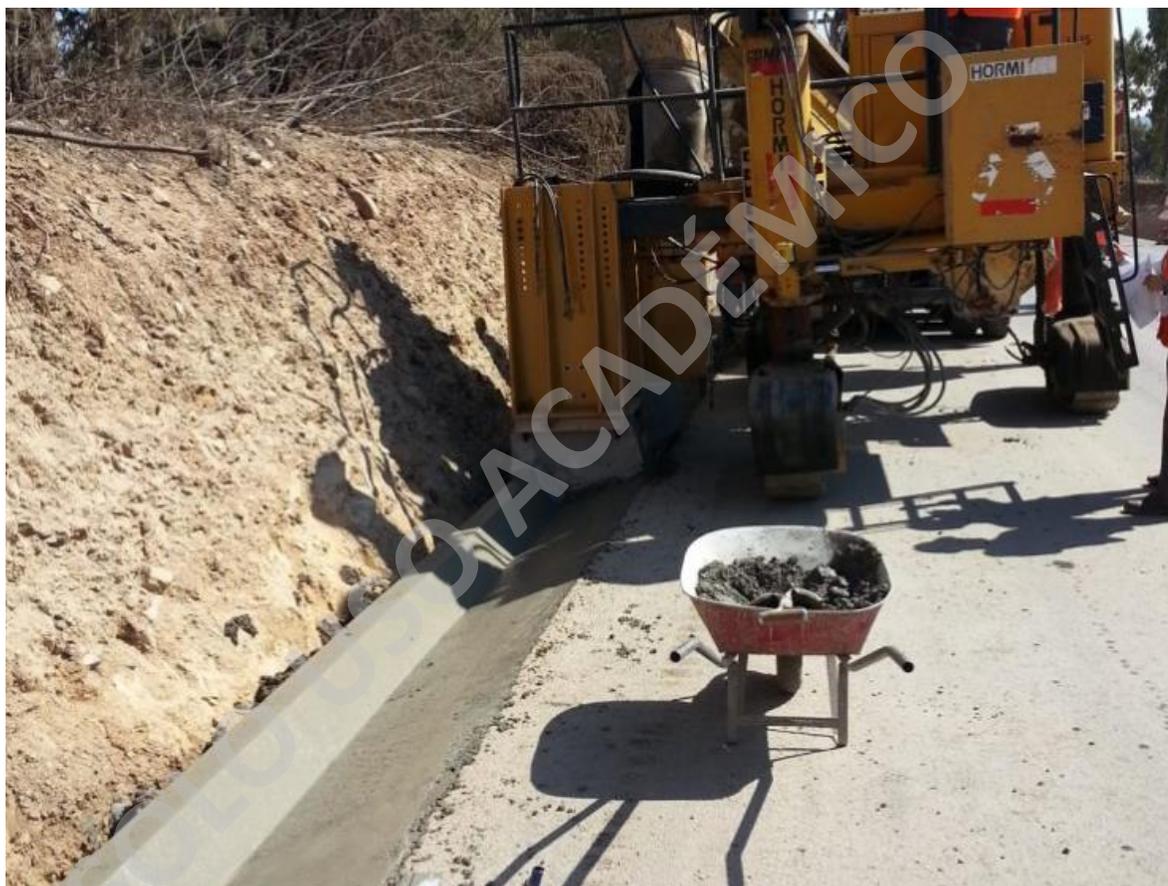


Fotografía 6. Recortadora/Pavimentadora de Encofrado.

Trabajo en superficie en Chile Recortadora/Pavimentadora de encofrado deslizante GOMACO GT-3600, colocando barreras de seguridad. (HORMITEC-R160, 2017)

1.2 Antecedentes de obras.

El equipo en estudio es bastante versátil, por lo que puede adaptarse para el proceso de hormigonado, los antecedentes fotográficos que se muestran en este capítulo, fueron obtenidos en una empresa especializada en la ejecución de obras “in-situ”, usando esta tecnología y máquinas. (www.soleras.cl, 2017).



Fotografía 7. Solera tipo A con Zarpa. Obra realizada por empresa Hormitec.



Fotografía 8. Hormigonado de Barrera de seguridad Cerro la Pólvara.



Fotografías 9 y 10. Detalles constructivos del hormigonado de defensas camineras.



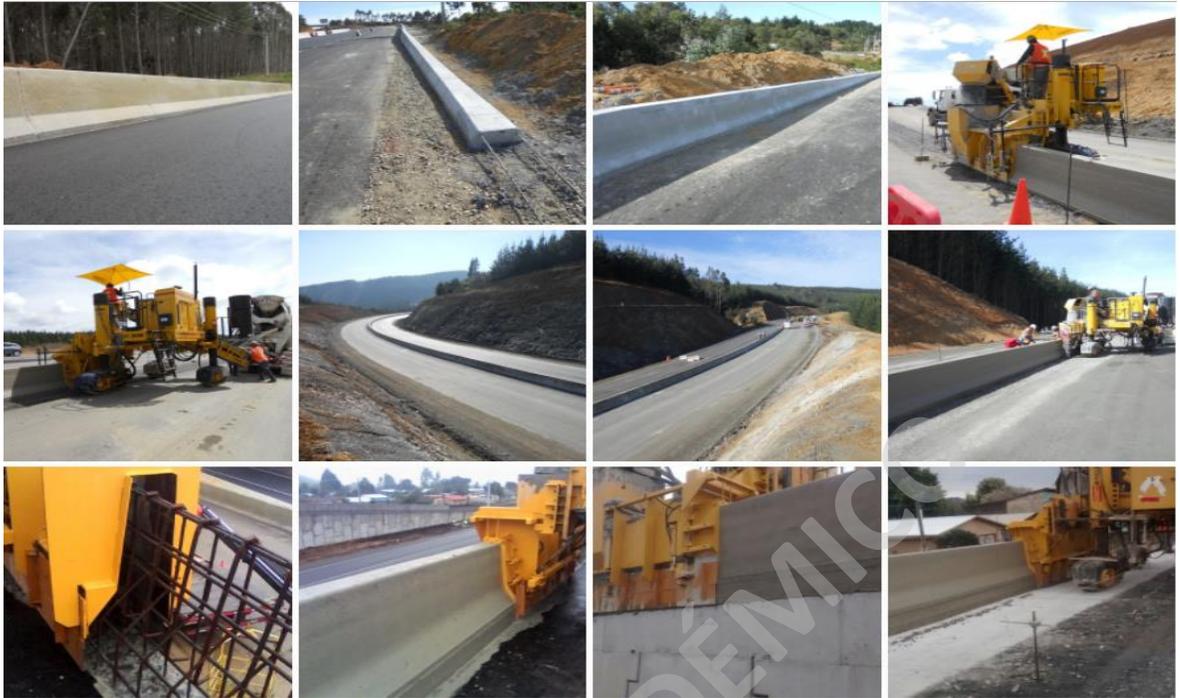
Fotografía 11. Proyecto en Puertecillo para la empresa EBCO solera tipo Manquehue.



Fotografía 12 (HORMITEC-proyecto3, 2017)



Fotografía 13. Construcción de Barrera; Parapeto; Cuneta; Solera Tipo A con zarpa, proyecto Ruta 160, empresa ejecutora Hormitec.



Fotografía 14. Barrera; Parapeto; Cuneta; Solera Tipo A con zarpa, proyecto RUTA 160, empresa ejecutora HORMITEC. (HORMITEC-R160, 2017).



Fotografía 15. (HORMITEC-R160, 2017)

CAPÍTULO II

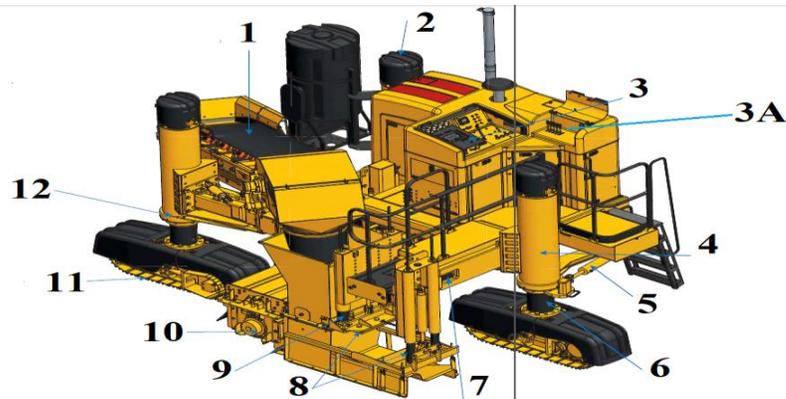
2.1 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA RECORTADORA / PAVIMENTADORA DE ENCOFRADO DESLIZANTE GOMACO MODELO GT-3600.

En nuestro país, en la década de los noventa, se inicia el proceso de puesta a punto y su empleo con éxito, con la Constructora Ingeniería Civil Vicente, el primer tren pavimentador que fue empleado en las obras viales de conexión entre Punta Arenas y Puerto Natales, por necesidades de buen tiempo, lográndose con ello, una pavimentación promedio de 800 m al día, en un ancho de vía de 7,0 metros de ancho.

Además en el año 2012 la industria de la construcción chilena, tenía antecedentes tangibles de los trenes pavimentadores o (Recortadora / Pavimentadora de Encofrado Deslizante), si bien en Chile, en los diferentes informes que se presentan en los boletines oficiales del ICH (Instituto Chileno del Hormigón) aparece el nombre trenes pavimentadores provenientes de Estados Unidos para Chile o los boletines de la industria se le da el nombre de (recortadora pavimentadora de encofrado deslizante), ya habían en la industria diferentes empresas trabajando con este sistema, a pesar de no ser la misma máquina y marca, como eran las empresas Constructora Vilicic, Claro Vicuña Valenzuela, Trebol, Kodama. (Hormigón al día, marzo 2012, número 51, boletín informativo ICH).

En cuanto a las ventajas de implementar un sistema de pavimentador con molde deslizante, inmediatamente se tiene la certeza de reducciones de los tiempos de trabajo, con un costo menor y mayor calidad. Ya para esa fecha, la empresa representante en Chile, LEIS, anunciaba técnicamente que las máquinas podían rendir hasta 1 km, en un día con espesores que estaban en el rango de 10 cm a 50 cm.

En relación a lo mencionado, pero específicamente centrando nuestra atención hacia el modelo GT-3600 se debe describir las siguientes partes técnicas:



Fotografía 16. Muestra partes físicas de la máquina GOMACO modelo GT-3600

1. Transportador de carga impulsado hidráulicamente con 4 posiciones para deslizamiento e inclinación. El transportador de carga de 4,57 metros de largo y 610 milímetros de ancho, es impulsado hidráulicamente, reversible y cuenta con una tolva de carga para aumentar la producción.
2. Pata telescópica.
3. Comando electrónico, sistema electrónico de comando vibradores.
4. Pata trasera deslizante a potencia.
5. Los exclusivos cilindros de dirección “inteligentes” se usan para el control confiable de la dirección, permitiendo la configuración de la dirección y la fijación de parámetros por botones.
6. Patas tipo émbolo.
7. Plataforma telescópica del operador para molde y sujeción.
8. Sistema de montaje de moldes Hook-and-Go para cambios de molde rápidos y fáciles. Aquí se destaca que para cada obra este sistema puede intercambiarse dependiendo de la forma geométrica del producto acabado que se quiere construir, para este caso se aprecia una solera tipo Manquehue.
9. Molde de elevación vertical. Este puede variar dependiendo del tipo de molde que se coloque.
10. El cilindro de corte ofrece 1219 milímetros de desplazamiento lateral hidráulico, 305 milímetros de ajuste vertical hidráulico y 152 de ajuste vertical manual, lo cual permite hasta 457 milímetros de ajuste vertical.

También este sistema va a depender de la obra y el tipo de terreno que se va a trabajar.

11. Tres orugas impulsadas por engranaje y accionadas hidráulicamente, de 1,6 metros de largo.
12. Pata giratoria a potencia. (WWW.GOMACO.COM, 1998-2017)

De acuerdo a la descripción general que se plantea en este índice técnico fotografía 16, el modelo GT-3600, se precia con una cinta transportadora y un molde encofrado para soleras tipo Manquehue, para explicar lo realizado en las obras del Metro de Santiago, en donde durante el proceso de estudio de la propuesta, se especifica el empleo de moldes convencionales.

El equipo tiene velocidades de funcionamiento dependiendo del tipo de estructura, comprendidas entre 13 m / min y 38 metros / min, para mayor movilidad en el sitio de trabajo que pueden vaciar con radios de hasta 610 milímetros. La dirección en todas las orugas (ATS) reduce el tiempo necesario para subir y bajar de la lienza, el traslado en el sitio de trabajo y la carga para transporte. La capacidad de dirigir todas las orugas permite precisión en la dirección en radios estrechos. La función de posicionamiento de todas las orugas (ATP) permite colocar las patas, en posiciones que ofrezcan la mejor estabilidad y permitan evitar obstáculos. La pata delantera derecha, se telescópica, la pata delantera izquierda gira y la pata trasera se desliza para ajustar sus respectivas posiciones. (WWW.GOMACO.COM, 1998-2017)

La GT-3600 se eleva hidráulicamente para la pavimentación con encofrado deslizante de barreras o parapetos sin necesidad de modificaciones. Comprende un ancho de transporte de 2,6 metros, largo de 5,3 metros y altura de 2,5 metros. Se caracteriza por sus usos múltiples, incluyendo cordón y cunetas, aceras, caminos recreativos, barreras, parapetos de seguridad de puentes y pavimentaciones de hasta 3 metros de ancho. (WWW.GOMACO.COM, 1998-2017).

A propósito de lo referido al transporte del material, si bien en el modelo de catálogo, se muestra una cinta transportadora que lleva el hormigón fresco hacia arriba, para que luego por caiga por gravedad en el molde de vibradores y luego salga por el molde de forma fotografía 17, también para esté mismo propósito existe un transportador barreta, con anillo sin fin que cumple la función de mantener el hormigón en movimiento y se desplaza por el anillo, hasta llegar arriba y después cae el hormigón por gravedad , el uso de este transportador de barreta, depende si se coloca o no para ver cual da un mejor terminado dependiendo del modelo.

Sobre las patas telescópicas que las tres orugas las tienen, estas se pueden nivelar en terreno subir o bajar a gusto del operador en forma manual, sin embargo, si está en modo automático, la máquina la nivelara al ajuste que tenga la cuerda de dirección o cuerda de trazado y nivel topográfico, para quedar a un delta de elevación estándar antes de partir construyendo. Evaluando la funcionabilidad de la pata telescópica que se presenta en las tres orugas y que funcionan forma vertical, es de vital importancia para colocar los pedestales de metal que afirman y sostienen la cuerda de trazado topográfico, que la variación de altura la coloque un técnico topógrafo con conocimientos en topografía y que sepa las cotas de proyecto y del terreno y que en gabinete pueda subsanar alguna desviación del terreno como se comentara en capítulo 3.

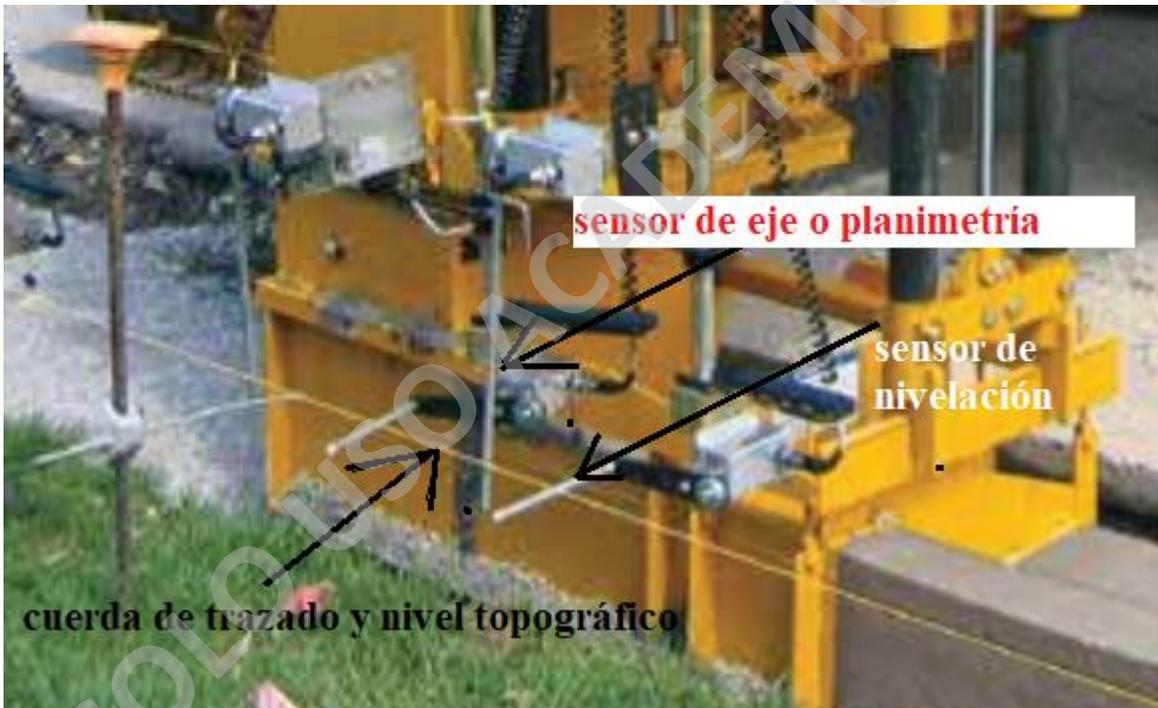
La cuerda de dirección es una cuerda de un material extremadamente fuerte que está hecho para soportar tensiones, de mucha fuerza y mantener rígido y ser la guía de la máquina, tanto en planimetría como altimetría y este trazado topográfico tiene que hacerlo un técnico con experticia en el tema para lograr los parámetros geométricos de la obra. Se muestra en las imágenes más adelante.



Fotografía 17. Sistema con cinta con Cinta Transportadora.



Fotografía 18. Sistema de Barrena o tonillo sin fin, para mantener el hormigón en movimiento



Fotografía 19. Sistema de sensores de planimetría y altimetría y cuerda trazado.

Para este caso del ejemplo de la figura, la cuerda de trazado y nivel va por fuera, pero se puede colocar donde más le quede cómodo al operador como a los ayudantes o maestros. Es posible apreciar, el sensor de eje o planimetría y el sensor de nivelación que están guiados por la cuerda de trazado y nivel topográfico.

En relación al Comando electrónico G+, este es un sistema de última generación, corresponde al cerebro guía, de toda o la mayor parte de la funcionabilidad electrónica de la máquina, con éste dispositivo se controla, el sistema de transporte, orugas movimientos encendidos, temperaturas óptimas de los motores y todo lo que esté relacionado con el movimiento, sensores de la máquina u otros, en relación al sistema convencional.



Fotografía 20. Control electrónico G+.

En relación a este sistema que funciona en 2D (dirección asistida manualmente por una guía de trazado topográfico o cuerda de trazado). En el año 2000 se estaba probando en Estado Unidos un nuevo sistema que reemplaza a la cuerda guía o cuerda de trazado topográfico, el sistema funciona con señales de frecuencia y se nombra el sistema 3D, entonces el proyecto, se puede almacenar en la computadora y con los equipos topográficos radiales de última generación, la máquina ya no necesita sensores fijos, dado que estos, los lleva en los comandos internos de la misma y puede auto-orientarse en base a señales de GPS y antenas colocadas estratégicamente en la pavimentadora, los GPS geodésicos o estaciones totales topográficas robóticas o con sistema de radiofrecuencia. Para esto la compañía, tuvo que asociarse con otras empresas especializadas para poder llevar a la realidad la incorporación del sistema 3D.

El sistema GPS geodésico, es un equipo de última generación, que funciona con radio frecuencia y se conecta a los diferentes sistemas satelitales que orbitan el planeta, su particularidad es que trabaja con una sensibilidad alta y entrega errores de ejecución en el

rango de ± 4 centímetros en ejecución de obra, para llegar a este rango de precisión en obra en trazado lineales, se tiene que ajustar por personal idóneo (ingenieros o técnicos Geomensores capacitados, o ingenieros Geomáticos), la información geodésica que maneje los software que estén tanto instalados en estos equipos , (GPS, ESTACIONES TOTALES, SISTEMAS REPETIDORES TOPOGRAFICOS) como en la pavimentadora, que se va a colocar este sistema.

En base a lo anterior la estación total robótica, con sistema de radio frecuencia, son equipos de última generación topográfica, que ya se ocupan en otras partes del mundo en forma masiva, para los diferentes apoyos en la ejecución de obras de diferentes magnitudes, como Aeropuertos, Represas, Obras Civiles de gran envergadura, el costo de estos equipos, más el costo de un técnico especializado, es alto todavía para nuestro país y por esta razón lo adquieren las grandes empresas y todavía no se ha masificado a nivel local, para empresas medianas o pequeñas, a diferencia de Estados Unidos, en donde las oficinas de ingenierías, invierten en todos estos ítem, porque los sistemas quizás de pago, accesos y capacitaciones están más desarrollados y al acceso de mayor cantidad de ingenieros o técnicos idóneos como así los dueños de medianas y pequeñas empresas es más masificado.

Tanto el ingeniero Geomensor, como el ingeniero Geomático, son profesionales que tienen una instrucción académica sobre este tema y manejan los ajustes de parámetros de información geoespacial o SIG (sistemas información geográfica). Es por esto, que el sistema 3D no será profundizado en este proyecto de título y se otorgará un análisis breve, orientado a dar a conocer las nuevas tecnologías que se desarrollarán en el mercado mundial.



Fotografía 21. Diferentes tipos de sistemas GPS.



Fotografía 22. Diferentes modelos de estaciones y equipos topográficos, con y sin sistemas robóticos y con radio frecuencia.



Fotografía 23. Encofradora de hormigón GT-3600, ya con el de radio frecuencia 3D

La Encofradora de hormigón GT-3600, con la incorporación del de radio frecuencia 3D, presenta algoritmos que están funcionando con otros equipos emisores de apoyo, de modo que entregue la señal a través de radio frecuencia, para que la máquina se guíe, GOMACO tiene una estrecha relación de trabajo con los tres principales proveedores de orientación tridimensional, Topcon, Leica Geosystems y Trimble, pero para nuestra información el sistema computacional que trabaja la máquina es el G+ en sistema convencional 2D, que necesita una cuerda de trazado guía colocada en terreno.

El comando de regulación de la potencia y maniobrabilidad del sistema de vibradores que la máquina cuenta para vibrar el hormigón y que este salga a través del molde consistente y estable o compacto en su forma, depende mucho que el operario controle la salida del hormigón o tenga una buena experiencia de las consistencia del hormigón, para aumentar los ciclos de vibrado o disminuirlos, en este aspecto, juega la experiencia y la experticia, pero siempre hay una pauta guía para el trabajo, que a primeras instancias se maneja a modo de consulta, luego el operador cuando logra visualmente identificar las desviaciones de la consistencia del hormigón, no será necesario que ocupe, el sistema se compone de 4

circuitos vibradores hidráulicos con controles de variables individuales y dos vibradores hidráulicos estándar.

La pata trasera con un sistema hidráulico de gran magnitud, está posicionada o apoyada al igual que las otras dos orugas y cumple la función de cambio de direcciones en apoyo a las otras dos orugas, dar nivelación, ya sea manual o automática a el nivel de la máquina en si al igual que las otras patas, el sistema hidráulico cuenta en su eje central, con un engrasado constante para mantener la vida útil de los roses de los metales en relación al trabajo que hace al subir o bajar dependiendo de la posición y también contiene el peso de la máquina a diferentes alturas, que se coloque con una altura máxima de 90 centímetros, que estirada en su parte completa logra aproximadamente 1.5 m de luz entre el terreno y la parte inferior de la misma.

Los brazos hidráulicos que están por debajo de la escalerilla por donde sube el operador, sirven para cambiar de posición a la pata trasera con respecto a la máquina en dirección perpendicular al eje de dirección, para que tome diferentes posiciones o una posición más cómoda, por si esta pata tiene que correrse para colocar un sensor a un u otro lado para lograr la comodidad de la operatividad tanto del operado como de la posición de cuerda de trazado, con los pedestales de apoyo, o que simplemente si esta va a doblar en alguna dirección.

El sistema de embolo como su nombre lo dice, es porque va embutido en la pata y cumple casi la misma función que la parte exterior pero obviamente conectado al 100% con el sistema hidráulico, para subir o bajar a diferentes niveles de altura la máquina, y mantener la verticalidad de la posición, el peso de la máquina e equilibrio o torques que se generen por los trabajos a desarrollar.

Sobre la plataforma telescópica, su funcionalidad está dirigida para aumentar los anchos de cobertura y se mueve solamente en forma perpendicular para logra desplazar al molde o lo que este anclado a través del sistema de pernos hacia la dirección poniente de la máquina, con una holgura máxima de 70 cm aproximadamente, este cambio de posición

debería influir en el cambio de posición de la pata trasera hacia el poniente y las otras dos patas hacia un cambio de posición hacia el oriente, dependerá mucho de lo que en terreno se quiera lograr para darle mejor comodidad al desplazamiento de la máquina.

Molde. Este sistema está relacionado directamente con el molde que se ocupará, en el caso de la imagen del folleto técnico se muestra un ejemplo fotografía 4, pero existen varios dependiendo de la figura geométrica que se construya, y está hecho para que sea práctico y fácil de cambiar, si se va a optar por cambio de molde en una misma obra o si se cambia de obra, lo que persigue es que sea amigable para su cambio y que no presente, tanto ajustes o anclajes técnicos para desmontar. Se tiene que mencionar que hay otros moldes que funcionan de otra forma con diferentes sistemas hidráulicos que facilitan la ejecución de la obra y que son pensados para que los moldes pierdan la menor cantidad de hormigón por la horilla que no está rosando el terreno o piso o rasante de losa de hormigón por ambos lados del molde.

El molde, Al igual que el ítem anterior, es pensado en que preste un sistema fácil y práctico de poder anclar o desmontar, dependiendo la obra, acá es donde se ubican el juego de vibradores y es donde el hormigón cae por gravedad, pero la parte más importante es que tiene el sistema de vibradores, ya que son ellos, los que generan la sinergia de poder vibrar el hormigón, a tal punto que quede cohesionado y el resultado final salga compacto por el molde.

Cilindro de Corte. Si bien este cilindro remueve la tierra que este sobre la rasante de terreno o algo por el estilo, en carreteras donde se trabaje, por ejemplo colocar una barrera de seguridad y para el ejemplo del metro que se expondrá en el capítulo 2, se tiene que mencionar que este sistema, no se ocupó dado que en el metro las losas o la rasante de terreno era de hormigón ya fraguado.

Sistema de Orugas. El sistema de las tres orugas que se mueven al igual en sentido avance hacia adelante o atrás, es un sistema que en terreno da un 100% de adherencia, por la longitud que tiene de 1.6 m, y va absorbiendo las irregularidades del terreno, al absorber

estas desviaciones va también entregando información a los sistemas de nivelación, para que milimétricamente vayan adecuando las diferencias de nivel y no se generen cambios bruscos al avanzar con salida del hormigón por el lado trasero en el sentido del avance o salida del hormigón en sentido sur en relación al avance de la pavimentadora.

Las Patas Telescópicas son tres y cumplen la misma función, lo único que cambia es obviamente su ubicación, por encontrarse en la parte delantera de la máquina en la esquina norponiente en sentido de avance.

2.2 Especificaciones de funcionamiento modelo GT-3600

Motor

Tipo: 4045TF285B John Deere Tier 3 diesel.

Potencia: 99 hp (74 kW) a 2400 rpm.

Capacidad de servicio

Depósito de combustible: 166 litros.

Depósito de aceite hidráulico: 397 litros.

Sistema hidráulico

Bombas: dos bombas principales de doble etapa proporcionan 102 gpm (386 Lpm) a 2400 rpm. Una bomba de control de elevación, con compensación de presión proporciona 20 gpm (76 Lpm) a 2400 rpm.

Refrigeración del aceite hidráulico: enfriador de aceite de aire forzado de capacidad extra y depósito diseñado con desconexión interna para enfriamiento atmosférico.

Filtración: Filtración estándar de la industria, que incluye filtro de línea de retorno de 10 micras, dos filtros de cárter magnético de 200 mallas y un filtro de circuito de control de 20 micras. (GOMACO, 2018)

Vibradores

Tipo: con motor hidráulico, motor en la cabeza, velocidad variable, control independiente y sincronizado con el movimiento de la máquina.

Cantidad: Cuatro circuitos hidráulicos y dos vibradores hidráulicos con los montajes incluidos con cada máquina. (GOMACO, 2018)

Molde Slipform

Molde de acera y canaleta: un molde estándar de hasta 24 pulg. (610 mm) de ancho. Moldes opcionales disponibles para bordillo y cuneta, barrera, parapeto y acera. (GOMACO, 2018)

Conjunto de moldes y conjunto de mantenimientos

Elevador hidráulico: ajuste vertical hidráulico con compensación de presión de 18 pulgadas (457 mm) con capacidad para ajustar hasta 24 pulgadas. (610 mm), con ajuste vertical manual de 6 pulgadas. (152 mm).

Desplazamiento lateral: desplazamiento lateral hidráulico máximo de 48 pulgadas (1219 mm). (GOMACO, 2018)

Sistema control automático

Tipo: Electrónico sobre hidráulico.

Controles: el sistema de control G + ® de GOMACO cuenta con capacidades de varios idiomas, mediciones métricas o imperiales, gráficos en color y una pantalla de visualización anti-reflectante de 6.5 pulgadas (165 mm).

Indicadores de control: los medidores de control automático montados en el panel permiten al operador controlar las señales de control a medida que la máquina sigue a la línea de referencia.

Control automático inverso: el interruptor individual establece controles para el control automático con la máquina viajando en reversa.

Control remoto: el teléfono con control remoto con cable se incluye para la conveniencia del operador. (GOMACO, 2018)

Recortadora subgrados (Seccionalizada) Recortadora

seccionalizada: sistema de accionamiento hidráulico interno y rueda de recorte de 24 in. (610 mm) de diámetro.

Rotación de la rueda del recortador: corte hacia arriba.

Ancho: 30 pulgadas. (762 mm) a 66 pulgadas. (1676 mm) recortador seccionado con función de desplazamiento lateral hidráulico. Norma de descarga derecha.

Distancia de desplazamiento lateral: desplazamiento lateral hidráulico máximo de 48 pulgadas (1219 mm).

Recortadora de elevación hidráulica: ajuste vertical hidráulico de 12 pulgadas (305 mm) con la capacidad de ajustar hasta 18 pulgadas. (457 mm), con ajuste vertical manual de 6 pulgadas. (152 mm).

Trituradora de accionamiento directo opcional: Trimmerhead es impulsado directamente con un motor hidráulico de pistón radial que proporciona un 15 por ciento de incremento en el torque para obtener más potencia. (GOMACO, 2018)

Transportador de carga

Tipo: accionado hidráulicamente, reversible con tolva de carga. Transportador de montaje pivotante con elevación hidráulica y posicionamiento.

Longitud: 15 pies (4.6 m) entre los centros de la polea.

Ancho: 24 pulg. (610 mm).

Velocidad de la correa: variable hasta 284 fpm (pulgadas por minuto) (86.6 mpm= metros por minutos).

Limpiaparabrisas: cuenta con cuchillas segmentadas montadas en cojines individuales. Esto permite que las puntas de limpieza se ajusten a los centros de la correa para un contacto constante sin la necesidad de un ajuste constante.

Montaje del transportador: Presenta un ajuste de deslizamiento hidráulico de 36 pulg. (914 mm) con un cilindro de inclinación hidráulica de 6 pulg. (152 mm) y un soporte pivotante manual (deslizamiento e inclinación) para negociar la descarga del camión de mezclado y negociar las variaciones de pendiente. Esto permite el posicionamiento del camión en la parte delantera o lateral de la máquina. El soporte accionado hidráulicamente controla la pendiente del transportador.

Tolva: diseñada para una mayor capacidad de concreto para permitir la formación de deslizamiento en un radio completo sin esperar la entrega concreta. (GOMACO, 2018)

Sistema de agua

Tipo: Sistema de agua a bordo.

Capacidad: 100 gal (378.5 L) tanque de agua con bomba accionada hidráulicamente, manguera y boquilla. (GOMACO, 2018)

Sistema de pista

Tipo: Tres orugas de arrastre accionadas hidráulicamente y con engranaje.

Longitud total de la pista: 5.1 pies (1.6 m).

Longitud de la rueda dentada central / centro a centro: 40.1 in. (1019 mm).

Ancho de la pista: 11.8 in. (300 mm).

Reducción de reductor: reducción de engranaje 100: 1 con motores hidráulicos de dos velocidades.

Velocidad de pista: Variable hasta 42 fpm (12.8 mpm=metros por minutos); variable auxiliar de hasta 125 fpm (38 mpm).

Tensión de la oruga: Totalmente automática, se bloquea hidráulicamente en el arranque de la máquina, manteniendo una tensión constante de la cadena de la oruga.

Ajuste de altura de pierna: Cada pista tiene un ajuste hidráulico de 36 pulg. (914 mm) y un ajuste manual adicional de 8 pulg. (203 mm).

Pata telescópica para colocar la guía frontal derecha: controlada hidráulicamente, permite un rango de ajuste de la guía lateral de 24 pulgadas (610 mm).

Pata de deslizamiento eléctrico para posicionar la guía trasera: controlada hidráulicamente, permite un movimiento lateral de hasta 40 pulg. (1016 mm).

Montaje de la oruga delantera izquierda pivotante de oscilación de potencia: posiciona hidráulicamente la vía delantera izquierda hasta 21 pulg. (533 mm) hacia la izquierda o hasta 12.25 pulg. (311 mm) hacia la derecha de la posición recta. (GOMACO, 2018)

Dimensiones (envío)

Longitud total: 22.2 pies (6.8 m) con el transportador. 17.4 pies (5.3 m) sin transportador.

Altura total: 8.1 pies (2.5 m) con cabeza de corte.

Ancho total: 8.5 pies (2.6 m) con cabeza de corte. 8.3 pies (2.5 m) sin cabeza de corte.

(GOMACO, 2018)

Peso (Aproximado)

25,720 libras. (11,666 kg). El peso puede variar según el tamaño del molde y las opciones.

(GOMACO, 2018)

2.3 Movimientos más requeridos por la máquina según su posición

En relación a la máquina, esta puede combinar 5 tipos de movimientos generales y dentro de esos va a depender que tan estén desplazadas sus orugas con respecto del eje virtual de la máquina, esto no implica una combinación demasiado difícil, lo que si hay que tener atención en el panel G+, para darle la ubicación requerida que el operador, vaya asumiendo según el terreno o la etapa diaria de su trabajo.

Las orugas son independientes entre sí, en cuanto a las posiciones, forman en el espacio centros coordenados virtuales, que uno si quiere analizar los movimientos puede darse una idea trigonométrica, de cómo funcionan estos desplazamientos y cuál es el tipo de análisis estructural que los diseñadores de estos modelos, proyectaron para que los momentos de fuerza y torque, que la máquina vaya haciendo en el transcurso de su vida útil sean los adecuados para su normal funcionamiento.

En las páginas siguientes se muestran las diferentes posiciones, de manera de facilitar la comprensión del concepto para el lector.

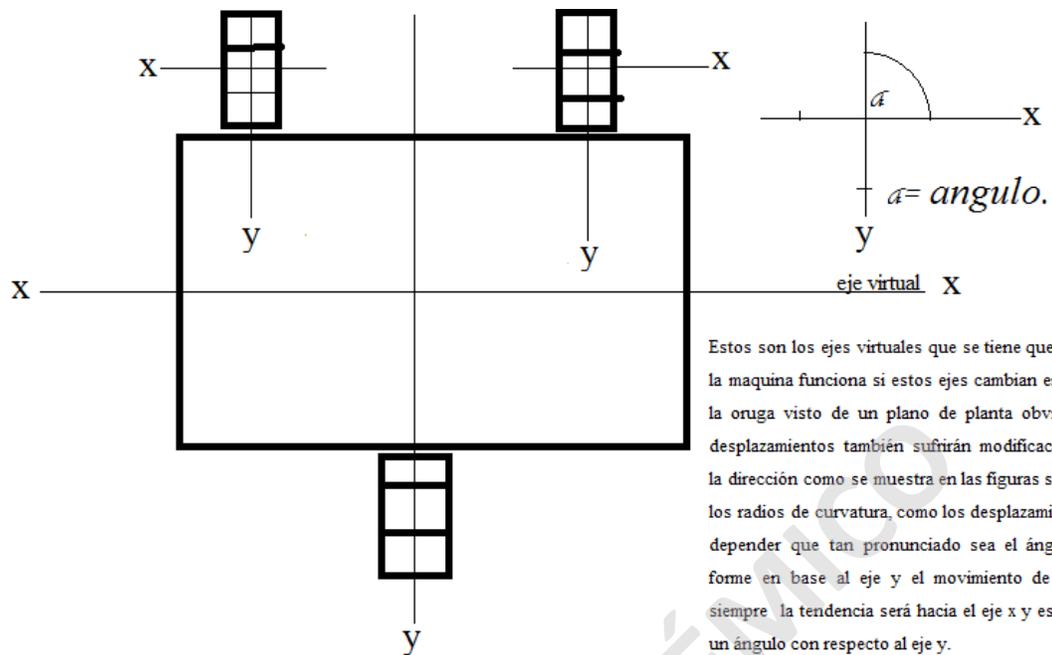


Figura 1, fuente propia.

En la figura se aprecia los ejes virtuales que uno tiene que asumir que la máquina orienta sus movimientos en relación a sus centros de masas u otros, las orugas siempre van a tender a moverse hacia el eje x tanto el de la máquina como el eje de la oruga y formarán un ángulo virtual, este solo depende de que tan pronunciada se mueva la oruga en una u otra dirección. Esto es imaginariamente viendo la vista superior en planta de la máquina.

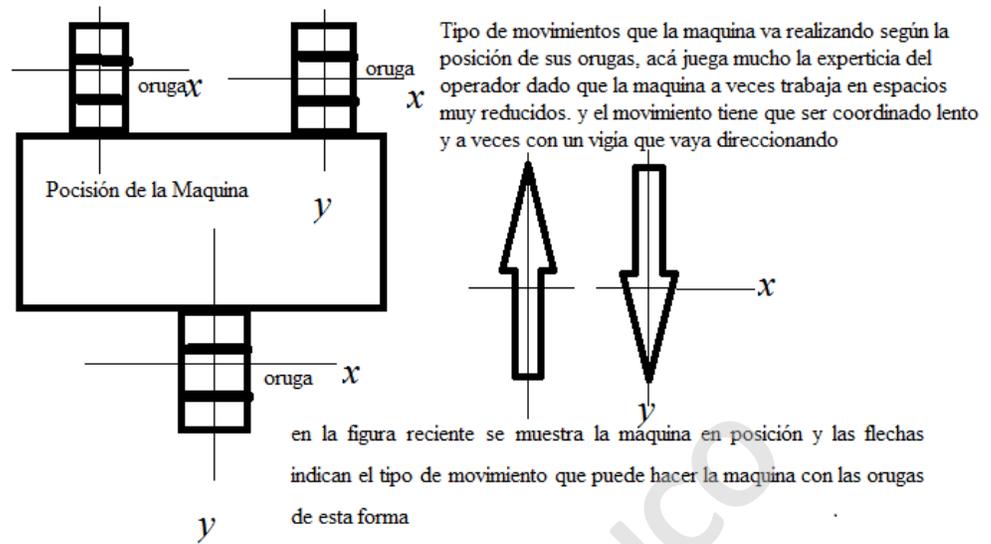


Figura 2, fuente propia.

Como se muestra en la figura, los movimientos que se generan a partir de la posición de las orugas, son de NORTE a SUR dependiendo del avance de la máquina, claro está que cuando se está trabajando con el hormigón puesto en obra el avance siempre será norte o hacia adelante o cuando se necesite hacer un movimiento sur o hacia atrás, es sólo cuando la máquina termina su jornada laboral o a presentado otra situación, como por ejemplo el cambio de molde o volver a posicionarse en un hormigón ya fraguado el día anterior para continuar con su labor de construir la figura geométrica que se le haya asignado. En si cuando ya esté lista para comenzar el avance, va a ser virtualmente en su mayoría por el eje y teniendo leves desplazamientos al eje nororiente o norponiente dependiendo de cómo el trazado o eje guía vaya formando curvas de diferentes radios en caminos o proyectos viales o clotoides¹ en unión con rectas o curvas de radios mayores o menores dependiendo según el proyecto

¹ La Clotoide es llamada también radio de arcos o espiral de Cornú.

Es una curva tangente al eje de las abscisas en el origen y cuyo radio de curvatura disminuye de manera inversamente proporcional a la distancia recorrida sobre ella. Por ello, en el punto origen de la curva, el radio es infinito.

La expresión matemática usual de la curva Clotoide es:

$$\rho * s = C$$

donde

ρ : radio de curvatura

s: desarrollo o arco

C: constante de la espiral

(construmatica, 2017)

Para finalizar con este aspecto y nombrando los ejes virtuales, para este tipo de curvas de gran magnitud, el desplazamiento que la máquina vaya teniendo o la formación de este ángulo, en relación a la planimetría o vista en planta superior, va a ser casi imperceptible al ojo humano o sean pequeñas desviaciones que las orugas van a moverse dependiendo hacia donde se pronuncie la curva, y este es la particularidad de la máquina, en tanto que los movimientos son sincronizados a la cuerda de trazado que se coloque en terreno mientras mayor sea la cantidad de puntos que se marquen (pedestales que sujetan la cuerda y se colocan cada ciertos metros, generalmente entre 5 m, 10 m , dependiendo del proyecto), más perfecta va a ser el desarrollo de la curva.

Como se comentará más adelante estas desviaciones pueden o no conseguir la perfección en el desarrollo de la curva, puesto que está sujeta a parámetros de tolerancia que se asumen en la construcción de figuras que pasan de rectas lineales a desarrollos de curva en el desarrollo en kilómetros de avance o metros de avance en carreteras, es por esto que el ojo humano percibe una figura uniforme cuando se transita a velocidades por carreteras u otras obras donde se hayan construido figuras geométricas(cunetas, protecciones, etc.) se aprecia la forma en su totalidad.

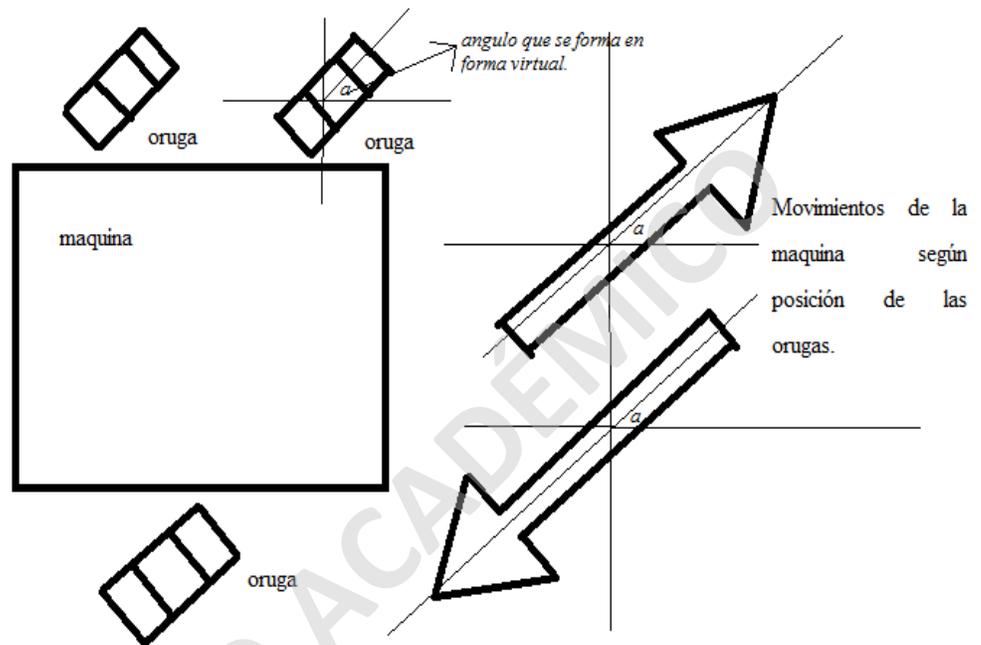


Figura 3 fuente propia.

Como se aprecia en la figura, en cualquier movimiento que se direccionen las orugas, virtualmente se forman ángulos en relación a sus centros de masas u otros que se proyectaron por los ingenieros proyectistas que diseñaron estos modelos, en éste caso, si la oruga se desplaza hacia el lado oriente según el eje Y, genera un ángulo con respecto a este mismo eje, bueno el desplazamiento claro que se aprecia es en dirección Nor-oriente según el avance hacia adelante, o Sur-poniente, si el avance es para atrás y sería un avance recto, estos avances son generalmente cuando la maquina termina su faena diaria y tiene que salirse de su eje de trazado para poder lavarse el contenedor o molde de vibradores o salida del hormigón que el aseo se tiene que hacer en forma diaria terminado la faena

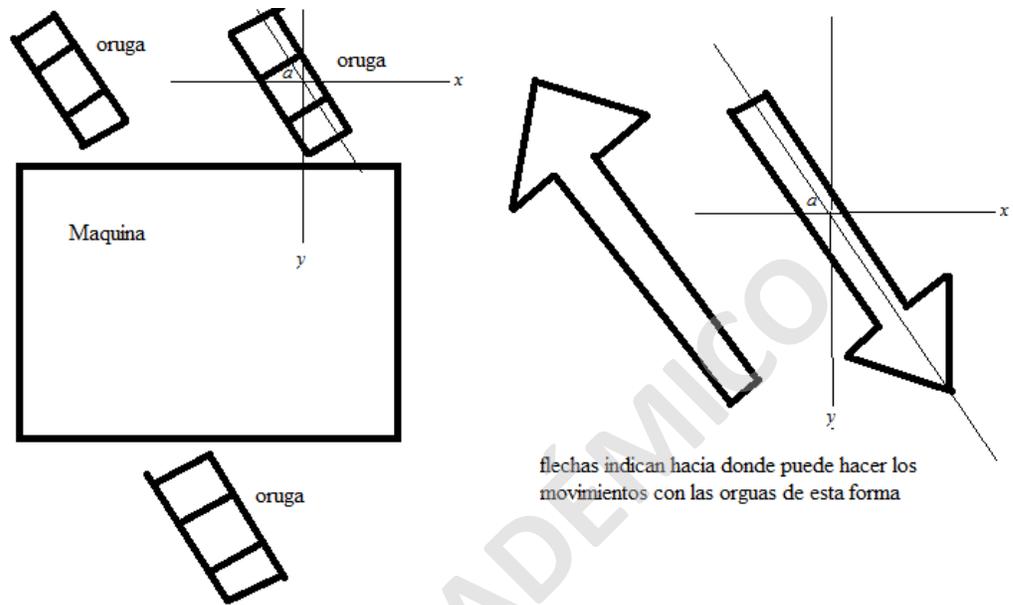


Figura 4 fuente propia.

En relación a la figura anterior, las direcciones de las orugas están en el sentido contrario al eje Y, y el movimiento que se obtiene es, en el sentido Nor-poniente en orientación de avance hacia adelante y Sur-oriente en sentido de avance hacia atrás, al igual que la figura anterior este movimiento son para cambios de pistas, términos de faena diaria o reparación de la máquina, etc.

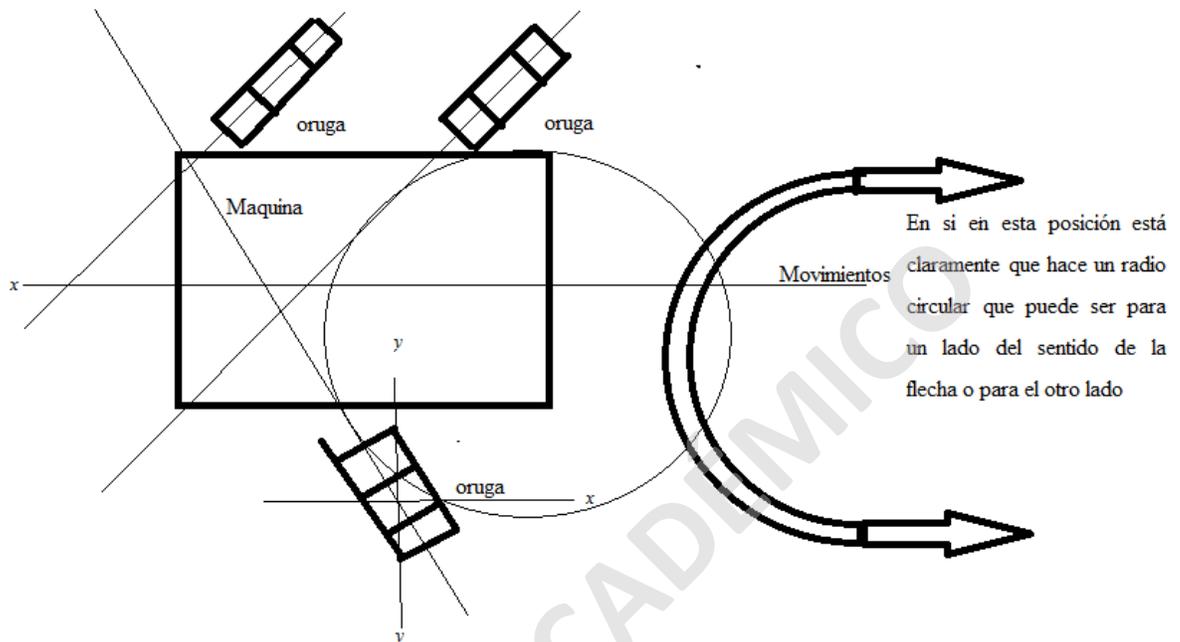


Figura 5 fuente propia

En base a la figura 5 es posible afirmar, que el movimiento desarrollado es circular, pero para una carretera o una construcción lineal que supere kilómetros de desarrollo lineales en construcción, nunca se verá de esta manera, puesto que este caso figura 5, el de radio de curva que según las especificaciones logra la máquina es un radio de 0,6 m, se podría decir, que es para figuras cortas en estacionamientos de Mall, Fábricas, galpones donde la figura lo amerite y el desarrollo sea demasiado corto, pero en si acá podemos hablar que el desplazamiento es en sentido horizontalmente al Nor-oriente cuando avanza hacia adelante o horizontalmente al Sur-oriente cuando avanza hacia atrás según el eje guía que se quiera asumir como muestra la figura en sí. Pero en si el desplazamiento tiende hacia el lado derecho de la máquina.

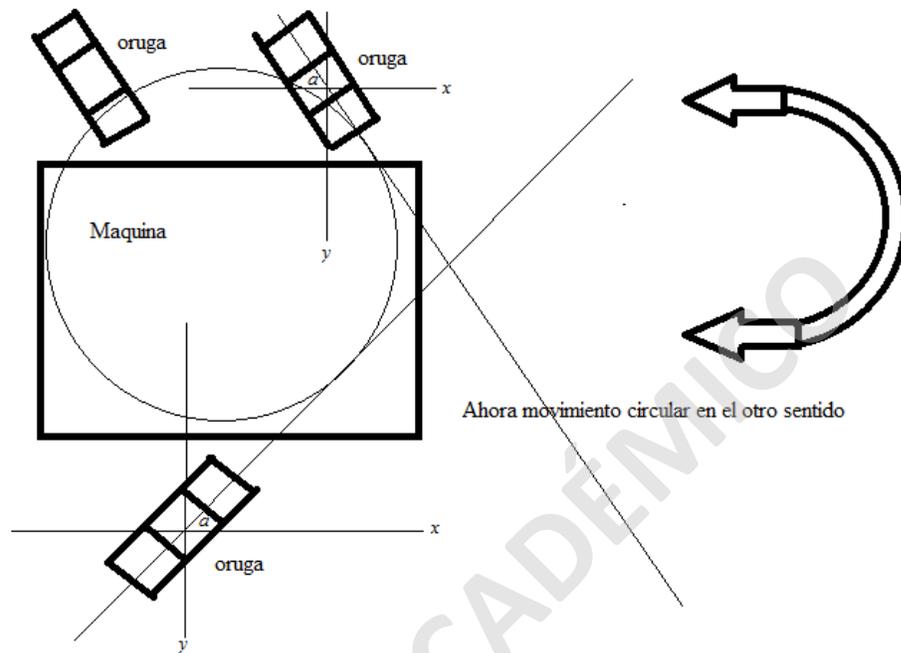


Figura 6 fuente propia

Al igual que la figura anterior donde se muestra el radio circular en forma ampliada, para construcciones mencionadas anteriormente el sentido de avance horizontalmente sería Nor-poniente hacia adelante y Sur-poniente avanza hacia atrás dependiendo si el avance es para adelante o para atrás, y generalmente estos movimientos se hacen en construcciones de radios pequeñísimos en comparación con los radios de curvas de carreteras o caminos.

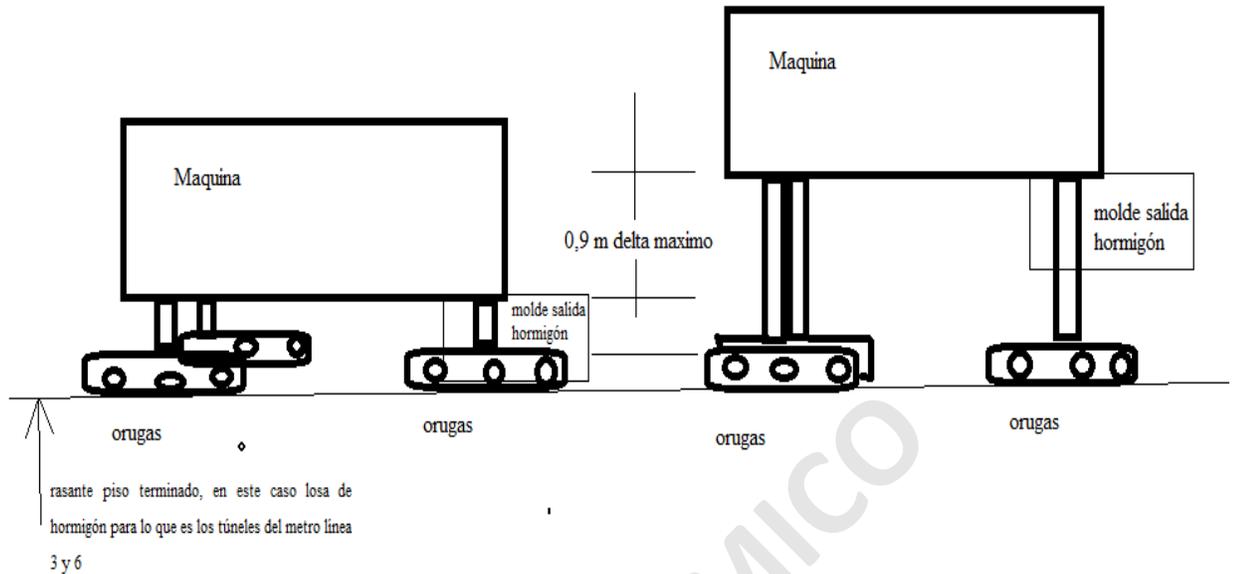


Figura 7. Fuente propia, movimiento altimétrico máximo que logra la máquina.

La máquina tiene la capacidad de elevarse en cada pata vertical hasta 0.9 m como máximo esta posición extrema, generalmente se hace cuando la máquina a terminado su trabajo diario y se necesita salir de su punto de trabajo para desplazarse para el lado derecho según avance de obra para lavarla, antes que el personal que la maniobra se vaya a descansar, o también para reparar alguna manquera hidráulica de presión de aceite o algún desperfecto que presente y se necesite tomar esta posición para poder reparar.

Asimismo, el sistema vertical de subir o bajar la máquina, para que a medida que avanza la pavimentadora ir levantandola casi al centímetro, si es que el piso esta alto en relación a la cota establecida de proyecto, esto se hace para que el molde de fierro, no raspe la losa de hormigón. Ahora la pavimentadora puede ir nivelada, en forma paralela a la rasante del piso con pendiente, para que el molde tenga pérdidas mínimas por el espacio que queda sin ros entre el borde inferior del molde y la rasante de hormigón graguado de la losa, tratando que las pérdidas de hormigón por sus costados sean mínimas. Además, también sirve si se quería cambiar la cuerda de trazado (cuerda con parámetros de eje topográfico y altimétrico para orientar a la máquina en su desarrollo) a principio de turno.

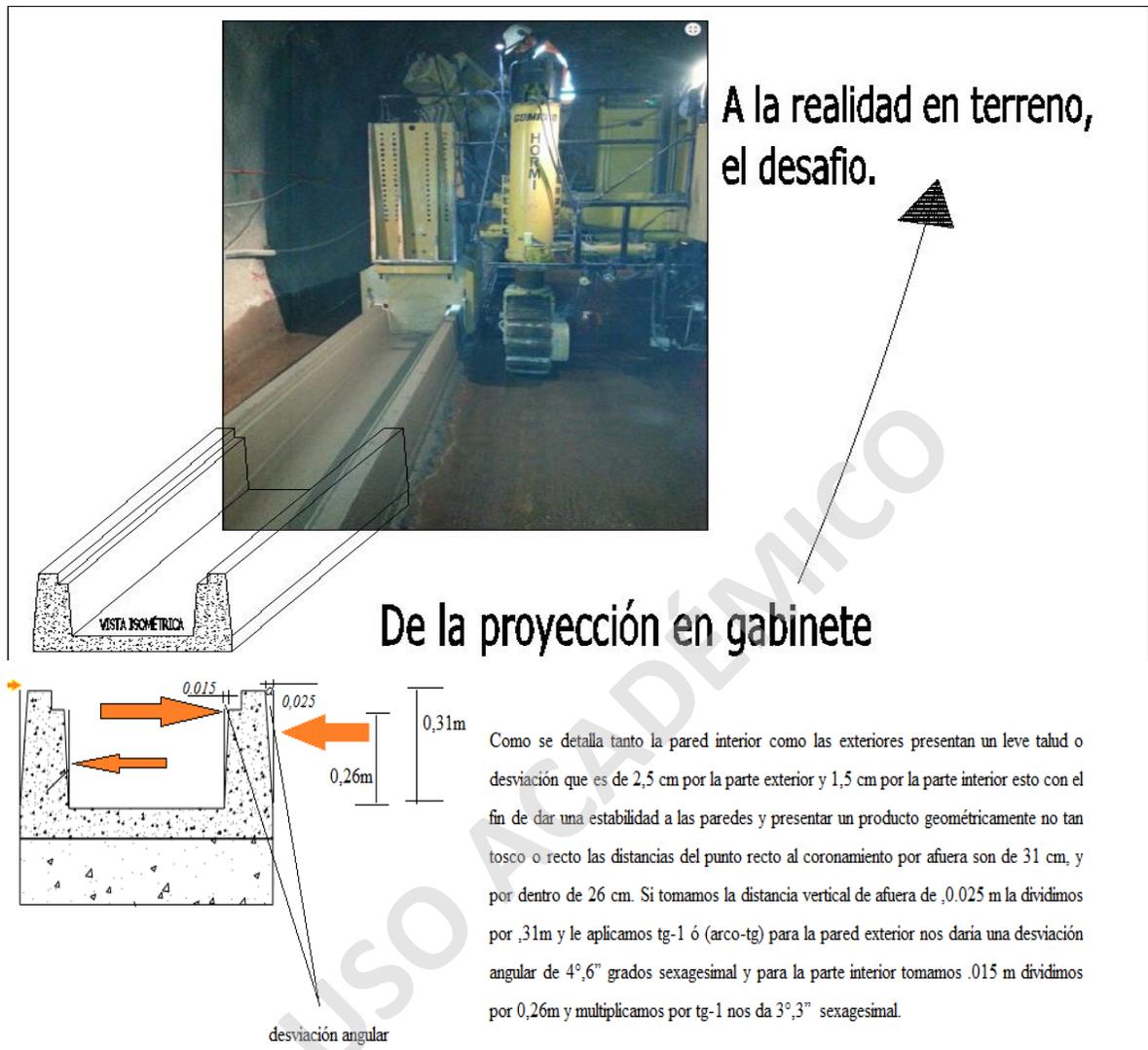


Figura 9, fuente propia con fotografía 24 (SOLERAS, 2017) .

Para lograr esta figura geométrica fig.8 se necesita tener un hormigón especial para trabajar con el material IN-SITU y que la figura vaya quedando con la forma instantánea a la salida del molde de la máquina. Para analizar esto, más adelante se tratará la descripción técnica empírica de las condicionantes que normalizaban el hormigón para que saliera óptimo desde la planta y llegara en las mismas condiciones a la máquina para la construcción.

Para lograr esta figura geométrica fig.8 se necesita tener un hormigón especial para trabajar con el material IN-SITU y que la figura vaya quedando con la forma instantánea a la salida del molde de la máquina. Para analizar esto, más adelante se tratará la descripción técnica empírica de las condicionantes que normalizaban para que el material saliera óptimo desde la planta y llegara en las mismas condiciones a la máquina para la construcción.



Fotografía 25. Entrada de máquina por primera vez a METRO, por pique venteo MARATTÓN aproximadamente Agosto-Septiembre 2015 (www.soleras.cl, 2017)

Como se muestra en la fotografía 25, se observa el proceso de la máquina GOMACO modelo GT-3600, cuando es bajada por primera vez con una grúa especial, para transportar cargas sobre 13 toneladas, bajándola en el pique venteo Marathón en la comuna de Ñuñoa por la entrada de calle con el mismo nombre en el Estadio Nacional.



Fotografía 26. Bajando el equipo de camiones de hormigón MIXER por pique MARATHÓN, Agosto 2015.

En conjunto con los tiempos de avance de proyecto, se iban conformando también los diferentes equipos de trabajo humano, albañiles, topografía, prevención de riesgos, jefe de terreno, ingeniería, calidad, supervisores, operadores, choferes y otros.

En la fig.26, el desarrollo del trabajo empieza a agilizarse, en relación a la magnitud de aquel gran proyecto que demandó mucho hormigón puesto en obra, mucha logística, coordinación, autocontrol y supervisión para lograr las expectativas técnicas que el mandante Metro de Santiago esperaba por el trabajo, puesto que debía realizarse con los estándares elevados en cuanto a prevención de riesgos al mismo nivel de prolijidad que la minería.

Antes de comenzar los trabajos para el mandante directo Metro S.A., fue preciso pasar por varias instrucciones de seguridad ocupacional y pre-ocupacional del trabajo en la Mutual de Seguridad, IST (Instituto Seguridad del Trabajador), ACHS (Asociación chilena de Seguridad) y realizar los exámenes físicos pre- ocupacionales para estar aptos a la labor que se iba a encomendar, con esto se buscaba no tener accidentes , como también no tener incidentes que generaran, daños a personas , instalaciones, y enfermedades profesionales.

Hay que destacar, que uno de los pilares técnicos que busca Chile, en sus diferentes obras de gran magnitud es lograr que el trabajo sea de calidad , es decir, evitar errores que estén fuera de tolerancias técnicas, evitando con ello, la disminución de costos como, demoler estructuras de hormigón y volver a hacerlas o tener pérdidas de material considerables en sus obras por manejos desordenados o no bien planificados de las labores diarias a realizar), y lo más importante evitar a todo costa accidentes hacia los trabajadores cualquiera sea el rango o jerarquía de mando o labor que haya realizado o este por realizar.

En relación a lo mencionado, Metro en conjunto con las empresas contratistas colaboradoras, hizo cumplir a cabalidad las proyecciones de prevención de riesgos en cuanto a las obras, que se describen por lo menos en estas áreas, y así también todas las empresas contratistas se tuvieron que alinear con esta política de cero tolerancias a los accidentes e incidentes dentro de las instalaciones y jornadas de trabajo diario.

Como se muestra en la fotografía 27, el estándar en obra requiere estar equipado con todo el equipo de elementos de protección personal o E.P.P y lograr esta mentalidad o rigurosidad era pilar fundamental de cada día, antes de generar cada orden de trabajo o planificar cada actividad, la seguridad está por sobre todo trabajo que se pretenda hacer en forma insegura y para esto se generaron diferentes planes de seguridad durante el progreso de la obra, algunos innovadores y otros de reforzamiento para mantener el espíritu intacto que lo que buscaba Metro, ya que antes de lograr la excelencia en la labor, es fundamental lograr primero la seguridad óptima del trabajador. Ley 16744 decreto supremo 40 articulo 153.

Un buen equipamiento de seguridad para cada trabajador comprendida:

1. Casco de seguridad certificado
2. Lentes seguridad claros y oscuros.
3. Chaleco tipo geólogo reflectante
4. Overol color naranja con reflectante
5. Ropa de seguridad
6. Guantes de cabritilla, y guantes de diferentes tipos dependiendo la actividad de trabajo: electricidad, hormigón, albañilería, catenarias, rieles, mecánicos, etc.
7. Mascarilla anticontaminación de polvos y gases con filtros incluidos.
8. Zapatos de seguridad diferentes tipos.
9. Botas de agua de seguridad
10. Protector facial transparente para cortar con esmeril angular u otros trabajos donde lo requiera por proyección de partículas
11. Arnés seguridad con doble cola para afianzar a cuerda de vida u otro.
12. Protector facial para soldaduras y ropa de cuero o traje de cuero.
13. Radio con frecuencias de trabajo.
14. Tapón auditivo simple o conectado al casco de seguridad.
15. Arnés sujeta herramientas para trabajos en altura para alicates, martillos etc. Se comprende por altura sobre 1,5 metro desde el piso hacia arriba.

Dependiendo de la actividad que se requiera según sea el ambiente, son necesarios determinados elementos de seguridad, pero por lo menos en las bodegas debían siempre estar a disposición estos elementos de seguridad para el trabajador, ya que están estos podían estar en diferentes áreas de trabajo, por lo que era indispensable que estuvieran equipado con los ítems 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 14.

Todos estos elementos de protección personal tenían tiempos de uso o durabilidad, así que era responsabilidad tanto del trabajador controlar que estuvieran en óptimas condiciones como el mando de supervisión velar por lo mismo, cualquier trabajador que entrara como trabajador nuevo al proyecto tenía que recibir a su entera disposición todos los antes mencionados y en buenas condiciones, es decir, nuevos por los menos los más básicos o los personales, el control de parte de los diferentes estamentos de inspección o empresas responsables de inspección, el cual fue exhaustivo, y permanente en todo el desarrollo de la obra y obviamente se generaron desviaciones, pero estas tenían los planes de acción diario que se tenían que ir subsanando o realineando con la política de seguridad del trabajador.

Obviamente todas estas exigencias y alineaciones que las empresas buscaban se iban premiando responsablemente con actividades extra programáticas dirigida a seguir potenciando y manteniendo esta política de cero accidentes en la obra.



Fotografía 27. Personal de trabajo equipado para la obra diaria.

Etapas de construcción canaleta de energización

1. Preparación en planta
2. Cargar en planta hormigonera camión Mixer que trasladara Pique Venteo
3. Desplazamiento Mixer desde planta hormigonera pique venteo.
4. Preparar cuerda de trazado por topógrafo responsable en el día o día anterior.
5. Toma cono en superficie pique venteo.
6. Descarga por tubería destinada para este fin.
7. Descarga se acopian nuevamente en camión MIXER destinado a la obra
8. Traslado de hormigón con camión MIXER hasta punto ubicación máquina GOMACO GT-3600.
9. Descarga de hormigón en Máquina
10. Puesta en marcha máquina GOMACO GT-3600 y se comienza con la construcción canaleta.
11. Afinamiento por maestros albañiles terminación fina y tratamientos de cortes.
12. Terminada la obra diaria se procede a lavar maquina como los moldes de vibración y molde de salida del hormigón.
13. Durante el día tomar el autocontrol de como quedo la canaleta, del trabajo del día anterior.



Fotografía 28, Prueba en dependencia de Leis en planta San Bernardo con hormigón Polpaico (polpaico, 2017)



Fotografía 29 , primera prueba en dependencias de Leis con hormigón Polpaico (polpaico, 2017)

En alusión a las fotografías 28 y 29, se visualizan las primeras pruebas en superficie el resultado como iba a quedar en terreno, y esto era el resultado que se esperaba que quedara construido en el túnel, la canaleta de acopios de cables de 20000 volts. y 1500 volts. Con una tapa encima, esta tapa de hormigón armado la construyo y puso en obra otra empresa a cargo.

Comentando las figuras anteriores, la finalidad de la canaleta es que en el caso de una emergencia la gente pueda bajarse del carro del metro y caminar sobre ella (o en la tapa que estará puesta encima que es de hormigón armado y bastante pesada) y llegar hasta una estación donde pueda refugiarse, además las tapas por ser de hormigón armado que resisten bastante peso cumplen la función si hay que reparar algún tramo de los cables es más fácil hacerlo sin tener que intervenir y romper grandes extensiones de hormigón basta con quitar la tapa y ver donde se quiere reparar o cambiar el cable.

Como se aprecia en las fotografías 28 y 29, la máquina para este caso está orientada con una cuerda de trazado que es de color amarillo y esta afianzada cada cierto metro en unos pedestales de metal que tienen un rebaje especial en la punta en donde la cuerda se coloca y queda atrapada, se debe destacar que tanto la cuerda como la punta del apoyo de fierro que está en el pedestal son fabricados en EE.UU. por unos artesanos locales que tienen patentado su invento. Estas agujas que están colocadas en forma perpendicular al pedestal son aprisionadas por una especie de mariposa que tiene cuatro secciones de orificios que cumplen la función de hacer un torque al eje vertical metálico y quedar atrapadas a la altura que el topógrafo defina para la obra. Su ubicación obedece a un eje planímetro virtual que está a un delta (medida) paralelo del eje real donde se ubica el centro o separación de los rieles para el caso del trabajo en el Metro de Santiago, para la prueba en este caso los sensores de planimetría y altimetría están colocados en una zona después del molde de salida del hormigón o al lado izquierdo según avance de la máquina, sin embargo, cuando se llegó al Metro de Santiago se tuvieron que cambiar de posición como también se muestra en la fotografía 19 donde aparecen al lado del molde de salida. En casi su totalidad la pavimentadora trabajo con los sensores a mitad de máquina y por debajo de esta.

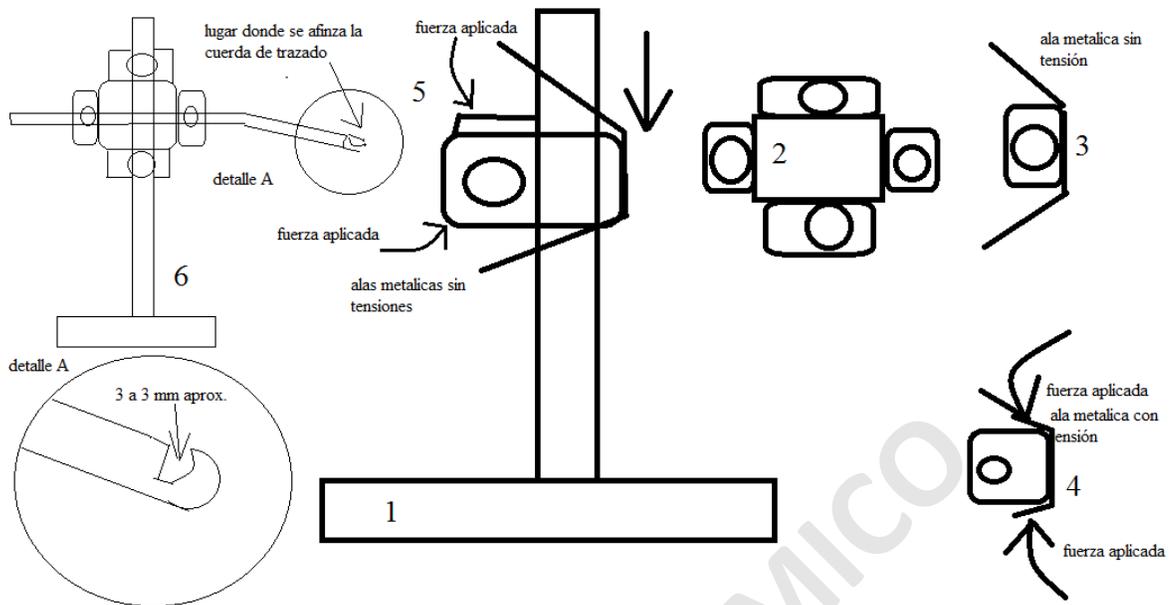


Figura 10, fuente propia. Pedestal que sujeta la cuerda de trazado.

En la figura 10 está el pedestal 1, que pesa alrededor de 6 kilos en material de fierro corriente duro de un espesor de 1 pulgada aproximadamente, el número 2 de la figura muestra la mariposa en reposo, al igual que el número 3 de la figura para el número 4 de la figura a la mariposa se le aplica una fuerza en las aletas superior e inferior y se hace entrar en el eje vertical del pedestal como muestra la número 5 de la figura la altura definida por el topógrafo en la dirección hacia abajo, luego se le aplica una fuerza a las aletas laterales y se ingresa la aguja como muestra el número 6 de la figura que es la parte final y es el elemento que afianza la cuerda en un calado de 3mm de ancho, que es donde se afianza la cuerda del trazado especial o queda atrapada, para que después que se necesite avanzar con la cuerda sea fácil y práctico sacarla ver ejemplo de fotografías 28 y 29. Se debe destacar que la cuerda de trazado para este tipo de máquinas es de una fibra entrelazada especial que no se encuentra en el mercado y hay que importarla de Estados Unidos al igual que el sistema de los utensilios de la aguja metal y mariposa de metal por ser un producto patentado en Estados Unidos.

Preparación del hormigón en planta hormigonera, en este ítem tenemos que hacer una retrospectiva del hormigón, que se iba a ocupar y cómo ha funcionado en terreno, en si el hormigón apto, que se ocupó para la faena es un material especial para trabajar con el sistema de molde deslizante o hormigón IN-SITU, esto implica que la terminación del hormigón iba quedando lista en terreno en forma instantánea, y alguna desviación dentro de tolerancia en cuanto a la presentación estética del hormigón se iba refinando con el personal contratado para esta parte del trabajo que además marcaban la junta de inducción a fisura, en este caso albañiles experimentados en terminaciones finas, esto para que la imagen al fraguar de un día para otro quedara lo más perfecto posible a una proyección de gabinete.

El hormigón óptimo que se ocupó en la obra según la sigla la siguiente es el HN-250-90-20- 6 con un 4% de aire adicional en su composición, esta composición se llegó a través de pruebas empíricas que se manejaban en terreno, pero que habían funcionado en superficie, sin embargo, había que ver el comportamiento en túnel subterráneo donde las condiciones físicas, son totalmente diferentes a lo que es la sensación atmosférica en superficie o en la ciudad, como así influyeron mucho las condiciones climáticas al hormigón que salía de la planta en su trayecto a terreno o los diferentes piques en varias ocasiones durante el año donde tenemos cuatro temporadas estivales , verano, primavera , otoño , invierno.

HN: Hormigón

250= kilo / cm²

90= % nivel de confianza

20= tamaño máximo

6= docilidad medida con cono de Abrams.

¿Qué es el hormigón?

El hormigón es la mezcla de un aglomerante (cemento) que es el cemento, más agua, ripio, arena, más algún aditivo (ejemplo % de aire) o retardante o acelerante, que se le coloque

en la planta dependiendo de los requerimientos del hormigón puesto en obra. (moreno, 2015)

En cuanto al cemento existen distintos tipos, la norma chilena NCh 148 of. 68 clasifica según su composición química y resistencias mecánicas, siendo la base de todos ellos el Cemento Portland, que se obtiene de la molienda conjunta de Clinquer más yeso, agregándoles las adicciones como la puzolana o la escoria de alto horno. (moreno, 2015)

El cemento es un conglomerante hidráulico, en forma de polvo muy fino que amasado con agua forma una pasta capaz de fraguar y endurecer, formando una masa resistente tanto expuesto al aire como sumergido en agua por cuanto los compuestos resultantes de su hidratación son estables en tales condiciones, siendo este el componente más activo del hormigón. Los cementos Portland son los más vendidos en el ámbito mundial y porque son la base de la fabricación de los aglomerantes hidráulicos de nuestro país, denominados cementos con adicciones. (moreno, 2015)

El agua como uno de los componentes principales para formar la lechada, y se entiende por agua de amasado, la cantidad total contenida en el hormigón fresco y esta se compone de agua agregada en el proceso de mezclado y tiene la función de hidratar el cemento y generar las reacciones químicas que dan lugar al fraguado y posterior endurecimiento del hormigón, agua libre aportada por los agregados y la que traen los aditivos. Para el caso el agua utilizada debe cumplir la con la NCh (norma chilena) 1498, lo óptimo en condiciones normales es usar agua potable con un PH entre 6 y 8 y está relacionado con los materiales en suspensión lo ideal para hormigón armado que este en el rango de 2.0 gr/ litro y para hormigón simple 5,0 gr/ litro. (moreno, 2015).

Áridos o agregados pétreos son de tipo natural o artificial compacto o poroso y en algunos casos metálicos, la calidad de agregado pétreo es importante, ya que ocupa una parte considerable en la formación del volumen total del hormigón, las funciones es mantener un esqueleto rígido aportando un relleno económico entre un 65% y 75 % del volumen total en cuanto a las resistencias mecánica permiten absorber los esfuerzo a los cuales será

sometido el hormigón deben estar compuesto por partículas duras de forma y tamaños estables y limpios y libres de partículas de terrones partículas de arcillas e impurezas orgánicas, las características principales que deben ser elegidas son su porosidad, su graduación o distribución de tamaños , sus resistencias mecánicas por nombrar algunas todas estas características dependen de la composición mineralógica de la roca , lo óptimo que los áridos a utilizar en la confección del hormigón deben ser limpios , duros , resistentes, durables e inertes y sus propiedades generales siempre están determinadas por las roca original o roca madre. El tamaño de un árido fina como una arena comprende entre 5,0mm a 0.08 mm, para un árido grueso mayor a 5 mm gravilla, grava, etc. en grava los más utilizados son del orden de 19,0 mm a 40 mm, y para la arena entre 0,08mm a 4,8 mm.

Se ha llegado a la conclusión a través de estudios empíricos serios, que para hormigones de altas resistencias el tamaño máximo debe ser de 20 mm es decir gravilla , porque el tamaño máximo del agregado grueso influye en procedo colocación para no dejar nidos de piedra y su superficie especifica sea bien cubierta por la pasta de cemento , para lo que es el aporte finos por m³ estos tiene que estar en el rango de para un tamaño máximo de entre 0 y 32mm tiene que tener un contenido de fino que tiene que andar en el rango de 375 a 475 kg/m³. (moreno, 2015)

En referencia al porcentaje de aire que se coloca en los hormigones o aire incorporado, según los estudios empíricos al respecto por cada 1% de aire se disminuye entre un 3% a un 5% las resistencias mecánicas del hormigón resistencia a la comprensión, tracción y flexo-tracción en hormigones densamente armados el porcentaje de aire atrapado varía entre 2% y un 3 %, en el aire incorporado las burbujas se producen por la mezcla, no porque se genere un gas al movimiento del mezclado y varían entre 0,01mm y 0,3mm y se distribuyen en forma uniforme en toda la masa del hormigón, mencionando una característica el aire incorporado aumenta la cohesión interna del hormigón en estado fresco , utilizándose este tipo de aditivo , en los trenes pavimentadores (ejemplo GOMACO GT-3600) con molde deslizante donde se requieren del orden del 3% al 4%.

Se debe mencionar también, que aparte del aire tenemos aditivos como el retardador de fraguado que es recomendado utilizar en un rango no más allá de un 0,5%, para faenas donde se va a trabajar con moldes deslizantes, dado que actúan retardando la disolución de los constituyentes del cemento, aumentar la concentración de calcio o saturando la superficie de los granos de cemento actúan en forma física, química o físico-química.

Al profundizar en la causa del uso de los aditivos, si se está trabajando con máquinas que requieren de un tiempo que les llegue los hormigones con las propiedades adecuadas para lograr un acabado que cumpla con los parámetros geométricos de estabilidad, nos proporciona por lo menos el aire cohesión, el aditivo de retardador de fraguado controlar los tiempos de fraguado e incrementar la docilidad y mejorar la cohesión interna. (moreno, 2015)

Volviendo al tipo de hormigón requerido en planta HN-250-90-20-6 con 4% de aire, fue pensado que por el rango de tiempo que podía estar en la maquina el cono podía bajar dos puntos quedando en el traslado entre un cono 3,5 a 4, que es lo óptimo para que trabaje la máquina y así también bajar el 1% de aire llegado a la máquina con un 3%, para esto hubieron varias pruebas que se fueron chequeando a medida, que se iban mandando camiones dado que lo que se preparaba en planta a veces en la orden de compra era lo ideal pero cuando se tomaban las propiedades en el pique en la superficie, se tomaba el aire y el cono diferían mucho de lo que aparecía en la orden de compra los parámetros, incluso a veces se disparaban al revés en vez de bajar subían como mandar un cono 6 y que llegado al pique se tomaba un cono 8.

Preparado en planta el camión Mixer, tenía que llegar en un rango de 25 a 40 minutos dependiendo de los tráficos vehiculares que hubiera en Santiago a diferentes horas del día, que se asimilaba que a la hora punta entre 8 y 9 de la mañana iba a ver algún retraso, para esto se fueron haciendo minutas de pedidos con rangos de 15 días, con una cantidad de camiones diarios y si llegaban con lapsos de tiempo de 20 minutos, era lo ideal para tomar sus propiedades físicas, como era cono y % de aire en superficie descargar y a la vez cargar camión que estaba en el túnel y trasladar el mismo cargado por el túnel a la máquina, para

lograr que todo funcionara como reloj, se tenía un equipo humano calificado para la labor, que manejara los puntos clave del hormigón , tiempos , cono de llegada ,% de aire y coordinar que el túnel estuviera expedito, porque la prioridad la tenía la construcción de canaleta en el día.

Ya en este punto del día la cuerda de trazado, que era la guía topográfica de la máquina tenía que estar puesta en terreno con sus distancias acotadas tanto en planimetría como altimetría que eran supervisadas por el topógrafo a cargo y el que iba controlando alguna desviación que se diera en las medidas de las marcas topográficas que estaba apoyada la cuerda de trazado como se muestra en la fotografía 6 y fotografía 19 por citar alguna que oriente de lo que se está hablando, para esto se tenía un tiempo clave a principio de turno o a fin de turno de dejar la cancha de trabajo lista para que la máquina empezara su labor diaria.

Además al comienzo de la partida de cada día con el primer camión, que llegara tanto en el comienzo del turno o a la hora de colación se tenía que hacer un chequeo si la máquina partía dentro de los rangos óptimos , porque pasado 40 minutos con hormigón en el molde de vibradores, se tenía que levantarla, sacar ese hormigón lavar molde colocarla y esperar que llegara el siguiente camión si la demora había sido en ese rango porque el fraguado del hormigón más la aceleración del vibrado hacia que estas reacciones fueran muy rápidas y si se mantenía más de los tiempo se corría el riesgo que el hormigón endureciera y ahí se tenía que parar la obra hasta liberar el molde en su totalidad del hormigón ya fraguado dado que no se podía trabajar con este por que perjudicaba el funcionamiento de la máquina y el juego de vibradores.

La secuencia de colocar la cuerda de trazado, se llegó a parámetros de tiempos óptimos que daban holguras para hacer otras actividades como hacer el autocontrol de cómo había quedado geoméricamente la canaleta y ver que sus desviaciones estuvieran en el rango de las tolerancias admisibles, labor que se logró a cabalidad en el correr de la obra, como también se generaron desviaciones que salieron de los rangos de tolerancias, pero fueron las mínimas y corregidas. En los tiempos que se entraba a obra, llegar los equipos de trabajo a la máquina y poner la maquina a punto (calentar motores, chequeo de sistemas

hidráulicos) esperando que llegara el primer camión mixer del día, donde había quedado la maquina el día anterior daba tiempo de cargar la máquina con petróleo, correr las estaciones de emergencias a los nuevos puntos de avances, abastecer con dispensadores de agua para beber que en zona de trabajo es vital, por la temperatura que se vive en el interior e ir rellenando el papeleo que se hubiera atrasado antes de entrar al túnel o chequear cualquier anomalía que impidiera el normal trabajo de la máquina y equipos de trabajo.

Con camión cargado en el túnel, el transito tenía que estar en un 80% liberado para que los equipos de camiones Mixer no tuvieran retrasos significativos que entorpecieran la llegada a la recortadora, para esto cada día se tenía que hacer supervisiones visuales de que empresas anexas, a la que estaba construyendo la canaleta de energización estaban trabajando en el circuito de tránsito que tenía que hacer los camiones al día siguiente. Se tenía que ir por lo menos por parte de la empresa ejecutante, una semana antes de entrar a cualquier frente de trabajo, viendo qué problemas logístico se podían presentar , para regularizar las coordinaciones claras con las empresas contratitas, dado que a veces se tenían que pasar por una o dos estaciones, más los diferentes piques de venteo entre las estaciones que estaban en el rango de 500 metros a 1000 metros, y en las estaciones habían empresas trabajando en las obras civiles, en el desarrollo entre una estación y otra estaban las empresas de catenarias, electricidad limpieza, y todas necesitaban ir avanzando con sus diferentes trabajos.

A veces empresas que trabajaban de noche podían tener cambios de turnos por contingencias de la misma obra y al día siguiente el equipo de trabajo de la pavimentadora se encontraba con trabas para su normal flujo de trabajo. Esto generaba retrasos que si se daban por más de 2 días había que reprogramar los camiones y quizás aumentar en un punto los porcentajes de conos y aditivos, porque si los tiempos de espera eran más de los programados, no se tuvieran sorpresas y se generaran problemas con los hormigones y derechamente se tuviera que botar en algún acopio destinado para eso el material completo del camión por un fraguado antes de tiempo.

Volviendo a las etapas de trabajo, como antecedente histórico la máquina partió en el PK 8150, esto quedaba entre estación Ñuble y pique venteo Marathòn, PK se refiere a punto de kilometraje de proyecto y está orientado a que cada cierto tiempo existe una marca topográfica en la loza del hormigón rasante a nivel del suelo que indica el eje que separa a la mitad la distancia donde a futuro irán instalados los dos rieles por vía, estos PK de orientación estaban colocados en desarrollos largos cada 10 metros y en curva cada 5 metros y lo ideal que cuando se colocaran las cuerda de trazado es que quedaran igual a esta misma distancia para generar una figura geoméricamente buena sobre todo en curvas de desarrollo.



Fotografía29, foto ilustrativa de un camión transitando por los túneles, línea3 cerca de sector enlace. (ready mix, 2017)

Como se aprecia en la figura 29, se ilustra un camión circulando por el túnel, que es como lo hacían todos los camiones, transitar en diferentes partes por los túneles del metro tanto en la línea 6 y la línea 3 generalmente se trabajaba con equipos de 4 camiones por máquina, ahora en la foto se muestra el área enlace línea 3. Para esto generalmente el camión era escoltado por un vehículo liviano que servía de escolta y este procedimiento se hacía por norma de seguridad que era acompañarlo desde el pique donde se cargaba los camiones hasta el punto que se encontraba la máquina, en los comienzos de talleres línea 6 y talleres

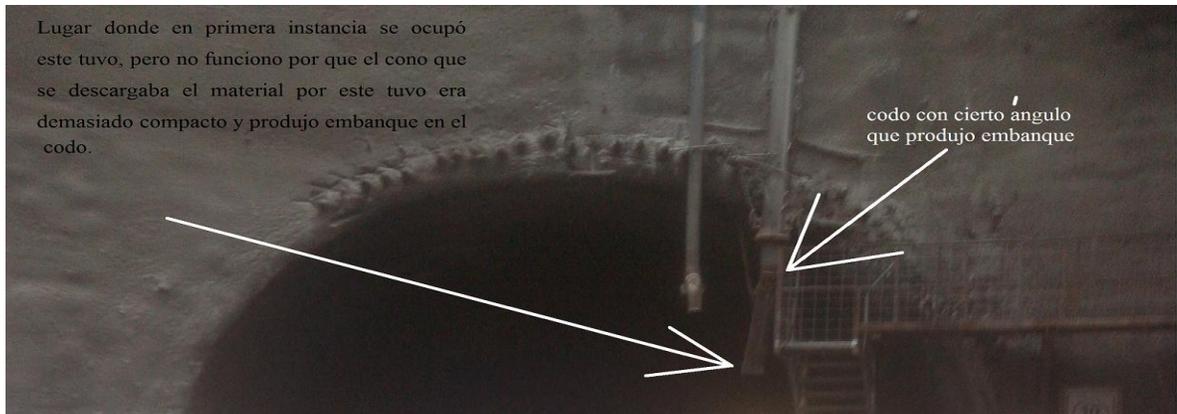
línea 3. Se pudo trabajar con camiones directo que llegaban desde la planta y entraban hasta el mismo punto de ubicación de la máquina, pero esto fue posible solo una cantidad de kilómetros aproximadamente entre 3 y 4, de ahí se ponía en marcha el equipo de camiones permanentes que cargaban en los piques.

Volviendo a la línea 6 y haciendo una reseña histórica, ya en Septiembre 2015 y habiendo empezado por el PK 8150 se empezó en el área de losa flotante que aproximadamente eran 500 metros de losa especial, por lo tanto en estas áreas de losa flotante la cantidad de hormigón que consumía la canaleta era mayor porque su delta de terminación fluctuaba entre 56 cm y 60 cm de la losa o rasante al coronamiento de la canaleta acá se presentaron algunos problemas del tipo de estabilidad del hormigón, dado que se tuvo que cambiar el tipo de camión por unos que tuvieran paletas, sin fin más grandes para revolver bien la mezcla del hormigón en el hueco del camión Mixer.

También en la partida, se tuvo que cambiar por un tiempo corto descargar por el tubo que estaba hecho para la descarga, porque el mismo se tapó la primera semana de uso por estar con una inclinación que no era la correcta para este hormigón, ya que se pretendía que bajara con una consistencia demasiado baja, cono 4 o 5 en lo posible y esta tubería servía para conos más licuados 10 para arriba, dado que tenía un codo en ángulo que hacía que el material con cono 4 se acumulara en esta sección así que se decidió tirar con sistema de capacho por una semana, hasta que se cambiara el tubo para el trabajo.



Fotografía 30, sector pique MARATHÓN, primer lugar donde se partió con la descarga de hormigón para la línea 6 y la construcción de la canaleta.



Fotografía 30, más específica que muestra tubería por donde se producía embanque.

En el Lugar de la fotografía 30, donde en primera instancia se ocupó este tubo, pero no funcionó, porque el cono que se descargaba el hormigón por este tubo, era demasiado compacto y produjo embanque en el codo con ángulo que se ve que está a lado de la rejilla, más o menos a esa altura flecha guía más corta ubicación exacta. Para solucionar este percance se tuvo que hacer una memoria de cálculo sobre qué inclinación y que diámetro debía cumplir el tubo, para que no se presentara problemas y el material del nuevo tubo sería de PVC de alta resistencia. Según las estimaciones para 20 metros de caída quedó con una inclinación de 5% o un 4 % aproximadamente.

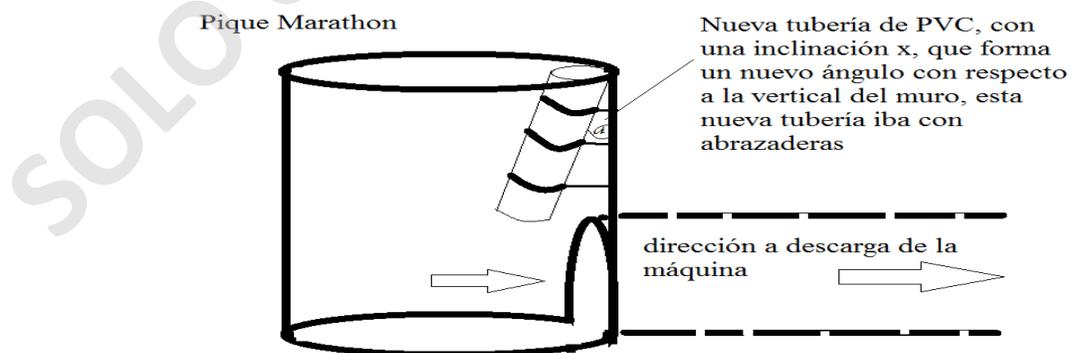


Figura 11, fuente propia.

Según la figura 11, se aprecia a futuro ubicación de la Nueva tubería de PVC rígido, con una inclinación x , que forma un nuevo ángulo α con respecto a la vertical del muro, esta nueva tubería iba con abrazaderas. Se cree que aproximadamente fue de un rango de 5.0% de inclinación en aproximadamente 20 metros con respecto a la vertical del muro del pique MARATHÓN.



Fotografía 31, por mientras que se construyó la nueva tubería se descargó con capacho como muestra la fotografía se hizo una plataforma especial para la descarga.



Fotografía 32, descarga con capacho.



Fotografía 33, descarga con capacho con dos personas autorizadas



Fotografía 34, descarga con capacho con dos personas autorizadas para la labor.

Para la descarga con capacho que no era lo más necesario en ese momento, se ocupó el artefacto para tener la obra andando mientras se hacía la memoria de cálculo para instalar el nuevo tubo de PVC rígido de alta resistencia, para esta maniobra se necesitaron permisos especiales y certificados especiales, como se comenta en hojas anteriores, específicamente lo relacionado con prevención de riesgos, para todo se tenía que llenar permisos especiales, y pedir los antecedentes de los andamios y cuando estuvieran todos los papeles en regla pedir la autorización a la inspección.

Cuando se tuvo todo en orden, se partió con este sistema de descarga de hormigón, el cual fue transitorio mientras llegaba la nueva tubería, además, para la labor se capacitaron 2 personas con experiencia en ese tipo de maniobras de trabajo en hormigón y obras donde el riesgo era alto, y tenía que respetarse los protocolos de seguridad.

La losa flotante es un sector que mide 500 metros, en donde la rasante es más baja alrededor de 15 cm, y ésta orientada esta losa flotante para que cuando pase los carros del metro no produzca vibraciones y ruidos molestos en la noche, la construcción de esta losa flotante no es difícil pero tampoco fácil se tiene que colocar unas geo-membranas especiales más un material parecido a las cajas bandejas de huevos pero de material parecido a la geo-membrana de material dócil para trabajarlo y más resistente a diferentes torques que se le hagan colocado estas dos capas se procede a colocar el armazón de la losa que son mallas metálicas con calugas plásticas y zapitos afianzadores de altura para cuando este todo entrelazado o bien afianzado se proceda a hormigonar la losa.

Hecho esto después se tiene que venir nuevamente por las cuadrillas de topografías especializadas a trazar el eje de rieles para colocar las losas finales de apoyo de rieles. Por lo tanto, en estas áreas o secciones de 500 metros o 1000 metros, mayores son los consumos de hormigón en estos sectores.



Fotografía 35, PK inicio de labores de Línea 6 PK 8150 aproximadamente Septiembre del 2015.

Se comienza labores de colocar pedestales de metal para luego afianzar la cuerda de trazado que de aquí para adelante hasta aproximadamente Mayo del 2017 serán las guías topográficas de eje planimétrico y altimetría o altura topográfica que eran supervisada su colocación por un topógrafo responsable de colocar la alineación de la máquina, como se comentó más adelante se empezó a llenar el equipo de camiones Mixer permanentes con sistema de CAPACHO hasta que se procediera a colocar la nueva tubería.



Fotografía 36. Personal de HORMITEC, SIGNATURE, IDOM, ETF, METRO, esperando primer camión para inicio de pruebas de hormigón.

En referencia a la fotografía 36, es relevante, porque era los primeros camiones que se iban descargando en la máquina, de aquí para adelante se sacó la base de información para las desviaciones que se fueron presentando y con esto mejorar la labor cada día, como se había dicho en páginas anteriores se tuvo que partir las primeras dos semanas improvisando lo que se hacía en superficie, el desafío era lograrlo en el túnel del Metro de Santiago con otra geométrica la figura terminada de hormigón y con la exigencia y control que era un poco más detallista al principio por ser la primera vez que se hacía este tipo de figuras en hormigón en el Metro de Santiago, con las exigencias tanto técnicas como de seguridad.



Fotografía 37, primer camión de hormigón que llega a la línea 6 comienzo en el PK 8150. Septiembre 2015.

La empresa ejecutante es la empresa a HORMITEC encargada de construir con la máquina GOMACO GT-3600, la canaleta de acopios de cables de alta tensión eléctrica 20000 volts y 1500 volts, la empresa HORMITEC en terreno la comprende una cuadrilla de albañiles para los remates tratamiento de roturas y terminación estética de la canaleta y el operador de la máquina, los demás profesionales y técnicos de obra estaban bajo la supervisión de empresa francesa SIGNATURE del grupo VINCI –EUROVIA, además de la inspección de la empresa controladora de trabajos ETF-COLAS RAIL, junto a la inspección del METRO, la empresa IDOM.



Figura 38, toma de cono y temperatura del hormigón antes de empezar la descarga directa en la máquina. Septiembre 2015.

Como se aprecia en la fotografía la empresa SIGNATURE comienza a tomar el cono y la temperatura del hormigón para ver si tenía desviaciones de cono y temperatura antes de colocarlo en la máquina. A futuro se contemplaría tomar aire según lo recomendado por diferentes profesionales para ir controlando la cohesión del hormigón debido a desviaciones que se fueron dando en los conos de hormigón y que se tenían que corregir para mejorar los rendimientos de los avances y las terminaciones estéticas.



Figura 39, partiendo en línea 3 Junio 2016.



Figura 39, fotografía ilustrativa de descarga en otra máquina GOMACO gt-3600, línea 3 ENLACE. JULIO 2016. (ready mix, 2017)



Figura 40, construcción de la canaleta y descarga de camiones MIXER, line3 ENLACE, Julio 2016 (ready mix, 2017)



Fotografía 40-a, cuerda de trazado y pedestales de metal. (ready mix, 2017)

Como se aprecia en la fotografía 40, se marca dónde estaban ubicados los pedestales metálicos con las mariposas y agujas metálicas las cuales cumplen la función de darle la altura topográfica y la alineación al eje de proyecto, como acá se aprecia la cuerda está tensada al máximo haciendo una proporción se podría decir que se tensaba con un torque de alrededor de 250 kilos o más y la cuerda aguantaba sin problema esta tensión.



Fotografía 41, otra parte del túnel según avance. (SOLERAS, 2017)

Ya en esta fotografía 41, habían pasado varios meses de trabajo, por tanto, el acabado de hormigón era casi perfecto en sus terminaciones, esto sin duda era mayor avance y disminución de trabajo para albañiles, y permitía mejorar los tiempos de terminados en otras áreas para los albañiles y cumplimientos de metas diarias a la perfección. El ideal para un turno normal era construir entre 300 y 250 metros lineales de canaleta.

Si se aprecia bien en la fotografía 41, la cuerda de trazado como se ha mostrado en fotografías más atrás, está por debajo de la máquina, y también si nos remontamos a la fotografía 19 en el ejemplo, ésta la tenía por el costado del molde donde salía el hormigón, con esto se quiere demostrar que los sensores son totalmente acomodados a nuevas posturas que necesite tanto el operador de la maquina como los ayudantes de terminación para trabajar en forma más cómoda , en algunos casos los trabajos fueron demasiados estrechos y se tuvo que cambiar sensores en dos oportunidades para poder realizar la construcción en forma cómoda.



FOTOGRAFIA 42, otra postura de la máquina trabajando en el METRO SANTIAGO.
(www.soleras.cl, 2017)

Máquina construyendo en otra áreas del metro logrando parametros de perfección en la textura como la estética de terminación de la canaleta esto daba mas comodidad a todo el equipo humano que trabajaba para lograr la meta diaria o tratar de llegar a ella.



Fotografía 43, nueva postura de la máquina. (www.soleras.cl, 2017)

En la fotografía 43 se ve el efecto; si uno lleva las cuchillas laterales, o paleta lateral que impide que el hormigón se expanda en forma desordenada hacia cada lado, están muy altas desde la rasante del suelo entre 5 y 3 cm, se ve como se pierde una hilera de hormigón, este detalle constructivo en el transcurso de la construcción se fue afinando, para tener menos pérdidas por los costados, pero siempre quedaba una pequeña hilera de hormigón que quedaba de aproximadamente 2 cm.



Fotografía 44 , otra zona de trabajo cerca de estación FRANKLIN. (www.soleras.cl, 2017)

Como muestra la fotografía 44, máquina terminando llegada a estación Franklin línea 6 del Metro, y recalando la forma como se coloca la cuerda de trazado topográfico, esta va por debajo de la máquina y cada 10(recta) o 5 metros (en curva) con su respectivo pedestal de metal, afianzando la cuerda que tiene una tensión para que ella vaya sin desviaciones construyendo la canaleta.



Fotografía 45, Máquina trabajando en la estación. (www.soleras.cl, 2017)

En relación a la fotografía 45, la máquina comienza a trabajar por uno de los lados de la estación. La figura en hormigón que se va construyendo en la estación, es de una sola cara o pared exterior, esto es más rápido para su construcción, pero demanda más precaución con la losa, donde a futuro estarán parados las personas, tal como se parecía en la fotografía 45, la máquina va entre 4 a 3 cm de la pared y varía según la deformación constructiva que haya quedado de terminación de dicha losa, al igual que otras fotografías donde se muestra la máquina, la cuerda de trazado topográfico va por debajo de la esta.



Fotografía, 46 otra perspectiva de la máquina construyendo en la estación. (www.soleras.cl, 2017)

De acuerdo a la fotografía 46, se describe el momento de parada de la máquina donde se carga combustible, con bidones de metal que era la exigencia o norma de seguridad, andar con petróleo en bidones metálicos especiales, se cargaba la máquina y los bidones metálicos tenían que salir de los túneles e irse a sectores de bodegas especialmente hechos para contener productos corrosivos o de gran peligro de incendio. Obviamente para esta maniobra también se requería el protocolo de seguridad.



Fotografía 47, terminación de la cara exterior en hormigón , de acuerdo a lo construido en las estaciones. (www.soleras.cl, 2017)

De acuerdo a la imagen, se describe el detalle de cómo quedaba la cara proyectada en el hormigón en las estaciones del metro, esta se construyó con este tipo de moldaje, que es totalmente diferente al moldaje de la canaleta en su totalidad.



Fotografía 48, moldaje para construir los sobre losa de ,15 metro ó 15 cm. (www.soleras.cl, 2017)

En relación a esta fotografía, podemos apreciar la construcción con moldaje de sobre losa, esta es realizada en los lugares donde se tenía que construir a futuro la losa flotante, puesto que su función era disipar o disminuir ruidos o vibraciones en zonas residenciales domiciliarias, donde la línea del metro debía funcionar.



Fotografía 49, después de semanas de fraguado, se produce la terminación de la canaleta.
(www.soleras.cl, 2017)



Fotografía 50, otra área de la canaleta terminada después de semanas de fraguado.
(www.soleras.cl, 2017)



Fotografía 51, terminación total de canaleta con su respectiva tapa de hormigón armado.
(www.soleras.cl, 2017)



Fotografía 52, Vía terminada en su totalidad con su respectivas tapas de hormigón armado. (www.soleras.cl, 2017)

Como información de secuencias de trabajo después de la etapa de construcción de la canaleta , viene la etapa de desarrollo de las lozas de apoyo de rieles, por esto, era de vital importancia ir más anticipado que la construcción de las lozas de hormigón que apoyan los rieles, primero para terminar con la edificación de la canaleta como meta de producción y avance de las empresas involucradas, y segundo porque en la canaleta de acopios de cables

tenía que cumplir su función de acumular los cables de 20000 volts y 1500 volts para darle energía a futuro al tren, a través de las catenarias superiores. El propósito era darle la energía a los sistemas que cambian posición de los rieles para que el tren se desvie a talleres de mantenimiento o cambio de vía entre estaciones. Detrás de los trabajos de la construcción de la canaleta de acopios de cables de energía venían la empresas que trabajaban colocando los cables de corriente, entonces la construcción de la canaleta demandaba término de trabajo acotado, para que otras empresas siguieran con sus trabajos entre ella, la que colocaba los cables.

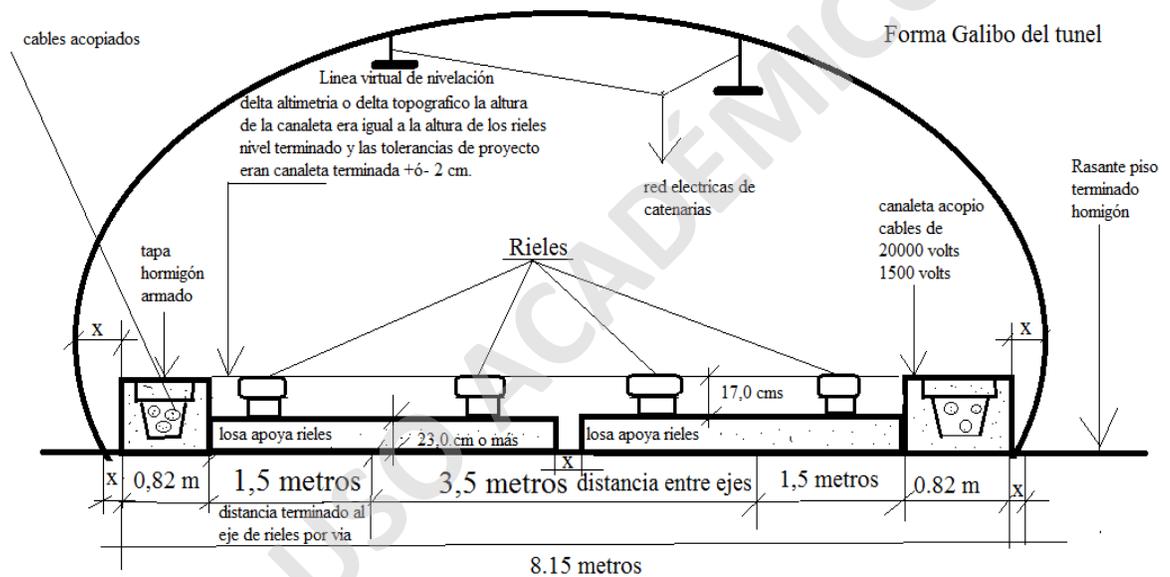


Figura 12, Fuente propia

En base a la figura 12, los 8,15 metros podían variar si la distancia de la cara exterior al eje de rieles terminado es de 1,5 m desde la cara exterior de la canaleta al eje de rieles era mayor mayor en rangos de 1,6 m; 1,8 m; 1,9 m ; 2,0 m ; 2,1 m, esta medida dependía de las magnitudes del Galibo o que obligatoriamente tenía que tomar esos anchos porque pasaba por lugares donde el peralte de la inclinación de la posición del tren a velocidades de 70 km/hr podían tocar el coronamiento de la canaleta y producir roce, a esto se le llamaba Galibo Dinámico, porque es la proyección del tren a grandes velocidades con

carga máxima de pasajeros, quizás pensado en horarios punta, desarrollos de eventos públicos de alta demanda etc.

El Galibo Dinamico, era una proyección virtual que se dibujaba en gabinete y se iban colocando en los diferentes peraltes y velocidades que el tren iba a tener que circular a futuro, esta proyección se hacía generalmente por la línea interna de la curva, que llevaba el desarrollo o las clotoides o curvas de gran radio, en otro aspecto centrando la atención en la figura 12 donde aparece x sola a cada extremo de la figura 12, quiere decir que la distancia es variable.

Como dato tecnico En relación a la altura de los rieles que es de 17 cm esta puede variar porque esta dibujada como es la altura del riel de 17 cm , pero este riel va apoyado en un placa de PVC flexible de alta densidad. Tambien el ancho de losas que soportan o estan apoyados los rieles tambien puede variar de la medida de 23 cms de altura y puede ser mayor o menor a esta medida y cambiar según el peralte que forme la losa en la curva o disminuir hacia el lado interior de la curva en relacion al extremo que esta pegado a la canaleta de acopio de cables. Se muestra una representación generalizada de lo que se esta hablando en figura 13.

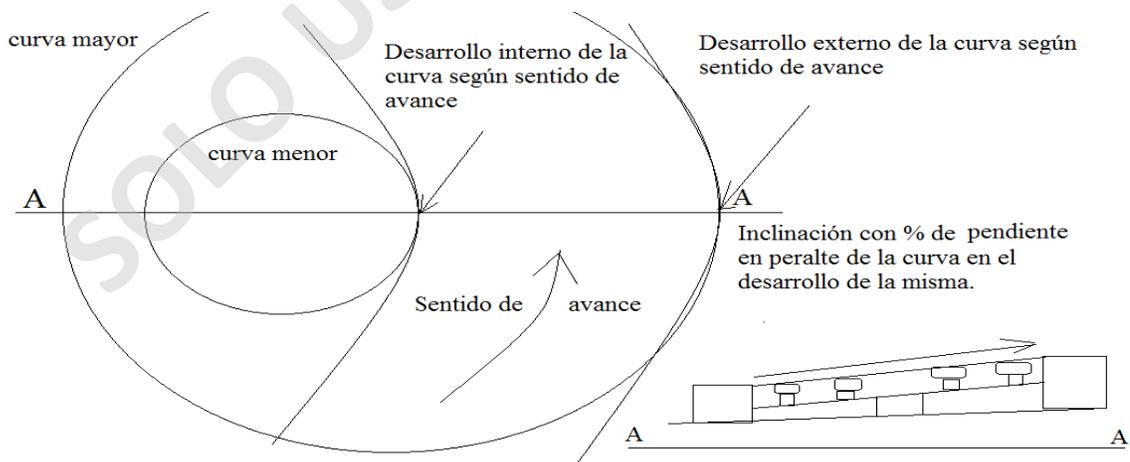


Figura 13. Fuente propia desarrollos de curvas.

En la figura 13 se esquematiza en forma aproximada lo que sucede cuando el tren pasa por un sector donde hay transición de curvas o de pasar de un sector de una recta a empalmar con una curva que están unidas con una clotoide para minorizar la fuerza centrífuga y que el tren se mantenga estable al hacer el movimiento del galibo dinámico y pasar por esta transición.

Según la imagen, la inclinación del peralte que en el punto más álgido, es más inclinado y a medida que se pasa a una recta, o a una curva de radio mayor, va declinando su inclinación hasta mantenerse en forma horizontal sin peraltes, esto se da en rectas, entrada y salida de estaciones.

Para lo que es estar sin peralte, bajo una cota horizontal pareja o igual entre los rieles y el coronamiento de la canaleta de acopio. En la fotografía 52, se puede apreciar en forma clara lo que se trata de explicar; el lado derecho de la curva al final sería la parte exterior de la curva y el lado izquierdo de la imagen sería el lado interior de la curva, por lo tanto, la inclinación aumenta hacia el lado derecho o lado externo de la curva según el sentido de avance e incluso percibir la inclinación del peralte.

En base a lo anterior, basado en el material fotográfico de la empresa ejecutante, más el del proveedor y más el del autor con la suma de su experiencia en este trabajo, como también la argumentación de trabajadores que tocó entrevistar y que trabajaron en este proyecto, se logra una recopilación de información que se entrega en éste trabajo, para que tenga una idea general de los pasos, que la obra tuvo que seguir para poder construir con la máquina pavimentadora, es difícil transmitir al lector la funcionalidad y aspectos físicos de trabajo con la máquina cuando está actuando en terreno, como sería uno de los aspectos que el lector no logra dimensionar es el ruido del motor constante que genera la máquina cuando está en funcionamiento, y como este varía cuando se ponen en marcha las partes en funcionamiento de la máquina así que este sería uno de los problemas de lograr transmitir pero se deja un ejemplo comparado con un bus del Transantiago cuando parte de un paradero o algún camión de alto tonelaje cuando parte en la primera marcha. Por citar algún ejemplo comparativo.

Como tambien se hace dificil transmitir la contextura del hormigón ocupado en obra su consistencia , olor , temperatura, etc, son detalles que el lector tendra que asumir en base a sus esperiencia o nociones que haya tenido.

Tambien se hizo una reseña historica en cada objetivo especifico de los diferentes aspecto que influyeron en cada objetivo, como por ejemplo en el objetivo especifico dos se comenta que los trabajadores que ivan a la par con la maquina trabajando (albañiles y capataces, operdores, hitos, jefes terreno, prevencionistas, ingenieros , topografos, alarifes, jefes de terreno, etc) tuvieron que pasar por instrucciones de seguridad por parte de Metro de Santiago antes de poner un pie en obra y esto fue parte de las etapas construcción de la máquina porque muchas veces se tuvo que sacar gente de obra para poder revalidar permisos provisorios de trabajo y charlas de seguridad.

SOLO USO ACADEMICO

Capítulo 4.

Descripción la inversión, flujos de avance de obra, costos operativos, proyecciones económicas.

Costos directos de trabajar con la máquina

Costo comprar máquina	\$300000 dólares
Operador	\$800000 pesos MENSUAL
4 albañiles	\$500000 *4=2000000 pesos MENSUAL
Camion transporte(Se tiene)	\$50000*30= 1500000 pesos MENSUAL
Alojamiento	\$200000*5= 1000000 pesos MENSUAL
Herramientas (Se tienen)	\$300000*1=300000 pesos MENSUAL
Leyes sociales	\$650000 pesos MENSUAL
Depreciación máquina	-40% al cabo de tres años
Depreciación camión	-40% al cabo de tres años
Depreciación herramientas	-40% POR TRIMESTRE
Mantenición 1 vez por mes	\$300000.
Valor ml puesto en obra canaleta	\$ 8620.
Avance ideal construcción por día	250 metros lineales día
Avance promedio proyectado obra	138 metros lineales. Por día

A continuación, en las próximas hojas se expone 4 casos de flujos financieros con diferentes parámetros de medición, con el fin de evaluar resultados con valores aproximados que nos otorgan una orientación económica para verificar que tan viable es la adquisición de una máquina de esta envergadura, sus posibles escenarios y dependencias en un proyecto dado. Al final de cada flujo de caja se calcula el VAN y el TIR de cada uno de ellos, con una tasa bancaria anual llevada a la capitalización del trimestre. Desde estos escenarios se evaluará el más factible y se deberán tomarán las respectivas conclusiones para el desarrollo de ellas extraídas de un ejemplo del trabajo en el Metro de Santiago de Chile.

valor UF 6-12-17	\$ 26.763,12							
Máquina USD	\$ 300.000	\$ 195.756.000	\$ 65.252.000					
valor dólar 6-12-17	\$ 653							
INVERSIÓN	TRIMESTRE 0	TRIMESTRE 1	TRIMESTRE 2	TRIMESTRE 3	TRIMESTRE 4	TRIMESTRE 5	TRIMESTRE 6	TRIMESTRE 7
Costo compra máquina	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
	39.151.200	13.050.400	13.050.400	13.050.400	13.050.400	13.050.400	13.050.400	13.050.400
Operador		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
		2.400.000	2.400.000	2.400.000	2.400.000	2.400.000	2.400.000	2.400.000
4 albañiles		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
		7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000	7.500.000
Camión transporte		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
		4.500.000	4.500.000	4.500.000	4.500.000	4.500.000	4.500.000	4.500.000
Alojamiento		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
		3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000
Herramientas		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
		900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000	900.000
Leyes sociales		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
		1.950.000	1.950.000	1.950.000	1.950.000	1.950.000	1.950.000	1.950.000
mantención de la máquina		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
		750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000	750.000
gastos generales		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
		\$-30.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000	30.000.000
depreciación máquina		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
		9.787.800	9.787.800	9.787.800	9.787.800	9.787.800	9.787.800	9.787.800
depreciación camión transporte		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
		1.428.571	1.428.571	1.428.571	1.428.571	1.428.571	1.428.571	1.428.571
depreciación herramientas		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
		360.000	360.000	360.000	360.000	360.000	360.000	360.000
PRIMER PAGO ESTADO DE PAGO		\$ 71.428.572	\$ 71.428.572	\$ 71.428.572	\$ 71.428.572	\$ 71.428.572	\$ 71.428.572	\$ 71.428.572
camión transporte		\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
herramientas		\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000
TOTALES	\$ -	\$ 1.201.801	\$ 1.201.801	\$ 1.201.801	\$ 1.201.801	\$ 1.201.801	\$ 1.201.801	\$ 1.201.801
	\$ -							
VAN	(33.746.962)							
TIR		-28%	NEGATIVO					

Flujo 1, en este ejemplo se proyecta el pago de la máquina durante 36 meses y el pago de gastos generales saldra en su totalidad del trabajo que se plante en este flujo de caja.

Para el flujo de caja 1 de la pagina 80, lo que se plantea que la oficina dependa en su totalidad del trabajo de la máquina, para esto, los gastos generales se incluyen en el flujo de caja en la duracion de los 7 trimestres que trabajará el equipo para la obra. Si bien en un comienzo se realiza pago inicial de \$39.151.200 para esta, se proyecta el pago de la herramienta en 36 meses, el VAN nos da negativo, al igual que TIR, por tanto, desde la perspectiva de participar en una licitación con este tipo de inversión e ingresos sería imposible para la empresa aventurar en una propuesta económica de trabajo.

Para la tasa de descuento, se asumió por el tipo de compra una tasa del 60% anual llevada al trimestre.

$$\sqrt[4]{1 + 0,6} = 1 + x$$

$$\sqrt[4]{1,6} = 1 + x$$

$$1,12468265 = 1 + x$$

$$1,12468265 - 1 = +x$$

$$0,12468265 = x$$

$$x = 0,1247 \text{ ó } 12,47\%$$

valor UF 7-11-2015	\$ 26.768							
Máquina USD	\$ 300.000	\$ 195.756.000	\$ 65.252.000					
valor dólar 6-12-2017	\$ 653							
INVERSIÓN	TRIMESTRE 0	TRIMESTRE 1	TRIMESTRE 2	TRIMESTRE 3	TRIMESTRE 4	TRIMESTRE 5	TRIMESTRE 6	TRIMESTRE 7
Costo compra máquina	\$ - 30.000.000							
Operador		\$ - 2.400.000						
4 albañiles		\$ - 7.500.000						
Camión transporte		\$ - 4.500.000						
Alojamiento		\$ - 3.000.000						
Herramientas		\$ - 900.000						
Leyes sociales		\$ - 1.950.000						
mantención de la máquina		\$ - 750.000						
gastos generales								
depreciación máquina		\$ - 9.787.800						
depreciación camión transporte		\$ - 1.428.571						
depreciación herramientas		\$ - 360.000						
PRIMER PAGO ESTADO DE PAGO		\$ 71.428.572	\$ 71.428.572	\$ 71.428.572	\$ 71.428.572	\$ 71.428.572	\$ 71.428.572	\$ 71.428.572
camión transporte		\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
herramientas		\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000
TOTALES	\$ - 30.000.000	\$ 44.252.201	\$ 44.252.201	\$ 44.252.201	\$ 44.252.201	\$ 44.252.201	\$ 44.252.201	\$ 44.252.201
VAN	\$ 168.992.551							
TIR	147%							

FLUJO 2, con gastos generales solo al comienzo de la obra, sin pago de máquina.

Observando el flujo 2 de la página 82, el panorama sería más que el ideal para tomar una decisión económica o para que la empresa participara en una licitación de esta envergadura, pero siendo realistas y comparando el proyecto con algún plan de orden inmobiliario, la tasa de retorno estaría demasiado inflada 147% y, por el contrario, no es lo que sucede en empresas que están sanas o con flujos normales en el aspecto económico, por lo tanto, a pesar que el panorama que se ofrece es lo más óptimo para tener un VAN positivo y un TIR que se dispara aún más esto en la realidad no sucede, para tomar una decisión, ya que hay que investigar aún más el panorama económico de la empresa, hacia donde va con las expectativas económicas reales. Se plantea la comparación con un proyecto inmobiliario, como ejemplo, un proyecto gastronómico, maquinaria, etc. Lo real, es que la tasa interna de retorno TIR debe tener un rango no más allá de un 40%, con parámetros de gastos aterrizados, en el flujo económico.

valor UF 7-11-2015	\$ 26.768							
MÁQUINA USD	\$ 300.000	\$ 195.756.000	\$ 65.252.000					
valor dólar	\$ 653							
INVERSIÓN	TRIMESTRE 0	TRIMESTRE 1	TRIMESTRE 2	TRIMESTRE 3	TRIMESTRE 4	TRIMESTRE 5	TRIMESTRE 6	TRIMESTRE 7
Costo compra máquina	\$ - 30.000.000							
Operador		\$ - 2.400.000						
4 albañiles		\$ - 7.500.000						
Camión transporte		\$ - 4.500.000						
Alojamiento		\$ - 3.000.000						
Herramientas		\$ - 900.000						
Leyes sociales		\$ - 1.950.000						
mantención de la máquina		\$ - 750.000						
gastos generales		\$- 30.000.000						
depreciación máquina		\$ - 9.787.800						
depreciación camión transporte		\$ - 1.428.571						
depreciación herramientas		\$ - 360.000						
PRIMER PAGO ESTADO DE PAGO		\$ 71.428.572	\$ 71.428.572	\$ 71.428.572	\$ 71.428.572	\$ 71.428.572	\$ 71.428.572	\$ 71.428.572
camión transporte		\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
herramientas		\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 900.000
TOTALES	\$ - 30.000.000	\$ 14.252.201	\$ 14.252.201	\$ 14.252.201	\$ 14.252.201	\$ 14.252.201	\$ 14.252.201	\$ 14.252.201
VAN	\$ 34.089.057							
TIR	44%							

Flujo 3, con gastos generales incluidos a través del tiempo, pero sin pago de máquina o arriendo por ella.

Para el caso del Flujo 3, se plantea a una misma tasa de 12,47 % trimestral, el flujo con los gastos generales incluidos a través de la duración de la obra, sin cancelación de ninguna índole por concepto de la máquina, si bien estaríamos en lo óptimo con un VAN positivo y una tasa interna de retorno también positiva que bordea cerca del 44%, para efectos de gastos, contablemente entrega una perspectiva errónea, debido que, para una empresa instaurada con un flujo de trabajos normales en el año, el ítem de como se toma el valor de un insumo activo dentro de la contabilidad, debe verse reflejado.

En relación al párrafo anterior la compra o arriendo de maquinaria, y asumiendo que la empresa está posicionada en el mercado, no es sano económicamente que los gastos generales dependan solo de una obra, tienen que prorratearse por el conjunto de trabajos que tenga la empresa, o darle un porcentaje de descuento a cada obra en ejecución para ingresarlos los gastos generales de la empresa.

Nota: Para los 3 flujos descritos y el 4to de las páginas siguientes, se proyecta el ejemplo del trabajo del METRO de Santiago, donde la obra duró aproximadamente 7 trimestres de trabajo con la máquina, si es viable o no económicamente para este periodo su adquisición, pero obviamente esta tiene que proyectarse para 12 o 13 trimestres, teniendo un normal flujo de trabajo en condiciones normales del mercado y con una economía estable.

valor UF 6-12-17	\$ 26.763,12							
MÁQUINA USD	\$ 300.000	\$ 195.756.000	\$ 65.252.000					
valor dólar 6-12-17	\$ 653							
INVERSIÓN	TRIMESTRE 0	TRIMESTRE 1	TRIMESTRE 2	TRIMESTRE 3	TRIMESTRE 4	TRIMESTRE 5	TRIMESTRE 6	TRIMESTRE 7
Costo compra máquina o arriendo	\$ - 30.000.000	\$ - 15.000.000						
Operador		\$ - 2.400.000						
4 albañiles		\$ - 7.500.000						
Camión transporte		\$ - 4.500.000						
Alojamiento		\$ - 3.000.000						
Herramientas		\$ - 900.000						
Leyes sociales		\$ - 1.950.000						
mantención de la máquina		\$ - 750.000						
gastos generales		\$ -15.000.000	\$ -15.000.000	\$ -15.000.000	\$ -15.000.000	\$ -15.000.000	\$ -15.000.000	\$ -15.000.000
depreciación máquina		\$ - 9.787.800						
depreciación camión transporte		\$ - 1.428.571						
depreciación herramientas		\$ - 360.000						
PRIMER PAGO		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ESTADO DE PAGO		71.428.572	71.428.572	71.428.572	71.428.572	71.428.572	71.428.572	71.428.572
camión transporte		\$ - 4.500.000						
herramientas		\$ - 900.000						
TOTALES	\$ - 30.000.000	\$ 14.252.201	\$ 14.252.201	\$ 14.252.201	\$ 14.252.201	\$ 14.252.201	\$ 14.252.201	\$ 14.252.201
impuesto a la renta empresa 25%	\$ - -25%	\$ 3.563.050	\$ 3.563.050	\$ 3.563.050	\$ 3.563.050	\$ 3.563.050	\$ 3.563.050	\$ 3.563.050
flujo NETO	\$ 30.000.000	\$ 10.689.151	\$ 10.689.151	\$ 10.689.151	\$ 10.689.151	\$ 10.689.151	\$ 10.689.151	\$ 10.689.151
VAN	\$ 18.066.793							
TIR	30%							

Flujo 4, con pago de maquinaria, ya sea arriendo de la máquina o pago en cuota a 39 meses y con pago de gastos generales solo un 50%. Además se incluye el impuesto a la renta de empresas de un 25,0%.

Para el flujo 4, se plantea la realidad lo mas acercada a un normal desarrollo económico de la empresa con la puesta de la máquina en la obra, para esto el ítem gastos generales, si bien aparecen en el flujo económico 4, se limitan ahora solo al 50% que es alto, lo normal sería un tercio o un 30%, pero se asume para este cálculo que la empresa, por los baibenes economicos, tenga 2 obras en el año en conjunto.

En base a lo anterior, lo ideal para los gastos generales es que puedan dividirse por la cantidad de obras que la sociedad tenga en ejecución, darle un porcentaje económico por parte de la gerencia finanzas de la empresa en relacion a sus proyecciones económicas o estudios de la misma índole, ya que estos son datos estratégicos de cada compañía.

Volviendo al flujo 4 la máquina, dentro del ítem compra del artefacto se coloca también de arriendo dependiendo del carácter que el departamento contable de la empresa quiera nombrar. Al efectuar una compra a 39 meses o 13 trimestres con la adquisición de una a 36 meses, podemos constatar, que se alejaría en 1 trimestre de la realidad, esto queda ligado al trato entre el vendedor fabricante y el comprador de la máquina, que es la empresa dispuesta a invertir en esta compra. O con un arriendo mensual informado trimestralmente.

Se asume que para una empresa consolidada, si la máquina paso la vaya de los 36 meses del pago total por su compra, ya esta pagada al 100%. Tambien se informa la depreciación de el artefacto en el flujo, asumiendo que la compañía participará en un nuevo contrato para seguir desarrollando los ítems compra y arriendo, puede que se vean como una utilidad pero estos son parte de cada asociación de como proyecta sus expectativas financieras en el futuro.

Si bien, se puede tomar como utilidad de libre disposición para la gerencia el ítem de arriendo o pago de la máquina, una empresa sana economicamente ocuparía estos flujos positivos que se proyectan como negativos como utilidades que la empresa esta obligada a invertir ya sea en nueva tecnologías , renovacion de vehículos o capitalizar los fondos en

dinero fresco para capital de trabajo a futuro con el fin de mantenerse en el mercado o sistema económico. Ya en este cuarto flujo, además se inserta el impuesto del 25% para las empresas, que están obligadas a tributar.

Finalizando y volviendo al tema económico dado los 4 flujos financieros que se mostraron en hojas anteriores el flujo 4 sería el que más se acerca a la realidad financiera de una empresa saludable en su contabilidad y ordenada con sus finanzas, se asume que la máquina utilizada ya está pagada y se toma el concepto de arriendo como ingreso fijo para una obra que dure 21 meses esto es solamente una proyección económica en base a cifras aproximadas, este ítem arriendo si bien se expresa como gasto que además también se nombra otro egreso que es la depreciación de la máquina son costos informados para los normales balances que la empresa deba informar y las proyecciones privadas que las empresas tomen.

Trabajo con máquina versus trabajo sin máquina

Se estuvieron haciendo algunos cálculos generales para poder hacer una comparación en tiempos, que tan viable es el uso de la máquina y compararla sin el uso de ella, para este mismo ejemplo de trabajo línea 3 y 6 del metro, se debe decir que empíricamente se logró tener una información también fidedigna y no fue una proyección de este ejemplo, solo se hace un cuadro comparativo con otros tipos de materiales usados como moldajes metálicos y madera.

El avance promedio aproximado de una máquina es 1 metro lineal cada 49 segundos, por lo tanto en una condición ideal se podría decir que por cada 30 metros lineales se necesitan 15 minutos, este era el rendimiento por camión para 6 metros cúbicos de hormigón 6m³ y podía variar entre 15m a 30 metros lineales dependiendo de la altura del cornamiento de la canaleta a la cota de la rasante de la losa, que como se explicó en capítulos anteriores, esta podía variar en 15 cm. Sobre todo en las áreas de losa flotante al igual que los tiempos de descarga que podían variar de 15 minutos en condiciones óptimas hasta 40 o 45 minutos en condiciones desfavorables.

Por condiciones desfavorables, sucede que los camiones venían pasados en conos o con conos que no eran los adecuados, también puede ser que se hubiera perdido % de aire en el transporte, o la temperatura del tunel hacia variar las temperaturas de trabajo en el interior del túnel, o falla humana como equivocación de colocarle agua al huevo del Mixer, en sí, variables que se escapaban a los controles normales o de rutinas diarias.

Volviendo al avance lineal de la máquina, si tomamos que lo óptimo es entre 15 y 20 minutos de descarga de un camión Mixer de 6 cubos de hormigón para un avance ideal de entre 25 y 30 metros se podría asumir que cada hora nuestro avance es entre 25 y 90 metros para un día normal de 9 horas con 7 de trabajo reales descontando 2 horas en colación y traslado podríamos deducir que diario nuestro avance lineal estaba entre 175 metros y 210 metros lineales, claro pero esto se da si las personas y máquinas estuvieran automatizadas en conjunto, pero la realidad no es así, existen desviaciones o factores humanos que no lo permiten.

Y no permitieron estas desviaciones en la construcción real del metro para llegar a sincronizaciones perfectas, las veces que los avances fueron se realizaron con una máquina hasta 300 metros lineales con 2 horas extras al día y saltándose protocolos de horarios de alimentación o tomando la hora de colación en diferentes itinerarios y en grupos diferentes, esto generó más traslado vehicular a los puestos autorizados para almorzar o tomar colaciones.

Por que la colación solo podía tomarse en lugares autorizados, esto fue un tema de higiene y salubridad que es normativa de prevención riesgos y medio ambiente y es obligación que este en el reglamento interno de orden higiene y seguridad que la empresa tiene que tener a libre disposición para el mandante o a los organismos que controlan estos aspectos en las empresas y se basa en la ley 16744 decreto supremo 40 artículo 153.

También, hubieron desviaciones de proyecto que permitio mayores avances del orden de 300 metros lineales diarios se dieron porque la cota a la rasante del coronamiento era muy baja 40 ó 39 cm o menos y permitía una mas avance en metros lineales del hormigón , o

cuando todos los camiones tolba llegaban a tiempo y no se tuvo contratiempos con los conos de los hormigones, esto hacia o daba la confianza que las propiedades básicas de los hormigones venían estables, y hacia funcionar todo como reloj, pero esta realidad no estuvo presente en la totalidad de la obra en los 21 meses que duro para la construcción.

Por esto y para el cálculo siguiente, vamos a dejar un promedio de 180 metros lineales diarios de avance de la máquina para hacer las comparaciones. Si bien estamos comparando 180 metros lineales para avance diario, en la hoja de flujo se hizo un promedio de 138 metros lineales, esto es porque se sacó el total de metros lineales y se dividió por la cantidad de trimestres con 20 días de trabajo mensual, 58000 metros divididos por la cantidad de 21 meses y esto, dividido por 20 días de trabajo mensual nos da un promedio de 138 metros lineales día, esta diferencia se genera porque dentro del calendario de los 21 meses o 7 trimestres se asumen los días feriados, paros de máquina, o paros generales por diferentes situaciones como actividades de seguridad, investigaciones de incidentes, etc, se toma como día trabajado en base a una proyección lineal en el tiempo y para los días de actividades extraprogramáticas donde la máquina esta parada el trabajador asiste a su punto de trabajo en forma regular.

Al igual, se da un flujo estable en cuanto a cifras, pero obviamente los flujos de las empresas difieren de este análisis, porque el ÍTEM estado de pago es totalmente diferente, puede que un mes sea más bajo su estado de pago para la empresa bajo la proyección que se analiza en este trabajo u otro mes sea más alto para la empresa, esa es una propiedad privada de cada compañía. Aún así se pueden sacar proyecciones analíticas como las que se describen en las hojas de FLUJOS 1,2,3,4.

Siguiendo con la comparación, si bien la pavimentadora puede avanzar un promedio de 180 metros lineales, sin pavimentadora es imposible que una empresa lo consiguiera, pero obviamente se puede realizar igual el trabajo, pero a una tasa de avance menor linealmente, esto porque se comparó a una empresa que trabajó en el Metro de Santiago sin máquina, y utilizó moldajes de latón de 3mm a 3,5 mm espesor con la forma de la canaleta que tenía algunas desviaciones en base al molde real, venía separado por secciones, la parte de afuera

era una sección la cara interior era otra sección y estas dos secciones para forma la figura se tenían que ajustar con conos de pvc y el tubo de color naranja en relación al ancho geométrico de la figura, mas las agujas de ajustes de moldajes con mariposa como se muestra en las fotografías siguientes.

Cono de media $\frac{1}{2}$



Cono de $\frac{5}{8}$



Fotografía 53, cono de ajuste para moldajes de hormigón diferentes diámetros



Fotografía 54 pasadores de para ajustar moldajes de hormigón

Comentando el trabajo de la empresa que hizo los tramos que la maquina no pudo realizar por desviaciones en el Galibo de Hormigón del tunel el trabajo no era complejo, se trabaja con un camión que transportaba las herramientas, la cuadrilla de 5 maestros más un capataz. Se procedía a armar los moldajes entre 50 metros y 100 metros podían tenerse listos en un día, esto era solo el moldaje colocado y hormigonar era al otro día, ahora había que esperar un o dos días de fraguado para retirar moldajes, para resumir en colocar 100 metros de canaleta se podían tardar entre 4 a 5 días y la pavimentadora en 5 días a un promedio de 180 metros diarios, ya tenía 900 metros lineales más o menos dependiendo de los factores comentados anteriormente, en otras palabras, el trabajo era 9: 1 o 8:1, y la obra necesitaba avance por las fechas de proyecto comprometidas de 9 veces a lo que se plantea.

La empresa que hizo los trabajos de remates (secciones de canaleta que la pavimentadora no pudo construir) porque la pared del Galibo choqueteado rosaba el molde de salida del hormigón en lugares estrechos que fueron las desviaciones de ingeniería que hubo que superar, se fueron dejando a esta empresa que finalizó la construcción de esta forma sin maquina y con moldes desmontables. Se asume que los valores a cobrar fueron totalmente diferentes debido que eran trabajos puntuales, los cobros tenían que ser diferente por las magnitudes de los trabajos. Y además se estaban manejando casi el mismo grupo de maestro 5 personas.

Pero volviendo al enfoque del avance con la pavimentadora y sin máquina, es totalmente diferente la magnitud de avance 9:1, la pavimentadora tenía 9 veces más avance que si no se hiciera con ella, esta comparación se hace con una empresa que ocupo una cuadrilla de 5 personas con moldajes de metal demontables o armables , también hay que comentar que como el moldaje tenía que sacarse y ponerse nuevamente en los tramos de remates, se iba deteriorando el molde en su forma.

Situación que no ocurría con la máquina, dado que el espesor del moldaje que era de 6 o 7 mm compacto, el doble del moldaje que se tenía que colocar y sacar, no se tenía que incurrir en gasto de materiales para ajuste de moldaje (agujas , conos ,mariposas, etc), el fraguado primero era casi instantáneo y los albañiles solo remataban o embellecían las terminaciones de la canaleta. Por donde se quiera analizar este tipo de trabajo con máquina, conviene totalmente para tiempos de avance y terminación casi instantánea para estas obras que son de gran magnitud como es Metro de Santiago. El otro factor a tomar que también el trazado de la cara exterior que da hacia el riel tenía que afianzarse con fierros de 3/8 para fijar en la parte inferior a la losa de hormigon y esto también demando tiempo con el trabajo sin maquina o usando moldes de metal desmontables.

Si mantenemos todos estos antecedentes y los comparamos con usar moldaje de madera, la labor se extiende más en el tiempo y quizás en la parte económica encarezca aún más los costos dado que la madera va sufriendo desgastes, los clavos trizan los tableros pueden generar más retrasos que avances y la madera hay que reponerla cada cierto tiempo, si bien el latón se deforma con un poco de cuidado de trabajo se puede volver a su forma original y durar más que la madera , lo otro que con la madera se necesitan clavos, y este insumo a en el desarrollo de la obra se va perdiendo y son incómodos para este tipo de trabajo donde se necesita avance diario tangible y una proyección dinámica de cómo abordar cada día de trabajo.

Para 100 metros lineales de moldajes de madera se necesitan 82 placas terciado estructural 1,22m *2,44*9 a un precio de \$10.290.-, 41 palos 2''*2''a un precio de \$1610.- cada palo y aproximadamente 10 kilos de clavos de 1/2" a un precio de \$10000.-. Dando un total de estos materiales de \$843780.- + \$66010.-+10000.-= \$ 919790.- pesos casi 1 millón de pesos chilenos solamente en material , y esto sin contar la cuadrilla de 4 albañiles o carpinteros, más el capataz para unos tres días de trabajo. Sin contar la movilización, colación, y horas hombre por la cantidad de persona y por la cantidad de días, es por esto que hacer la canaleta era totalmente inviable, por el gasto que iba a generar como así también la lentitud de los trabajos con madera.

Finalmente los cuadros comparativos de analizar la máquina pavimentadora. ¿Porque se ocupo para el trabajo en Metro de Santiago línea 3 y línea 6?. Primero el avance total para tres maquinas que trabajaron en este proyecto fue de 21 meses o 7 trimestres y estamos hablando de un total de 74 kilometros lineales o 74000 metros en total, si se hubiera proyectado para hacerlo sin maquina y con moldajes metalicos demontables hubiera sido de casi 10 años a este mismo ritmo y con una cuadrilla de 5 personas, osea la diferencia es de 8 veces mas rapida.

La maquina se demora casi 2 años y sin máquina el tiempo hubiera sido aproximadamente de 10 años , en otras palabras lo que se demoran sin máquina se pueden construir 5 lineas de Metro de Santiago de esta misma magnitud o kilometros lineales. Si este ejemplo lo llevamos a construir con moldajes de madera hechos en terreno por albañiles capacitados la cifra obviamente aumenta aun mas.

Siguiendo con las generalidades, si bien en Chile el mercado es acotado y para nuestra realidad una empresa que quiera instaurarse en Chile tiene que pasar por un lapso de uno o dos años si sobrevivirá comercialmente con sus servicios o por el famoso Valle de la Muerte con el cual se nombra a este efecto y no es porque el mercado esté en manos de algunos es por qué tiene que saber invertir y ocupar los recursos disponibles y proyectar en forma correctas sus flujos económicos para que en un comienzo la empresa quizás ande ajustada pero no tenga perdidas, pero como se explicó anteriormente si la empresa maneja otras áreas de construcción y logra licitar un trabajo que le vaya a demandar un tiempo de uno o dos años quizás es viable concretar una compra de estas máquinas y mantenerla después de terminados sus trabajos a las espera de otros.

Según lo que se pudo analizar de las empresas ya establecidas, sus trayectorias en el tiempo van entre 20 y 10 años de trabajo, esto nos da las luces que para este rubro y si se quiere tomar como negocio va haber una decantación de tiempo para que sea viable.

Conclusiones

Tal como se ha podido apreciar, el presente proyecto de título, obedece a un carácter exploratorio, puesto que hasta el momento no hay material académico y docente detallado de antecedentes y estudios serios sobre el tema. Aún más, comparando lo que se pudo observar por la web bibliográficas, Chile tiene poco material a disposición, se consultó en el Instituto chileno del Hormigón ICH, y existe una carencia de material bibliográfico a disposición de estudiantes o docentes que quieran hacer estudios más acabados de ingeniería sobre los trenes pavimentadores, por tanto solo hay material de boletín informativo de noticias donde se informa que se han hecho trabajos de ejecución con trenes pavimentadores y material a modo de folletos técnicos de los fabricantes.

En relación al primer objetivo específico 1. Descripción técnica de la máquina Recortadora / Pavimentadora de Encofrado Deslizante GOMACO modelo GT-3600. Dicho objetivo fue cumplido, ya que se realizó una descripción general de la máquina, a partir de las fuentes; página web www.GOMACO.COM propiedad del fabricante. Además, se incorporó una serie de imágenes que permitieron ilustrar las partes de la máquina enriqueciendo la descripción.

Una de las principales dificultades o la principal fue que algunos manuales técnicos venían en idioma inglés, esto obedece a que la pavimentadora es fabricada en Estados Unidos. La solución para esta dificultad es que el fabricante tiene su traductor automático en el sitio WEB corporativo. Aún así hubo manuales que se tuvo que traducir manualmente.

Objetivo específico número 2. Describir las etapas que requiere el proceso de construcción con dicha máquina se menciona trabajos línea 3 y 6 del Metro de Santiago Chile

De acuerdo al segundo objetivo, este fue cumplido ya que se realizó una descripción detallada de las diferentes etapas constructivas que involucraron los siguientes pasos: traslado del hormigón al punto de descarga en superficie, descarga interior pique, traslado interior túnel, descarga en pavimentadora, descripción del material usado, puesta en

marcha y construcción de la pavimentadora. La información que apoyo este objetivo fueron ilustraciones, y diseños ilustrativos que explicaran en forma simple los pasos como también material técnico e información periodística que apoyo dicho objetivo.

La principal dificultad fue ordenar información dispersa de vitàcoras de trabajo, para organizar los antecedentes expuestos en este escrito, como también identificar apropiadamente las ilustraciones que contienen información de vital importancia para entregar una mejor percepción del proceso constructivo.

Con relación al objetivo número 3. Analizar la inversión, flujos de avance de obra, costos operativos, proyecciones económicas.

En base al análisis financiero del tercer objetivo, este se llevó a cabo debido a que se confeccionaron cuatro flujo financieros que nos entregarón diferentes parámetros económicos. Gracias a esto se logró tener una visión tanto comercial y financiera de cuál es el cuadro económico óptimo que tendría que tener la empresa, a modo de información para tomar una posible decisión a futuro.

La principal dificultad que se presentó para poder confeccionar estos flujos financieros era definir el precio que las empresas manejan por metro lineal construido, debido a que es un valor privado de cada compañía que maneja en sus estrategias comerciales, esto se solucionò con entrevistas telefónicas y se logró una orientación general de un promedio del valor que se maneja en el mercado.

Por otra parte, se proyectò cual es la diferencia de construir con la màquina pavimentadora y sin esta. También se lograron parámetros comparativos de tiempos ocupados en su construcción que nos hacen tener una idea del proyecto, como también evaluar la viabilidad sin ocuparla.

Comentarios

En Chile al igual que varios países de Sudamérica y otros que están en vías de desarrollo en otros continentes se toma una comparación supuesta que marginamos a los avances de sociedades desarrolladas y se llega a la siguiente hipótesis que Chile en cuanto a innovación va alrededor de 58 años de retraso al respecto a otras sociedades.

Japón, EE.UU., Europa, en el proyecto de título se nombra que la empresa GOMACO empezó sus funciones en el año 1962 para lograr todos sus avances fueron dando paso a las nuevas ingenierías que creían que serían a futuro algo mejor y en realidad hay que darle algo de crédito a esta postura, ya que en Estados Unidos en el año 2017 se están ocupando tecnologías que entregan información en tiempo real de como va entrando la placa de Nasca hacia el continente o como llevar la construcción de un edificio en tiempo real al detalle.

Siguiendo con lo anterior esto da claridad hacia donde van los EE.UU. como pueblo desarrollado y la maratónica lucha de proyectar la supervivencia de la especie humana y hacia que futuro vamos y aquí se menciona casi una brecha de 100 años de retraso, y esto no pasa por que Chile compre los mejores autos, mejores tecnologías para su pueblo, por que estas tecnologías se aprenden a usar, pero aprender a construirlas, ahí está la brecha.

La industria de la manufactura chilena, si no cree en su potencial de inversión en estudios de investigación y pruebas a nivel de ingeniería, va a tener al país estancado, como ahora vamos, solo consumiendo algo que ni siquiera sabemos cómo se construye. Es como nivelar un curso de alumnos para que todos piensen igual en Chile, no se está pensando igual y se está en un retardo de pensamiento, entonces ¿Qué es lo que mejor queremos como país para nuestro futuro y el de nuestras generaciones que vienen detrás?.

Siguiendo con lo anterior quizás no estamos pensando lo suficientemente rápido que necesitamos acelerar nuestros procesos de investigación en toda las áreas, en la robótica para lograr ser una potencia a nivel regional y no estar dependiendo de otras y a futuro liderar nuestra postura en la región y crear valor agregado a los servicios que Chile ofrezca.

Pero toda índole de metas parte desde las bases más pequeñas para construir un edificio hay que pensar en sus cimientos y donde se apoyaran, es por esto que se comenta que el trabajo es arduo en cuanto a sociedad si queremos estar a la par con los nuevos desafíos que se presentan a nivel global, como es la alimentación, la calidad de vida y la proyección en la región que marcaría hitos históricos a futuro.

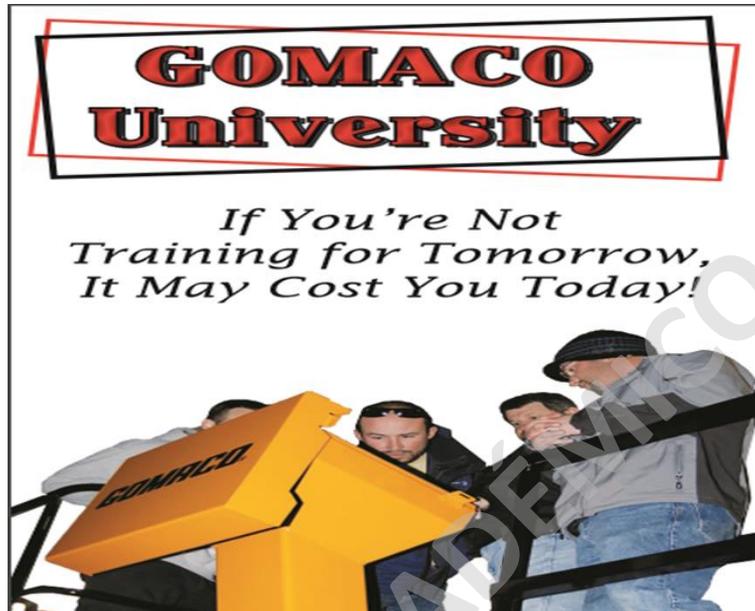
Si se empieza desde ahora ya por generar los espacios necesarios para atacar, la falta de oportunidades por medios reales. Si somos un país que en base a todas las visiones a priori, y si se toman los mejores ejemplos de desarrollo, puede que tengamos un salto cuántico para proyectar nuestro país Chile hacia el nuevo escenario que el futuro nos trae.

Siendo este futuro un bien para la raza humana y el desarrollo de nuevas tendencias de vidas que se esperan que sean las más adecuadas para nuestras sociedades, esto que se plantea, estará lleno de vallas que hay que derribar por ideas dogmáticas que pueden generar retrasos a niveles de desarrollo país si se quiere conseguir algo, en el futuro .

Este proyecto de título pretende, aportar o abrir una pequeña ventana en el conocimiento para que otras personas puedan generar nuevos aportes en el tema e ir madurando los conocimientos como poder generar intenciones claras por las entidades o personas que se involucren con el tema de reactualizar nuestra ingeniería y manufactura a nivel interno país y que los resultados que se obtengan en el tema puedan ser nuevos aportes tanto a la economía como el desarrollo del país.

A diferencia de Estados Unidos donde GOMACO como empresa corporativa tiene LA UNIVERSIDADGOMACO(<http://www.gomaco.com/Resources/university/gomacouhome.html>), donde imparte clases y capacitaciones técnicas sobre los productos que ofrecen al

mercado, bajo horarios de estudios, y eso si que es innovación, ya con esto se marca la diferencia de lo que se puede concluir en los comentarios posteriores de las siguientes conclusiones. (GOMACO)



Fotografía 54, publicidad capacitación. (GOMACO)

Volviendo a la línea de las generalidades técnicas, se puede saldar lo siguiente, habiendo poca referencia técnica de como poder abordar este tipo de maquinarias para poder crear empresas que generen trabajos o innovaciones es difícil tener cifras tangibles, si se puede informar que lo que hay a nivel de Chile es acotado en cuanto a su rubro.

Continuando con lo anterior se vuelve a repetir que el mercado nacional se acota su uso de este tipo de trenes pavimentadores, porque el área de trabajo es casi una sola, construir carreteras, pavimentos de hormigón, barreras de seguridad, en el aeropuerto construir losas, o sea se tienen dos frentes vialidad por un lado y aeropuertos por otro, pero sería impensable decir hacer un Mall comercial, quizás se ha hecho, por lo menos en CHILE no se encontró información por parte del autor.

Ahora en Estados Unidos estas tecnologías están ya ocupándose quizás para todas las grandes obras civiles, carreteras, aeropuertos, diques, tranques con taludes, ríos generados

por el hombre en forma artificial, mall comerciales, el abanico es un poco más amplio pero el uso es mas cotidiano, por ejemplo para colocar unas soleras en un mall comercial se ocupa esta tecnología, quizás la empresa que la ocupa invirtió en una máquina y su negocio es atacar frentes de trabajo pequeñas donde son pocos los metros lineales por obra, pero toman varios trabajos en el mes.

Pero aún así estas compañías norteamericanas toman riesgos de invertir en estas maquinarias y sacarle el máximo de provecho, para aterrizar aún más los comentarios se tiene que informar que Estados Unidos es casi un continente a diferencia de Chile que es una franja de tierra angosta donde los metros cuadrados de terreno difieren mucho , por ejemplo la superficie de Estados Unidos es de 9.833.517 km² (kilómetros cuadrados). (HECHOS) y para Chile la superficie en km² es de 756 102,4 Km², ósea Estados Unidos es trece veces más grande que Chile, esto nos da una idea que a mayor terreno mayores trabajos o muchas más oportunidades, mayor desarrollos tecnológicos, mayor cantidad de información todo se multiplica por 13 veces más y por qué comparamos con Estados Unidos porque es ahí donde se creó la empresa Gomaco dueña del modelo GT-3600 que se analizó en cuestión. Pero en el mundo hay otras marcas y modelos en competencia. (HECHOS)

Volviendo a generalidades técnicas, en capítulos anteriores se comentó que la máquina para el trabajo en la línea 3 y 6 del Metro de Santiago trabajó con un sistema inteligente G+ que trabaja en 2D, quiere decir con esto que se tiene que colocar una cuerda guía para que vaya construyendo en terreno y se vaya orientando a medida que avanza con la construcción.

El sistema G+ para este caso está en ambiente 2D, esto quiere decir necesita un tercer apoyo en este caso la cuerda de trazado topográfico que la vaya guiando tanto en la planimetría o eje de trazado como en la altimetría o nivel topográfico en relación a la rasante de losa, y

este apoyo es constante por un equipo de topografía compuesto por un topógrafo y 2 o más ayudantes, los cuales están encargados de mover pedestales de metal cambiar la cuerda de trazado o topográfica e ir dándole área de trabajo para que la máquina continúe con su avance diario.

Siguiendo con lo anterior acá sale la primer interrogante si bien la máquina funcionò para lo que fue hecha se presentaron, varias ocasiones en que la cuerda de trazado la movían, la pasaban a llevar con las piernas, incluso la cortaron con el balde de una retroexcavadora , esto genero que la tensión de la cuerda se aflojara y la máquina perdiera su orientación en los sensores y la figura de hormigòn se desarmara, se tuvo que partir de nuevo con las operaciones, nivelar la cuerdas de trazado , etc., nadie quería que esto pasara pero sucedió. Y errores como estos pasaron varias veces.

Como se comentó en los primeros capítulos en Estados Unidos ya en el año 2000 se estaba insertando el sistema G+ 3D, el cual no necesita cuerda de trazado para funcionar se orienta a través de equipos topográficos que mandan señales a los sensores con este sistema ya colocado en la máquina y en la posición que este puede encenderse y ponerse a trabajar , sin orientación topográfica tangible como la cuerda de trazado, el sistema funciona con frecuencia de ondas de radios que emite el equipo topográfico , ya sea una base GPS Geodèsico doble frecuencia o una Estación Total que esté orientada bajo un sistema geoespacial materializado en terreno con a lo menos 2 PR de orientación y la máquina puede trabajar con las señales que le envía la Estación Total o el GPS.

Con esto los tiempos de reacción son aún mayores, como también la obra va alcanzando avances casi sola ya solamente el topògrafo a cargo se encargaría de cargar el sistema en el computador del emisor ya sea Estación total O GPS, e ir manteniendo las baterías

cargadas de los equipos que se estén usando. Y cargar la información en el computador de la máquina e ir verificando su normal trabajo.

La obra se hace más expedita, para los ayudantes y se calcula que no debería haber errores logísticos en un 96% dejando un margen, a que no se cargaran las baterías de los equipos o alguien pasara a llevar al emisor.

Acá se podría dar una solución real, a los futuros trabajos en el Metro de Santiago ocupando este sistema, el cual brindaría más espacio de trabajo, más libertad en los grupos de labor, que ya no sería tan necesario un topógrafo exclusivo para el chequeo el avance de la máquina y daría la posibilidad que estuviera en otras actividades quizás las terminaciones serían más exactas y no se jugaría tanto con las tolerancias de terminación, ósea la obra tendría un plus que ayudaría bastante más en su ejecución , como así lo comprobaron los Norteamericanos ya en el año 2000 haciendo las pruebas topográficas y alianzas estratégicas con empresas de topografía especializada, como Topcon, Trimble, Leica Sistemas, por nombrar algunas.

La único obstáculo que habría que sortear es el precio de este sistema instaurado en la máquina que por estas fechas está a cerca de \$180.000. dólares unos \$118.000.000 millones de pesos chilenos y que para ocuparlo en alguna obra el mandante se tendría que informar la nueva alzas en las tarifas en el metro lineal puesto en terreno por parte de la empresa que tome el trabajo en el METRO DE SANTIAGO por citar una obra de gran magnitud que justifique la utilización de esta tecnología de punta, lo otro dado que el metro está bajo superficie en los túneles, se está pensando que tendría que tener algunos equipos repetidores pero este aspecto es conjetura del autor no es algo acabado que sea la realidad, solo se basa en otros sistemas de radio o emisor de frecuencia que tiene que tener una repetidora en ciertas distancias para que el receptor de la máquina no vaya perdiendo la señal.

Con esto se abre un nicho de negocio para las personas que manejen ciertos conocimientos o todos en lo que respecta a la topografía de obra con nuevas tecnologías de campo y al

parecer según lo que el autor estima es lo que se viene a instaurar a futuro como uso cotidiano de tecnologías futuristas, para obras de grandes magnitudes, en donde el factor tiempo es vital para el desarrollo de estos proyectos emblemáticos de desarrollo país. Queda la ventana abierta tanto para buscar fuentes de trabajo como, ir capacitando a los futuros profesionales en este ámbito.

Muchas veces tomar decisiones de colocar sistemas tan tecnológicos como ya lo vienen practicando o ejecutando sociedades desarrolladas como Estados Unidos y Europa pasan por ser decisiones que son transversales a otros intereses porque se piensa en el futuro de la nación como pilar fundamental y que esto traerá mejor calidad de vida o desarrollo para un pueblo o etnia dada.

Se recomienda el siguiente link a modo de consulta y que se puede traducir al español en el siguiente link.

<https://www.youtube.com/watch?v=Kf2igP7rJV4>

y chequear este otro link donde sale mas información

<http://www.trimble.com/monitoring-solutions/toolkit-request-thank-you.aspx>

Bibliografía

- Brehme, A. W. (1990). *Diseño de Mezclas de Hormigón*. Santiago.
construmatica. (28 de noviembre de 2017). *www.construmatica.com*. Obtenido de *www.construmatica.com*: <http://www.construmatica.com/construpedia/Clotoide>
- GOMACO. (s.f.). Obtenido de *WWW.GOMACO.COM*
- GOMACO. (1998-2017). *WWW.GOMACO.COM*. Obtenido de *WWW.GOMACO.COM*: <http://www.gomaco.com/downloads/3600spanish.pdf>
- GOMACO. (03 de NOVIEMBRE de 2017). *WWW.GOMACO.COM*. Obtenido de *WWW.GOMACO.COM*: *WWW.GOMACO.COM*
- GOMACO. (ENERO de 2018). *WWW.GOMACO.COM*. Obtenido de *WWW.GOMACO.COM*: <http://www.gomaco.com/Resources/gt3600specs.html>
- GOMACO. (s.f.). *WWW.GOMACO.COM*. Obtenido de *WWW.GOMACO.COM*: http://www.gomaco.com/downloads/university_brochure.pdf
- HECHOS, O. L. (s.f.). <http://www.oratlas.com/libro-mundial/estados-unidos/geografia>. Obtenido de <http://www.oratlas.com/libro-mundial/estados-unidos/geografia>: <http://www.oratlas.com/libro-mundial/estados-unidos/geografia>
- HOMITEC. (2017). *WWW.SOLERAS.CL*. Obtenido de *WWW.SOLERAS.CL*: <http://www.soleras.cl/obras/fv-excon-camino-la-polvora/>
- Hormigón, I. C. (1984). Carreteras de hormigón. *Instituto Chileno Del Hormigón*.
- Hormigón, I. C. (OCTUBRE de 1985). PAVIMENTOS URBANOS DE HORMIGÓN. *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN*.
- Hormigón, I. c. (ENERO de 1987). PAVIMENTOS DE HORMIGÓN. *manuales del hormigón*.
- Hormigón, I. C. (1987). pavimentos industriales. En I. C. Hormigón, *Pavimentos Industriales*.
- HORMITEC. (2017). *WWW.SOLERAS.CL*. Obtenido de *WWW.SOLERAS.CL*: <http://www.soleras.cl/obras/valko-catapilco/#>
- HORMITEC-proyecto3. (2017). *WWW.SOLERAS.CL*. Obtenido de *WWW.SOLERAS.CL*: <http://www.soleras.cl/obras/ebco-puertecillo/>

HORMITEC-R160. (2017). *WWW.SOLERAS.CL*. Obtenido de WWW.SOLERAS.CL:
<http://www.soleras.cl/obras/acciona-ruta-160/>

ICH. (1999). CONGRESO MUNDIAL DE CARRETERAS. *HORMIGÓN AL DIA*, 6.
ich. (9 de MAYO de 2007). *www.ich.cl*. Obtenido de *www.ich.cl*: http://ich.cl/descargas/wp-content/uploads/BHAD_37.pdf

ICH. (06 de NOVIEMBRE de 2017). *WWW.CEO.CL*. Obtenido de WWW.CEO.CL:
<http://www.ceo.cl/609/article-1303.html>

moreno, N. (2015). *apuntes del hormigón*.

paint. (2017). *Paint. paint*.

polpaico. (30 de noviembre de 2017). *www.polpaico.cl*. Obtenido de *www.polpaico.cl*:
http://www.polpaico.cl/productos_y_servicios/hormiextrusion/

ready mix. (noviembre de 2017). *www.readymix.cl*. Obtenido de *www.readymix.cl*:
[www.readymix.cl/proyectos especiales](http://www.readymix.cl/proyectos_especiales)

screencast-o-matic.com. (2017). Obtenido de *screencast-o-matic.com*: https://screencast-o-matic.com/screen_recorder

SOLERAS (03 de NOVIEMBRE de 2017). *WWW.SOLERAS.CL*. Obtenido de
WWW.SOLERAS.CL: <http://www.soleras.cl/obras/metro-santiago-linea-3-y-6/>

Vega, M. E. (2016). *Tecnicas , problemas y soluciones para las demoliciones en CHILE*.
santiago: universidad mayor.

Vega, M. H. (2016). *Tecnicas, Problemas y Soluciones Para las Demoliciones en Chile*.
Santiago.

WWW.GOMACO.COM. (1998-2017). *WWW.GOMACO.COM*. Obtenido de
WWW.GOMACO.COM: <http://www.gomaco.com/downloads/3600spanish.pdf>

www.gomaco.com. (03 de noviembre de 2017). *www.gomaco.com*. Obtenido de
www.gomaco.com: <https://www.gomaco.com/Resources/corporatehistory.html>

www.soleras.cl. (14-11-2017 de Noviembre de 2017). *www.soleras.cl*. Obtenido de
www.soleras.cl: <http://www.soleras.cl/obras/>