



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“IMPLEMENTACIÓN DE ALTERNATIVAS
CONSTRUCTIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PLAZO Y
MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE
MUROS ANCLADOS EN EL PROYECTO RESIDENCIAL
MADRE SELVA”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Scot Aderli Baca Arias

Asesor:

Ing. Jorge Luis Canta Honores

Lima - Perú

2021

Dedicatoria

A Dios, por darme la vida y haberme permitido llegar a
esta etapa profesional de mi vida.

A mis padres por el apoyo incondicional y por haberme
formado de una manera correcta, en especial a mi madre
Gladis Arias Carrasco por su amor incondicional y apoyo,

Por ser la madre perfecta que me ha dado el valor de

Lograr lo que me propongo

A mi padre Julián Baca Rubio que siempre me oriento y me

Enseño a cómo superarme en cada etapa de mi vida.

Papá, gracias por los grandes consejos.

Agradecimiento

A mi familia por haberme dado la oportunidad de estudiar la hermosa carrera de Ing. Civil, en especialmente a mi madre querida por haberme apoyado en todo momento.

A mis amigos que siempre estuvieron apoyándome en todo momento.

A todos mis docentes que durante mi etapa en la universidad me enseñaron distintas materias que me han servido mucho en mi vida laboral y personal.

Al Ing. Jorge Pacheco Valenzuela por darme grandes consejos en el ámbito laboral. Gracias por la confianza y la amistad brindada.

Muchas gracias a todos

Tabla de contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Tabla de contenido.....	iv
Índice de figuras	viii
Índice de apéndices	xi
Resumen ejecutivo.....	12
Capítulo I. Introducción.....	13
1.1 Realidad del Sector Inmobiliario en el Perú	13
1.2 Respecto a los Integrantes Estrategicos de la Empresa	17
1.3 Proveedores Principales.....	20
1.4 Respecto a los integrantes estratégicos.....	22
1.4.1 Optimiza Contratistas soluciones en encofrado.....	22
1.4.2 Inversiones y edificaciones Anbla aceros.....	23
1.4.3 Flesan Anclajes.....	24
1.4.4 Bay Contratistas	24
1.5 Proyectos ejecutados entre 2010 a 2020	25
1.5.1 Residencial Rockowich.	25
1.5.2 Residencial Riverside	26
1.5.3 Residencial Costa Sur.....	27
1.5.4 Residencial Ala Moana	28
1.5.5 Residencial Ingenio.	28
1.6 Realidad Problemática	29
1.6.1 Entorno del problema a analizar.....	29
1.6.2 Evaluación del Problema a nivel Internacional	31
1.6.3 Evaluación del problema a nivel nacional.....	32
1.6.4 Evaluación del problema a nivel Local	34
1.7 Análisis de Causas y Efectos del Problema Abordado	35
1.7.1 Análisis de la Estandarización de procesos y falta de procedimientos de trabajo.....	35
1.7.2 Análisis de la deficiente aplicación de metodologías para la gestión de la productividad.....	38
1.7.3 Análisis a la inadecuada gestión y los efectos de la pandemia en los procesos constructivos	39
1.8 Referente a la experiencia Profesional	40
1.8.1 Excavación Masiva, Estabilización de taludes y construcción de sótanos	42
1.8.2 Construcción de la estructura o casco del edificio.	42
1.9 Plan estratégico de la empresa	42
Capítulo II. Marco teórico	43
2.1 Bases Teórica.....	43
2.1.1 Definición de Muros Anclados.....	43
2.2 Tipos de anclajes según uso.....	44
2.2.1 Anclaje postensado Temporal	44
2.2.2 Anclaje postensado Permanente	45
2.3 Procedimiento Constructivo	46
2.3.1 Excavación y Movimiento de tierras.....	46

2.3.2	Trazo de paños y puntos de anclaje.....	49
2.3.3	Perforación.....	49
2.3.4	Colocación de Anclaje.....	50
2.3.5	Inyección de pasta de cemento o lechada.....	51
2.3.6	Excavación y Perfilado de banquetas.....	51
2.3.7	Colocación de Lechada o pasta de cemento en muro.....	52
2.3.8	Colocación de Acero de Refuerzo.....	53
2.3.9	Encofrado de muro anclado.....	53
2.3.10	Vaciado de concreto en muro.....	54
2.3.11	Tensado de cables en anclajes temporales.....	55
2.3.12	Destensado de cables en anclajes temporales.....	55
2.4	Procedimiento de anclajes no convencionales.....	56
2.4.1	Perforación de anclajes postensados sobre muro vaciado.....	56
2.4.2	Sistema de Anclajes Proyectados.....	56
2.5	Gestión de la productividad con Lean Construction.....	57
2.5.1	Sistema del último planificador.....	57
2.5.2	Planificación general de proyectos.....	58
2.5.3	Plan maestro.....	58
2.5.4	Planificación por fases.....	58
2.5.5	Planificación pull.....	59
2.5.6	Planificación con Look a head planning.....	59
2.5.7	Análisis de restricciones.....	60
2.5.8	Plan Semanal.....	61
2.5.9	Porcentaje de plan cumplido (PPC).....	62
2.5.10	Sectorización.....	62
2.5.11	Trenes de trabajo.....	63
2.6	Gestión de la calidad con Last Planner System.....	64
2.6.1	Mejora continua de un proyecto.....	64
2.6.2	Diagrama de Pareto.....	65
2.7	Definición de términos Básicos.....	65
Capítulo III. Descripción de la experiencia.....		67
3.1	Ingreso a la empresa constructora.....	67
3.2	Descripción del Proyecto.....	68
3.2.1	Ubicación del proyecto.....	69
3.2.2	Áreas del Proyecto.....	69
3.2.3	Involucrados en el proyecto.....	70
3.3	Funciones en el Proyecto.....	71
3.4	Estado actual de la obra por la coyuntura.....	71
3.5	Desarrollo de la Experiencia Profesional.....	72
3.5.1	Resumen de la experiencia Profesional.....	72
3.5.2	Respecto a la implementación de procedimientos constructivos para la mejora de la productividad y mejora continua.....	73
3.5.3	Construcción del primer anillo sin procedimiento de trabajo estandarizado....	74
3.6	Construcción del segundo y tercer anillo con la implementación de nuevos procesos constructivos.....	83
3.7	Respecto a la generación del cumplimiento del cronograma de obra mediante uso de técnicas constructivas en la construcción de muros anclados.....	91
3.7.1	Metodología de Sistema de anclajes postensados proyectados.....	92

3.7.2	Metodología de pre armado de acero en campo.....	96
3.7.3	Índice de Productividad del acero Pre armado.....	97
3.7.4	Metodología de pre armado de encofrado.....	100
3.8	Respecto a la confiabilidad en los plazos de ejecución usando la metodología Lean Construction en la construcción de muros anclados en los sótanos del proyecto Residencial Madre Selva.....	106
3.8.1	Cronograma Maestro y de hitos	107
3.8.2	Cronograma de hitos detallado.....	107
3.8.3	Look a head Planning.....	109
3.8.4	Análisis de restricciones	109
3.8.5	Plan Semanal	111
3.8.6	Plan Diario.....	112
3.8.7	Porcentaje de plan cumplido o PPC.....	113
Capítulo IV.	Resultados.....	116
4.1	Resultado 1: Respecto a la implementación de procedimientos de trabajo para la mejora de la productividad.....	116
4.2	Resultado II: Respecto a la generación del cumplimiento del cronograma de obra mediante uso de técnicas constructivas en la construcción de muros anclados.....	117
4.2.1	Resultado 2.1. Respecto al uso de anclajes proyectados	117
4.2.2	Resultado 2.2. Respecto al uso de acero prearmado.	118
4.2.3	Resultado 2.3. Respecto al uso de encofrado prearmado.	121
4.2.4	Resultado 3: Respecto a la confiabilidad en los plazos de ejecución usando la metodología Lean Construction en la construcción de muros anclados	124
Capítulo V.	Conclusiones y recomendaciones	128
5.1	Conclusiones basadas en los resultados.....	128
5.1.1	Conclusiones en base a la implementación y mejora de procedimientos de trabajo.....	128
5.1.2	Conclusiones en base a la generación del cumplimiento del cronograma de obra mediante uso de técnicas constructivas en la construcción de muros anclados.....	128
5.1.3	Conclusiones en base a la generación de confiabilidad en los plazos de ejecución usando la metodología Lean Construction en la construcción de muros anclados.....	129
5.2	Conclusiones basadas en la Experiencia Profesional	130
5.3	Recomendaciones basadas en los resultados	130
5.4	Recomendaciones basadas en la experiencia profesional.....	131
Capítulo VI.	Referencias	133
Capítulo VII.	Apéndices	138

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Áreas techadas del proyecto Residencial Madre Selva</i>	69
Tabla 2. <i>Responsables de cada área en el proyecto</i>	70
Tabla 3. <i>Metrado ejecutado en el segundo anillo usando el método tradicional</i>	102
Tabla 4. <i>Metrado ejecutado en el tercer anillo con el método de encofrado prearmado</i>	104
Tabla 5. <i>Restricciones generales del proyecto</i>	110
Tabla 6. <i>Costo unitario de la mano de obra de perfilado</i>	118
Tabla 7. <i>Costo unitario del acero colocado en obra</i>	119
Tabla 8. <i>Costo unitario utilizando el método de acero prearmado</i>	121
Tabla 9. <i>Optimización de costo usando acero prearmado en obra</i>	121
Tabla 10. <i>Índice de productividad del encofrado prearmado</i>	122
Tabla 11. <i>Costo unitario optimizado del muro anclado prearmado</i>	123
Tabla 12. <i>Costo unitario del presupuesto meta del proyecto</i>	124
Tabla 13. <i>Costo optimizado usando el encofrado prearmado</i>	124
Tabla 14. <i>Porcentaje de plan cumplido hasta el segundo anillo</i>	125
Tabla 15. <i>Porcentaje de plan cumplido hasta la cimentación del proyecto Madre Selva</i>	126

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Venta de viviendas y departamentos en los últimos años.....	13
<i>Figura 2.</i> Ficha Ruc de la empresa constructora	14
<i>Figura 3.</i> Ubicación de Tale Constructora SAC.....	15
<i>Figura 4.</i> Logo de la empresa Tale Constructora	16
<i>Figura 5.</i> Organigrama de operaciones de Tale Constructora.....	19
<i>Figura 6.</i> Organigrama de operaciones del proyecto Residencial Madre Selva.....	19
<i>Figura 7.</i> Vaciado de concreto en prelosa Sótano 02	20
<i>Figura 8.</i> Encofrado de placas de cisterna con encofrado de Alsina	21
<i>Figura 9.</i> Planta de Mixercon- Distrito el Callao	21
<i>Figura 10.</i> Empresa Aditivos Especiales	21
<i>Figura 11.</i> Empresa de Tuberías de Polifusión.....	22
<i>Figura 12.</i> Empresa Optimiza Contratistas especialista en encofrado.....	23
<i>Figura 13.</i> Cuadrilla de inversiones y edificaciones Anbla.....	23
<i>Figura 14.</i> Anclajes Postensados Flesan Anclajes.....	24
<i>Figura 15.</i> Empresa Bay Contratistas SAC	25
<i>Figura 16.</i> Grupo de empresas inmobiliarias en el Perú.....	25
<i>Figura 17.</i> Residencial Rockowich	26
<i>Figura 18.</i> Residencial Riverside	27
<i>Figura 19.</i> Residencial Costa Sur	27
<i>Figura 20.</i> Residencial Ala Moana - Chorrillos	28
<i>Figura 21.</i> Residencial Ingenio - Surco	29
<i>Figura 22.</i> Edificio TLALPAN 590	30
<i>Figura 23.</i> Estabilización de taludes con el método de muros anclados.....	31
<i>Figura 24.</i> Estabilización de taludes de sótanos con el método Soil Nailing	32
<i>Figura 25.</i> Edificio de oficina Torres Forum.....	33
<i>Figura 26.</i> Distanciamiento Social y reducción de personal	34
<i>Figura 27.</i> Árbol de problemas (Causas y pronóstico).....	35
<i>Figura 28.</i> Colapso de muros anclados por errores constructivos	37
<i>Figura 29.</i> Charlas de inducción en RMS.....	41
<i>Figura 30.</i> Estabilización de taludes en sótanos	42
<i>Figura 31.</i> Componentes de anclaje Postensado	43
<i>Figura 32.</i> Componentes de anclaje temporal	44
<i>Figura 33.</i> Componentes de anclaje permanente.....	45
<i>Figura 34.</i> Excavación masiva y eliminación– Residencial Madre Selva.....	46
<i>Figura 35.</i> Esquema de construcción de muro anclado- Procedimiento de trabajo Flesan Anclajes.....	48
<i>Figura 36.</i> Trazo de puntos de anclaje- Procedimiento de trabajo Flesan Anclajes.....	49
<i>Figura 37.</i> Perforación de anclajes	50
<i>Figura 38.</i> Colocación de anclajes-Procedimiento de trabajo Flesan Anclajes.....	50
<i>Figura 39.</i> Inyección de lechada de cemento-Procedimiento de trabajo Flesan Anclajes.....	51
<i>Figura 40.</i> Excavación y perfilado de banquetas-Procedimiento de trabajo Flesan Anclajes ..	52
<i>Figura 41.</i> Pañeteo con pasta de cemento-Procedimiento de trabajo Flesan Anclajes	52
<i>Figura 42.</i> Colocación de acero en muro anclado-Procedimiento de trabajo Flesan Anclajes	53
<i>Figura 43.</i> Encofrado de muro anclado-Procedimiento de trabajo Flesan Anclajes	54

<i>Figura 44.</i> Vaciado de concreto en muro anclado- Procedimiento de trabajo Flesan Anclajes	54
<i>Figura 45.</i> Tensado de anclajes- Procedimiento de trabajo Flesan Anclajes	55
<i>Figura 46.</i> Perforación de anclajes sobre muro vaciado. Procedimiento de trabajo sobre muros vaciados Flesan Anclajes	56
<i>Figura 47.</i> Proyección de puntos para anclajes proyectados. Conferencia de excavación, estabilización de taludes - Rafael Castro	57
<i>Figura 48.</i> Planificación por fases de un proyecto de construcción	59
<i>Figura 49.</i> Planificación a medio plazo - Look a head planning	60
<i>Figura 50.</i> Análisis de restricciones de un proyecto	61
<i>Figura 51.</i> Hoja de plan semanal para control de producción	61
<i>Figura 52.</i> Porcentaje de plan cumplido de la programación semanal	62
<i>Figura 53.</i> Modelo de sectorización de un proyecto	63
<i>Figura 54.</i> Programación de obra usando trenes de trabajo	64
<i>Figura 55.</i> Ciclo de mejora continua de un proyecto.....	64
<i>Figura 56.</i> Diagrama de Pareto.....	65
<i>Figura 57.</i> Fachada principal del proyecto Residencial Madre Selva	67
<i>Figura 58.</i> Plano de ubicación del proyecto	69
<i>Figura 59.</i> Reinicio de actividades Pos Cuarentena	72
<i>Figura 60.</i> Ubicación de anclajes postensados en muros de sótanos.....	75
<i>Figura 61.</i> Panelado de muros eje 1-1	75
<i>Figura 62.</i> Tren de trabajo de muros anclados en primer anillo.....	76
<i>Figura 63.</i> Excavaciones del primer anillo y eliminación	77
<i>Figura 64.</i> Rampa de tierra para ingresos de equipos de perforación	77
<i>Figura 65.</i> Resultado final de inyección de pasta de cemento.....	78
<i>Figura 66.</i> Perfilado y picado de rebabas de muros colindantes	78
<i>Figura 67.</i> Pañeteo de muro con pasta de cemento mas yeso.....	79
<i>Figura 68.</i> Detalle de refuerzo en cruz adicional para anclajes que superen las 70 tn	79
<i>Figura 69.</i> Relleno de mechas con material de suelo excavado	80
<i>Figura 70.</i> Colocación de cajuelas de tecnopor para empotramiento de losas	81
<i>Figura 71.</i> Encofrado de muro anclado en el primer anillo.....	81
<i>Figura 72.</i> Apuntalamiento de encofrado con material de excavación	82
<i>Figura 73.</i> Vaciado de concreto en muro con bomba telescopica	82
<i>Figura 74.</i> Tensado de muro 1.12.....	83
<i>Figura 75.</i> Procedimiento de ejecución de obras preliminares.....	84
<i>Figura 76.</i> Implementación de procedimientos constructivos.....	85
<i>Figura 77.</i> Control del índice de productividad diario del perfilado	86
<i>Figura 78.</i> Curva de IP de la actividad de perfilado.....	87
<i>Figura 79.</i> Colocación de cama de arena en la base del muro. Conferencia de muros anclados – Rafael Castro.....	87
<i>Figura 80.</i> Cangrejeras internas de muro vaciado	88
<i>Figura 81.</i> Filtración de agua en muro anclado	88
<i>Figura 82.</i> Detalle de empalme de cuña del segundo y tercer anillo.....	89
<i>Figura 83.</i> Encofrado de cachimba a 45°	90
<i>Figura 84.</i> Panel de corte colocado en cachimba de concreto.....	90
<i>Figura 85.</i> Picado de cachimbas de concreto.....	91
<i>Figura 86.</i> Partidas críticas para hito de estabilización	92
<i>Figura 87.</i> Panelado de muros anclados - Cantidad de anillos en eje D-D	93

<i>Figura 88.</i> Proyección de anclaje para perforación	93
<i>Figura 89.</i> Ingreso de perforadora con grúa móvil.....	94
<i>Figura 90.</i> Panelado de muros anclados segundo anillo.....	94
<i>Figura 91.</i> Look a head del tercer anillo - Tren de actividades	95
<i>Figura 92.</i> Plan semanal del tercer anillo	96
<i>Figura 93.</i> Prearmado de núcleos de placas perimetrales.....	96
<i>Figura 94.</i> Colocación de núcleos prearmados en muro de tercer anillo	97
<i>Figura 95.</i> Cuadro de evaluación de índice de productividad del acero	98
<i>Figura 96.</i> Curva del índice de productividad del acero colocado	98
<i>Figura 97.</i> Cuadro de evaluación del índice de productividad del acero prearmado	99
<i>Figura 98.</i> Curva del IP de acero prearmado.....	99
<i>Figura 99.</i> Encofrado insitu sobre trazo en tablón.....	100
<i>Figura 100.</i> Cantidad de muros por día según tamaño de proyecto	101
<i>Figura 101.</i> Panelado optimizado de muros anclados	101
<i>Figura 102.</i> Tren de actividades en segundo anillo	102
<i>Figura 103.</i> Armado de paneles para encofrado prearmado.....	103
<i>Figura 104.</i> Izaje y colocación de encofrado prearmado en muro anclado.....	104
<i>Figura 105.</i> Colocación de encofrado en trazo.....	104
<i>Figura 106.</i> Índice de productividad del sistema de encofrado mixto.....	105
<i>Figura 107.</i> Curva de IP de encofrado mixto	106
<i>Figura 108.</i> Cronograma por fases del plan maestro.....	107
<i>Figura 109.</i> Cronograma por fases del plan maestro.....	108
<i>Figura 110.</i> Look a head del tercer anillo.....	109
<i>Figura 111.</i> Reunión colaborativa para evaluación de restricciones en obra	110
<i>Figura 112.</i> Plan semanal del tren de actividades del tercer anillo	112
<i>Figura 113.</i> Reuniones colaborativas con contratistas de obra	112
<i>Figura 114.</i> Reunión de coordinación diaria	113
<i>Figura 115.</i> Porcentaje acumulado de PPC hasta el segundo anillo.....	114
<i>Figura 116.</i> Causas de incumplimiento de la programación semanal	115
<i>Figura 117.</i> Curva de IP de perfilado en primer anillo.....	116
<i>Figura 118.</i> Comparativo de productividad usando el sistema de anclajes proyectados.....	118
<i>Figura 119.</i> Curva de productividad y rendimiento de acero.....	119
<i>Figura 120.</i> Comparativo del rendimiento de la mano de obra	120
<i>Figura 121.</i> Comparativo de rendimiento de la mano de obra en encofrado	123
<i>Figura 122.</i> Incremento de PPC usando la metodología last planner System.....	127

Índice de apéndices

Apéndice A. Planos de fachada principal	138
Apéndice B. Planta típica de sótanos.....	139
Apéndice C. Panelado de muros anclados eje A-A	140
Apéndice D. Panelado de muros anclados eje D-D.....	141

Resumen ejecutivo

El presente trabajo de suficiencia profesional se realizó en la empresa Tale Constructora, la experiencia se desarrolló en el proyecto Residencial Madre Selva en la etapa de estabilización de taludes y construcción de muros anclados. Este trabajo de investigación consistió en la implementación de procedimientos de trabajo para mejorar la productividad de la mano de obra, optimización de costos y plazo. El segundo objetivo se centró en la implementación de metodologías constructivas que ayudaron a aumentar el rendimiento de las partidas de anclajes, acero y encofrado. El tercer objetivo tuvo como finalidad implementar la metodología Lean Construction con el cual se generó mayor confiabilidad en la programación de obra.

Después de la implementación de los procesos se obtuvo un mejor rendimiento y un aumento de la calidad del producto. Con respecto a las metodologías constructivas para elevar la productividad se obtuvo un aumento del 15% en la partida de colocación de acero y en el encofrado un aumento de 30%.

Usando la metodología Lean Construction se gestionaron los procedimientos implementados, se generó mayor confiabilidad en la programación semanal y se aumentó el porcentaje de plan cumplido a 81%.

En conclusión, se obtuvieron procesos más eficientes, reducción de los costos de mano de obra, aumento en los rendimientos y cumplimiento del cronograma de hitos.

Como recomendación general se deben innovar los procesos constructivos usando metodologías constructivas más eficientes que reduzcan la cantidad de procesos, como el uso elementos prearmados, prefabricados y acero dimensionado, estos elementos generaron mayor productividad y redujeron los plazos en el proyecto Residencial Madre Selva.

Capítulo I. Introducción

1.1 Realidad del Sector Inmobiliario en el Perú

Actualmente todos los sectores que impulsan la economía peruana han sido afectados por la pandemia del COVID -19, pero el sector inmobiliario ha mostrado señales de recuperación con la venta de inmuebles en distintos distritos de la capital.

León (2020), señala que el sector inmobiliario crecerá entre el 20% a 25% en el 2021, al margen de la llegada de la vacuna del COVID - 19, asimismo las empresas inmobiliarias estiman ese porcentaje para poder reactivar las obras civiles que quedaron congelados por la afectación de la pandemia.



Figura 1. Venta de viviendas y departamentos en los últimos años

Fuente: Asociación de empresas Inmobiliaria (ASEI, 2020)

Dentro del sector construcción se encuentra a la Empresa Tale Constructora con RUC 20537184346, la empresa está enfocada en la construcción de edificios multifamiliares, constituida desde 04 de septiembre del 2010 por los socios Ernestina Lecaros López y Carlos Taboada Lecaros, con domicilio fiscal en la Urb. Residencial Ingenieros MZ E LT 6 Dpto. 101 distrito La Molina, provincia de Lima, región Lima.

Se adjuntan los detalles de la ficha RUC de la empresa (ver figura 02).

Reporte de Ficha RUC
TALE CONSTRUCTORA S.A.C.
20537184346

Lima, 25/03/2019

Información General del Contribuyente	
Código y descripción de Tipo de Contribuyente	39 SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
Fecha de Inscripción	21/08/2010
Fecha de inicio de Actividades	04/09/2010
Estado del Contribuyente	ACTIVO
Dependencia SUNAT	0023 - INTENDENCIA LIMA
Condición del Domicilio Fiscal	HABIDO
Emisor electrónico desde	30/07/2018
Comprobantes electrónicos	FACTURA (desde 30/07/2018)

Datos del Contribuyente	
Nombre Comercial	-
Tipo de Representación	1 - INDISTINTA
Actividad Económica Principal	4100 - CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS
Actividad Económica Secundaria 1	---
Actividad Económica Secundaria 2	---
Sistema Emisión Comprobantes de Pago	MANUAL/COMPUTARIZADO
Sistema de Contabilidad	MANUAL/COMPUTARIZADO
Código de Profesión / Oficio	-
Actividad de Comercio Exterior	SIN ACTIVIDAD
Número Fax	-
Teléfono Fijo 1	1 - 4772589
Teléfono Fijo 2	-
Teléfono Móvil 1	1 - 98114295
Teléfono Móvil 2	-- 997234164
Correo Electrónico 1	jpicon@taleconstructora.com
Correo Electrónico 2	esanchez@taleconstructora.com

Domicilio Fiscal	
Actividad Económica Principal	4100 - CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS
Departamento	LIMA
Provincia	LIMA
Distrito	MIRAFLORES
Tipo y Nombre Zona	URB. SAN ANTONIO
Tipo y Nombre Vía	CAL. SAMUEL MARQUEZ
Nro	111
Km	-

Figura 2. Ficha Ruc de la empresa constructora

Fuente: Tale Constructora (2019)

Actualmente la oficina central de la empresa Tale se encuentra ubicada en Calle Samuel Márquez 111, Miraflores 15074. En esta dirección fiscal la empresa desarrolla distintas actividades en las áreas de administración, oficina de ingeniería, ventas comerciales, post venta, recursos humanos, logística y contabilidad.

TALE CONSTRUCTORA SAC

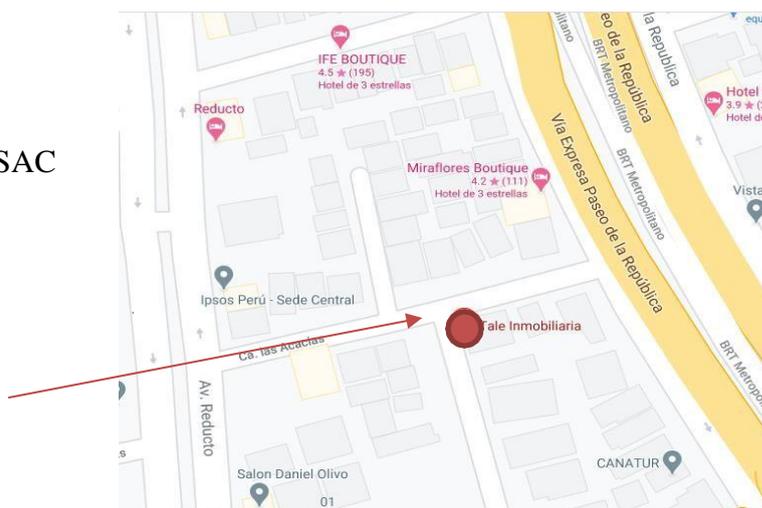


Figura 3. Ubicación de Tale Constructora SAC

Fuente: Google Maps

La empresa se especializa en la gestión de proyectos completos de edificaciones. Desde la elaboración del expediente técnico, gestión documentaria, construcción del edificio en casco, acabados y la entrega final al propietario del proyecto.

En su página web Tale Constructora (2018), señala que tiene como objetivo ser la inmobiliaria más confiable del mercado, capaz de ser conocida por el uso de los mejores acabados en sus proyectos, y también por su liderazgo. Para lograrlo, vienen desarrollando constantemente proyectos dándole un valor agregado al cliente. Para Tale la protección del medioambiente es una brecha fundamental, para que eso suceda Tale esta aliada con socios estratégicos que impulsan el bienestar del medioambiente, debido a esto Tale da a conocer los cuatro puntos que son fundamentales para la empresa, generando confiabilidad en sus proyectos.

En su pagina web Tale Constructora (2018), señala que el primer punto se trata de la puntualidad, un valor que aporta bastante credibilidad al cliente, ya que siempre hacen efectivo su cronograma de entrega de departamentos sin la intervención de inconvenientes. El segundo es la calidad, valor que sin duda es la clave para seducir a sus clientes, ya que trabajan con los mejores materiales y tecnología de primera. El tercer punto es la seguridad, en el aspecto sismo – resistente y debido a que cuenta con productos de primera mano que garantizan seguridad a los clientes. El último punto, es la confianza, que engloba a los tres primeros pilares en todo su proceso, desde la planificación del proyecto hasta la post venta de un departamento, logrando que Tale se vea como una familia y oriente a los clientes en todo su trayecto.

Como ya se mencionó, esta inmobiliaria no solo busca lo mejor para sus clientes, sino también, beneficia a todos los integrantes de la familia Tale y a los que buscan formar parte de ella. En el caso de la familia Tale, se cumplen con áreas de asesoramiento para los colaboradores, así ellos van a recibir ayuda profesional en todo momento para que toda construcción sea impecable. De esta forma Tale seguirá creciendo y llegará a constituirse como una empresa constructora líder entre tantas inmobiliarias fuertes y jóvenes.



Figura 4. Logo de la empresa Tale Constructora

Fuente: (Tale Constructora, 2018)

1.2 Respeto a los integrantes estratégicos de obra

Dentro de la empresa existen muchas áreas que son lideradas por profesionales con amplia experiencia en la gestión, diseño y construcción de edificios.

A continuación, se establecen las funciones y actividades que realizan los integrantes estratégicos de obra.

Ing. de Oficina Técnica de obra: Es el encargado de dar soporte técnico a la obra, lleva el control de los recursos del proyecto, es el intermediario entre la oficina de ingeniería y la oficina de obra, realiza las consultas a los especialistas, también lleva el control de los contratos de los subcontratistas, además, mantiene el control del costo de los equipos herramientas y materiales de la obra

Ponce (2020), señala que una oficina técnica demanda tener el control del proyecto con respecto a plazo y costo, abarcan desde el inicio de obra hasta la liquidación de la obra.

Asistente de Oficina Técnica: Es el encargado de mantener los planos actualizados, en caso ocurrieran modificaciones deben estar plasmadas en los planos que serán aprobados por oficina técnica de obra. Además, es el soporte técnico de Oficina Técnica de obra.

Gerente de Proyecto: Es el jefe de los proyectos que se encarga de suministrar todos los requerimientos necesarios conjuntamente con los jefes de área en la oficina central, realiza el seguimiento, adjudicación de contratos, selección de contratistas, entre otros alcances. El Gerente de Proyectos es el encargado de evaluar la rentabilidad de los proyectos y propone alternativas para optimizar recursos mejorando la calidad de las obras.

Residente de Obra: Es el responsable de asegurar el cumplimiento del plazo, costo, calidad y seguridad del proyecto. Es el líder de la oficina técnica de obra y conjuntamente con el staff organizan todo el recurso que deben emplearse durante el proyecto.

Ingeniero de Producción: Se encarga de planificar las distintas partidas del proyecto, es responsable de supervisar y controlar la ejecución de actividades en obra. Coordina la interrelación entre las cuadrillas; realiza el look a head planning, plan semanal y plan diario. Evalúa las restricciones con el equipo de obra y las libera para no generar retrasos en la obra.

Supervisor de Prevención de Riesgos (SPDR): Vásquez (2018), menciona en la norma G.050 define al SPDR como el profesional responsable en la prevención y control de los riesgos en Obra, quien asistirá al personal en la correcta implementación de las medidas preventivas propuestas en el plan de seguridad y salud de la obra

Ingeniero de calidad: Es el encargado de velar por la calidad de los procesos constructivos, elabora los protocolos y dossier de calidad.

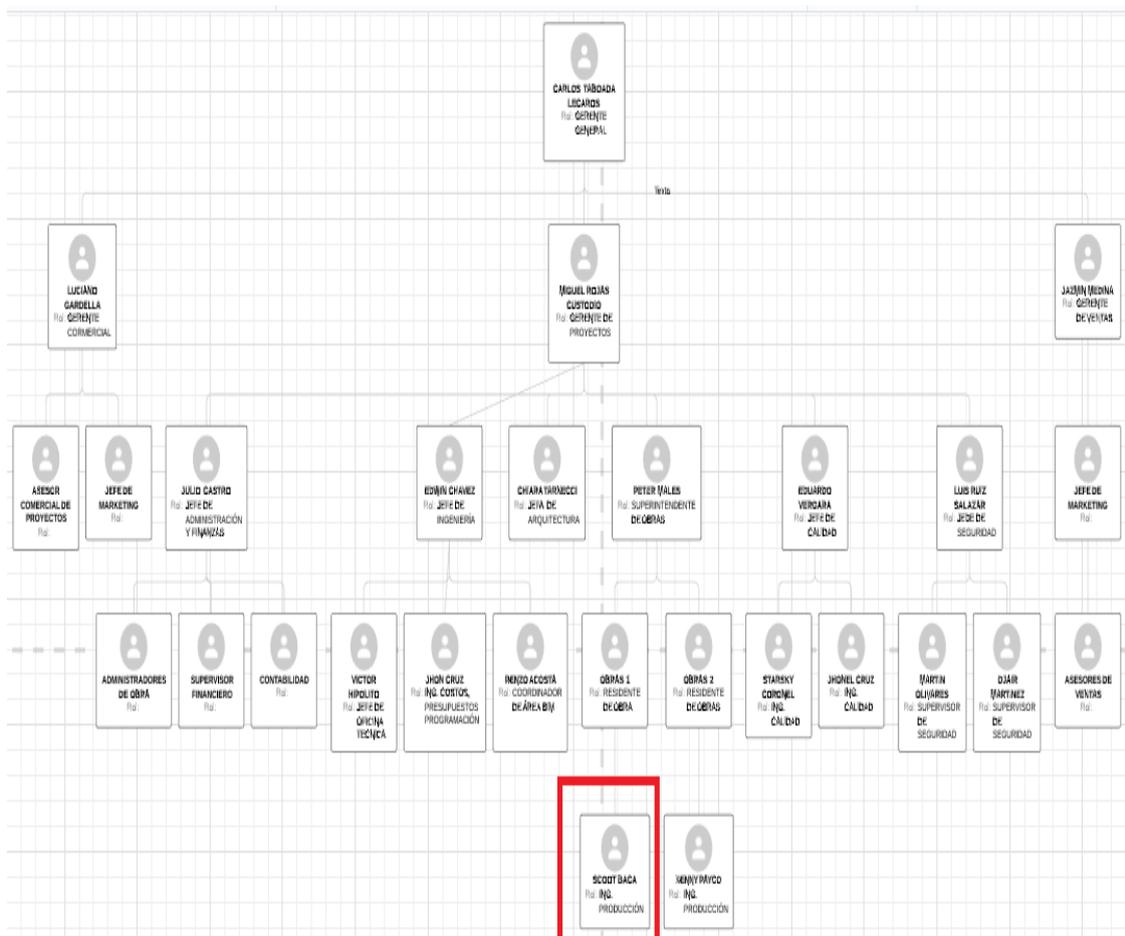


Figura 5. Organigrama de operaciones de Tale Constructora(2020)

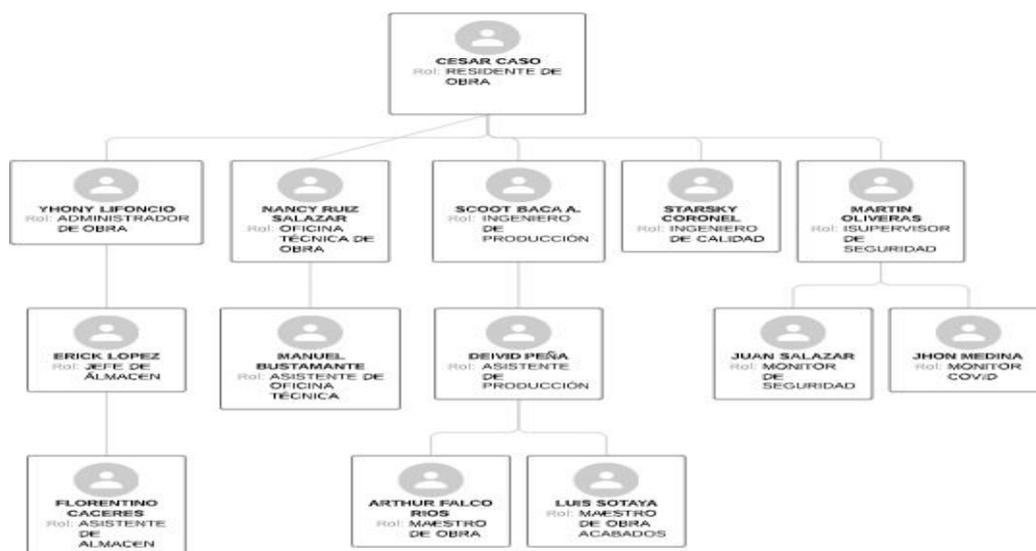


Figura 6. Organigrama de operaciones del proyecto Residencial Madre Selva (2020)

1.3 Proveedores Principales

Como respaldo y garantía de tratarse de una empresa segura y confiable, Tale da a conocer públicamente la lista de sus aliados, entre quienes se encuentran el BCP, BBVA Continental, Scotiabank, Aceros Arequipa, Cementos Sol, Betondecken, Prodac, Maestro y Helvex. Esta lista justifica los proyectos de calidad gracias a la intervención de buenos materiales, profesionales y financiamiento de bancos que confían en la visión de los proyectos.

A continuación, se muestran los principales proveedores de Tale para el rubro inmobiliario.

Betondecken: Esta empresa se encarga de proveer elementos prefabricados como prelosas, escaleras, vigas y elementos pretensados. En los proyectos de Tale Constructora se utilizan el sistema de prelosas.



Figura 7. Concreto en prelosa de sotano 02 Madre Selva (2020)

Alsina: Esta empresa se encargó de proveer encofrado metálico para columnas, vigas y losas. Actualmente es una de las empresas más solicitadas en el sector inmobiliario.



Figura 8. Encofrado de placas de cisterna Madre Selva (2020)

Mixercon: Esta empresa se encarga de proveer el concreto premezclado para las distintas etapas del proyecto. Dentro de la etapa de albañilería se encarga de proveer mortero premezclado que se utiliza en los vaciados de contrapiso de losa.



Figura 9. Planta de Mixercon- Distrito el Callao

Fuente: Mixercon (2019)

Aditivos especiales: Esta empresa se encargar de proveer curadores, separadores, epóxicos, impermeabilizantes y todo tipo de aditivo para el concreto.



Figura 10. Empresa Aditivos Especiales

Fuente: Aditivos Especiales (2018)

Polifusión: Esta empresa se encarga de proveer tuberías para la red de agua fría y caliente. Este sistema es mucho más ágil que el PVC convencional, esto debido a que el pegado del tubo es mediante termofusión y genera mayor facilidad.

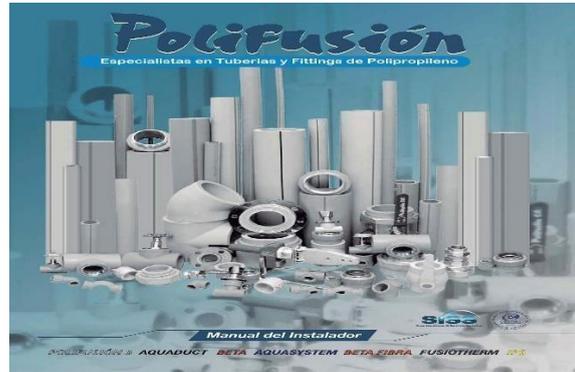


Figura 11. Empresa de Tuberías de Polifusión

Fuente: (Polifusión, 2018)

1.4 Contratistas estratégicos

1.4.1 Optimiza Contratistas soluciones en encofrado.

Es una empresa socio estratégico de la empresa Tale, dedicada al servicio de encofrado de muros anclados, zapatas, placas, columnas, vigas y losas. Esta empresa tiene más de 10 años de experiencia en el sector construcción, respaldada por los proveedores de encofrado más conocidos del Perú como son Alsina, Nopin y Peri. Actualmente viene desempeñando en cuatro proyectos de Tale.



Figura 12 Empresa Optimiza Contratistas especialista en encofrado

Fuente: Optimiza Contratistas(2017)

1.4.2 Inversiones y edificaciones Anbla aceros.

Es una empresa dedicada a la construcción de edificios que se especializa como contratistas dando soluciones de habilitación, colocación, armado y pre armado de acero.



Figura 13. Cuadrilla de inversiones y edificaciones Anbla

Fuente: Inversiones y edificacione Anbla (2020)

1.4.3 Flesan Anclajes.

Flesan Anclajes (2015), es una empresa dedicada a dar servicios de ingeniería geotécnica, estabilidad de taludes, cimentaciones profundas, pilotaje entre otros. Esta empresa se enfoca en la mejora de los procedimientos de trabajo, de esta forma genera altos estándares de calidad, seguridad y productividad. Actualmente ha desempeñado en cinco proyectos con Tale Constructora.



Figura 14 Anclajes Postensados Flesan Anclajes

Fuente: Flesan Anclajes (2015)

1.4.4 Bay Contratistas.

Bay Contratistas (2018), es una empresa cuya misión es brindar servicios de ingeniería, construcción, mantenimiento, remodelación y seguridad de concesiones; contribuyendo así con el éxito de sus clientes y el desarrollo del país. Bay contratistas cuenta con los recursos necesarios para poder brindar a sus clientes confiabilidad y seguridad en sus servicios. Los años de experiencia que tiene garantiza el cumplimiento con sus clientes. Actualmente Bay Contratistas a ejecutado tres proyectos con Tale Constructora. Dando servicios de albañilería y obras húmedas.



Figura 15. Empresa Bay Contratistas SAC

Fuente: Bay Contratistas (2018)

Además, la empresa Tale Constructora forma parte de la asociación de empresas inmobiliarias del Perú, dentro de este grupo se encuentran las mejores empresas del sector inmobiliario cuenta con certificaciones por la Cámara Peruana de Construcción (CAPECO).

Afiliados Inmobiliarios (Socios)

Los siguientes desarrolladores inmobiliarios son "Socios" de la Asociación de Empresas inmobiliarias del Perú.

TODOS A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z



Figura 16. Grupo de empresas inmobiliarias en el Perú (2019)

1.5 Proyectos ejecutados entre 2010 a 2020

1.5.1 Residencial Rockowich.

En su pagina web Tale Constructora (2018), señala que residencial Rockowich está ubicada en el distrito de Surco con lugares estratégicos para que sus clientes puedan gozar de la comodidad y seguridad. Este edificio se encuentra ubicado frente al parque Costa Rica, un lugar amplio y fresco rodeado de árboles que permite al cliente disfrutar de una vista

acogedora. Este edificio cuenta con diferentes tipos de departamentos, desde departamentos de 45 m² hasta 90 m², facilitando las opciones y expectativas de los clientes. En cualquier espacio, se van a encontrar acabados de primera clase.



Figura 17. Residencial Rockowich

Fuente: Tale Constructora (2018)

1.5.2 Residencial Riverside.

Tale Constructora (2018), es un exclusivo edificio de 15 pisos ubicado en el distrito de Pueblo Libre. El diseño del proyecto fue en base a la funcionabilidad de los espacios. Donde priman la comodidad, tranquilidad y seguridad para toda la familia. Cuenta con un diseño amplio donde existen departamentos de 1,2 y 3 dormitorios. Los acabados son de clase A1. Todos los acabados son de primera donde resaltan los muebles de melamina, tableros de mármol, granito. Exclusivo cerámico español. Tiene grandes espacios y áreas libres recreativas, gimnasio y piscina para todos los usuarios. Riverside es la mejor opción para todo tipo de propietario.



Figura 18. Residencial Riverside

Fuente: Tale Constructora (2018)

1.5.3 Residencial Costa Sur.

Urbania (2018), señala que es un edificio de 10 Pisos de altura, con un total de 43 departamentos tipo Flat y cuatro Dúplex con amplias terrazas y magníficas vistas al mar. Está ubicado a una cuadra del Malecón Costa Sur frente a la Clinica Maisson de Sante, se ubica dentro de una urbanización privada y vigilada por especialistas en seguridad. La excelente vista al mar la hace mucho más interesante, tiene un excelente paisajismo y acabados de calidad.



Figura 19. Residencial Costa Sur

Fuente: Tale Constructora (2018)

1.5.4 Residencial Ala Moana.

Urbania (2017), menciona que es un exclusivo edificio residencial de seis pisos, ubicado en una exclusiva zona del distrito de Chorrillos cerca al malecón Costa Sur. Todos los departamentos cuentan con iluminación natural, lo cual genera un mayor confort hacia el cliente. Tiene una gran vista exterior, acabados de primera clase y una distribución que permite disfrutar el área social sin perder la tranquilidad de las áreas familiares.

Ala Moana está dentro de una zona segura y vigilada las 24 horas, con todas las comodidades a su alcance.



Figura 20. Residencial Ala Moana - Chorrillos

Fuente: Tale Constructora (2018)

1.5.5 Residencial Ingenio.

Es un nuevo y único proyecto, ubicado en el distrito de Surco Av. Los Ingenieros 974, este proyecto se encuentra cerca de exclusivos colegios y lugares importantes. Existen departamentos flat y dúplex, dotados de elegantes acabados, en los cuales destacan los muebles altos y bajos de primera calidad, tableros de granito fino, amplios espacios de sala y comedor. Este proyecto se encuentra rodeado de numerosos parques, supermercados entre

otras atracciones. Residencial Ingenio es la mejor opción, priorizando la seguridad y la calidad para sus clientes.



Figura 21. Residencial Ingenio - Surco

Fuente: Tale Constructora (2018)

1.6 Realidad Problemática

1.6.1 Entorno del problema analizado.

A nivel mundial, la construcción de departamentos y proyectos inmobiliarios es una de las actividades que genera crecimiento económico de un país, ya sea en inversión privada o pública. (BBC News Mundo, 2020) menciona que debido a la coyuntura la crisis económica global ha dejado huella de miseria en varios países del mundo, pero aun así hay un increíble boom inmobiliario.

Debido a esto, muchos países continúan creciendo de manera vertical, actualmente se construyen edificaciones bajas, medianas y de gran altura. Casi todas las edificaciones tienen sótanos que cumplen la función de estacionamiento. Actualmente en el mundo existen muchos sistemas para la construcción y estabilización de taludes en los sótanos. Flores

(2019), señala que uno de los grandes retos urbanos que afronta el desarrollo urbano es el déficit de estacionamientos, hecho que ha generado un verdadero caos vehicular que se manifiesta en congestionamiento, así como la invasión de la vía pública y zonas privadas para estacionar.



Figura 22. Edificio TLALPAN 590

Fuente: Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (2018)

Debido a que la construcción de sótanos en los proyectos de edificación abarca aproximadamente entre el 30% al 35% del plazo de ejecución de obra, esto genera que se implementen nuevas metodologías constructivas para la estabilización de taludes. Como son los muros anclados, muros pantalla, Soil Nailing y sistema unianclado.



Figura 23. Estabilización de taludes con el método de muros anclados

Fuente: Raygada (2020)

1.6.2 Evaluación del problema a nivel internacional.

Actualmente en el mundo existe déficit de estacionamientos, debido a eso cada vez los proyectos de edificaciones son mucho más profundos, para eso deben realizarse excavaciones profundas donde le etapa más crítica es la estabilización de los taludes, existen muchos métodos para la estabilización de taludes en la construcción de sótanos, pero no existe un comparativo de cuál es el método más eficiente. Actualmente sistema de muros anclados es el más usado en el mundo, es un método práctico y con varios procedimientos que son la clave de la estabilización, cada vez existen mejoras en los procesos para poder cumplir con los plazos del cronograma de obra. Raygada (2020), menciona que uno de los hitos más importantes en los proyectos de edificios con sótanos es la estabilización del talud. Además, menciona que uno de los proyectos más profundos es el hotel Teheran en Irán debido a que tiene 76 metros de profundidad con respecto al nivel + 0.00, para este tipo de proyectos el

hito más importante es la estabilización, en ese proyecto se usó el sistema de estabilización Soil Nailing.



Figura 24. Estabilización de taludes de sótanos con el método Soil Nailing

Fuente: Raygada (2020)

1.6.3 Evaluación del problema a nivel nacional.

Actualmente en el Perú el boom inmobiliario está retomando fuerza y se están construyendo muchos proyectos de edificación. Castro (2015), señala que desde hace algún tiempo se vienen desarrollando en Lima proyectos de edificaciones de gran altura, con nuevas metodologías y materiales. Este desarrollo inmobiliario ha sido impulsado por el crecimiento sostenido del país y por la llegada de inversiones extranjeras que exigen cada vez más espacios corporativos desde donde puedan operar. Estos espacios se ven reflejados en edificios modernos, imponentes, con oficinas de planta libre, con espacios temáticos, con tecnología de punta, ecoeficiente y sostenible. Pero la construcción de este tipo de edificios

corporativos no solo implica la construcción hacia arriba, sino que asocia el número de oficinas con los estacionamientos y parqueos necesarios. En este sentido la construcción bajo la cota cero cobra gran importancia.

Debido a eso se utilizan sistemas de estabilización de taludes para la construcción de sótanos que varían entre la cota +0.00m hasta la cota – 30.00 m, en los proyectos inmobiliarios de Lima se encuentran edificios de hasta 12 sótanos como ejemplo el edificio de oficinas Torre Forum.



Figura 25. Edificio de oficina Torres Forum

Fuente: (SC Arquitectos, 2015)

En el Perú el sistema de estabilización más usado es el sistema de muros anclados el cual ya se viene aplicando aproximadamente desde el año 2007. Este sistema tiene restricciones que deben ser liberadas para poder cumplir con el plazo de entrega, para eso los procedimientos deben estar estandarizados, de esta forma se asegura el flujo de trabajo.

Actualmente debido a la coyuntura se tiene que mantener el distanciamiento social, pero el hito de muros anclados contiene procesos que deben hacerse con una cantidad de personas

(cuadrilla de trabajo), debido a la coyuntura la cantidad de cuadrillas ha disminuido generando mayor tiempo en los procesos de muros anclados.



Figura 26. Distanciamiento Social y reducción de personal

Fuente: (Residencial Madre Selva, 2020)

1.6.4 Evaluación del problema a nivel Local.

Actualmente la coyuntura afecta al sector construcción, debido a la pandemia las cuadrillas de trabajo en las partidas más incidentes como el acero, encofrado y concreto se han reducido. Esto genera que las partidas en los muros anclados duren un poco más de lo previsto, para evitar eso debe industrializarse algunos procesos para depender un poco menos de la mano de obra. Castro (2015), para optimizar los recursos deben implementarse nuevas técnicas constructivas que puedan optimizar el plazo sin afectar el costo de la obra. De esta forma un proyecto de construcción podrá ser mucho más rentable.

El proyecto Residencial Madre Selva fue ejecutado por Tale Constructora, es uno de los tantos proyectos que fue afectado por la pandemia del COVID- 19, en la cual se redujo la mano de obra para evitar la concentración de personas. Para eso se implementaron algunos métodos que funcionaron durante el hito de construcción de sótanos.

1.7 Análisis de Causas y efectos del problema analizado

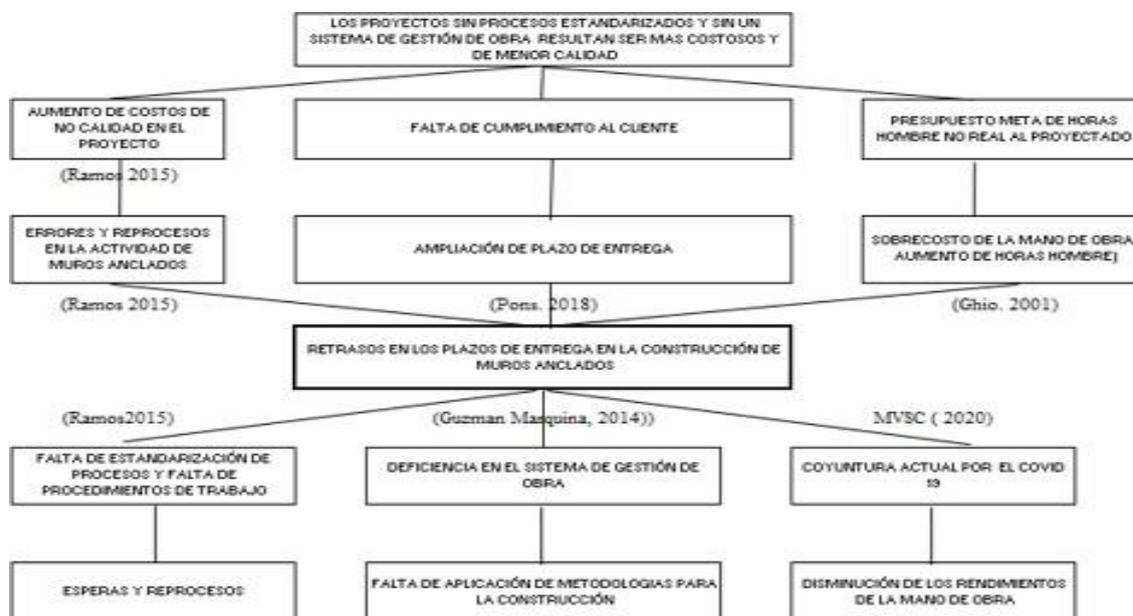


Figura 27. Árbol de problemas (Causas y pronóstico)

En la Figura 27, el problema general fue solucionar el retraso de la programación en la construcción de sótanos mediante la estabilización de muros anclados en el Proyecto Residencial Madre Selva. Las causas directas que afectan la programación son la falta de estandarización de procesos constructivos y falta de procedimientos de trabajo, deficiencia en la aplicación de metodologías para la gestión de la productividad y la Coyuntura actual por la pandemia.

1.7.1 Análisis de la Estandarización de procesos y falta de procedimientos de trabajo.

El análisis de la causa directa producida por la falta de estandarización de procesos en la construcción de muros anclados, esto afecto directamente al plazo, costo y calidad de los proyectos, debido a que existe mucha variabilidad al no tener una secuencia constructiva

definida. Ohno (1991), señala que, si en una empresa no hay un estándar, los procesos o actividades existentes no van a mejorar. Donde no hay una gestión de procesos, no hay un control de productividad, la programación no se cumple, si no hay control del proceso, no hay datos medibles y no se puede reducir el costo del producto.

Tener los procedimientos de trabajo estandarizados generan ventaja inmediata debido a que el trabajo se vuelve predecible, se reduce la variabilidad, reducción de los errores constructivos y de esa forma se podrán tener costos de producción reales en un proyecto. Este suceso ocurre en empresas que se están iniciando en el sector construcción, lo ideal es tener todo procedimiento documentado para poder brindar información inmediata a los encargados de la construcción e ir actualizando las mejoras obtenidas.

La falta de estandarización de procesos también impactó en el proyecto Residencial Madre Selva debido a que cuentan con procedimientos constructivos simples y poco eficientes.

La construcción de sótanos en edificaciones involucra muchos aspectos importantes que deben ser analizados detalladamente para generar cumplimiento en la programación de obra.

Los procedimientos analizados fueron:

- Excavación y eliminación masiva
- Perforación de anclajes temporales
- Excavación de Banquetas
- Perfilado de Banquetas
- Estabilización del talud con pasta de cemento
- Colocación de acero en muro
- Enterrado de mechas de acero
- Encofrado de muro
- Apuntalamiento de muro

- Vaciado de concreto en muro
- Picado de cachimbas en muro

Respecto al efecto directo que genera la causa mencionada, se concluye que si no se tienen identificados los procesos anteriores ocasionaría baja productividad y deficiencia en la calidad del producto final que son los estacionamientos, esto generaría retrabajos que se visualizaran en la etapa de acabados. Todo este retrabajo genera costos de no calidad que son pérdida para la empresa.

De acuerdo a Ghio (2001), menciona que cualquier tarea ejecutada que no genere valor entra en la categoría de pérdida y es definido como Trabajo No Contributorio.

Las actividades que se ejecutan en la etapa de muros anclados tienen mucha variabilidad debido a que no sabemos con qué nos podemos encontrar al momento de excavar, para reducir la variabilidad deben analizarse actividades previas antes de la ejecución y deben estar registradas en un procedimiento de trabajo.

Raygada (2020), señala que en Lima se han dado casos donde la estabilización de sótanos ha fallado debido a un mal proceso de ejecución, además que existen proyectos con errores en el expediente técnico, estudios de mecánica de suelos incompatibles entre otros.



Figura 28. Colapso de muros anclados por errores constructivos

Fuente: Raygada (2020)

1.7.2 Análisis de la deficiente aplicación de metodologías para la gestión de la productividad.

Analizando la causa directa generada por la deficiente aplicación de metodologías para la gestión de la productividad, esto afectó directamente al plazo y costo del proyecto. Debido a que al no tener un diseño del sistema de producción no se puede llevar un control de las partidas, lo cual generan incumplimiento en el cronograma de hitos. Esto involucra a toda la gestión interna de la obra, desde el área de gerencia general, oficina central y el área administrativa de la obra. En el proyecto se realizan muchas consultas sobre el expediente técnico, estas consultas se vuelven restricciones para la obra, si estas restricciones no son analizadas a tiempo. Se generarán esperas y tiempo perdido lo cual impacta directamente en el plazo del proyecto. Castro (2015), uno de los alcances que afecta a la programación de obra son las consultas que se hacen al proyectista por interferencias que no fueron detectadas a tiempo. Para eliminar este impacto se utiliza la metodología BIM, a través de la información que entrega, se puede realizar una evaluación temprana de obra, detectando interferencias entre distintas especialidades involucradas.

Un error frecuente en los expedientes técnicos es la omisión de partidas o procesos que son parte de la construcción de sótanos. El presupuesto meta es cerrado sin la involucración del equipo técnico de obra. Esto conlleva a que se trabajen con costos ajustados que afectan la calidad y plazo del proyecto.

Para que el plazo del proyecto se cumpla debe existir un flujo confiable para las consultas técnicas constructivas y deben ser definidas mediante un sistema de gestión de obra.

1.7.3 Análisis de la inadecuada gestión y los efectos de la pandemia en los procesos constructivos.

Actualmente el País se encuentra en una situación inestable ante la afectación del Coronavirus, esta causa es la que más afecta en los proyectos de construcción.

Debido a esto muchos de los proyectos en ejecución han paralizado. El proyecto Residencial Madre Selva no fue la excepción. El 15 de marzo del 2020 inicio la cuarentena a nivel nacional en Perú dejando a muchos proyectos en ejecución paralizados. Gestión (2020), menciono que debido a la pandemia el sector construcción debería operar al 50% para garantizar el distanciamiento entre las personas. Debido a eso se trabajó el protocolo sanitario para retomar las actividades que fue aprobado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento bajo la resolución Ministerial 87-2020.

Debido a esto para el inicio de actividades se tomaron las pruebas rápidas en el proyecto, en las cuales el 30% del personal de la obra dio positivo.

El impacto en el cronograma de obra fue fatal generando PPC semanales de 45% en base al cronograma contractual. Lo que hizo que se sincere el plan maestro y el cronograma de hitos. Haciendo la iteración de actividades con los rendimientos del personal a un 80% se obtuvo una extensión del cronograma de casi 1 mes para la etapa de construcción de torre o casco del edificio.

Este suceso no era viable para el proyecto. Adicionalmente no podía controlarse el posible contagio del personal después de la jornada laboral, siendo un riesgo para todo el personal el contagio masivo.

El pronóstico generado por la causa del coronavirus hace que los plazos de entrega en los hitos de muros anclados, casco y acabados se extienda a 1 mes y medio aproximadamente. Lo cual genera insatisfacción con el cliente para la adquisición de su departamento.

Para esta causa se ha propuesto técnicas para industrializar los procesos constructivos, se usó las metodologías Lean Construction para diseñar el sistema de producción y se pueda cumplir con el cronograma inicial de obra.

Analizando los problemas generados por las causas mencionadas, se realizan las siguientes preguntas que serán respondidas detalladamente.

¿De qué manera se pueden mejorar los procedimientos de trabajo para mejorar la productividad de la mano de obra en la construcción de muros anclados en el proyecto Residencial Madre Selva?

¿Cómo se puede optimizar el tiempo de las partidas mediante uso de técnicas constructivas en la construcción de muros anclados para los sótanos del proyecto Residencial Madre Selva?

¿De qué manera se puede generar confiabilidad en la gestión de la programación de obra utilizando la metodología Lean Construction en la construcción de muros anclados en los sótanos del proyecto Residencial Madre Selva?

1.8 Referente a la experiencia Profesional

Ingrese a la empresa Tale Constructora en el mes de junio del año 2018, inicie en el proyecto Costa Sur en el cual me desempeñe como asistente de producción en la etapa de albañilería, acabados húmedos y secos. A mi cargo tuve el control de calidad de las partidas, liberación de frentes de trabajo, coordinaciones de obra y elaboración de protocolos de calidad.

Luego de culminar la entrega del proyecto Residencial Costa Sur que fue a fin del mes de diciembre en 2018, estuve de apoyo en el Proyecto Residencial Ingenio en el mes de julio en el cual me desempeñé como Ingeniero de producción de Acabados secos hasta la activación del siguiente proyecto.

En el mes de agosto del año 2019 inicié el proyecto Residencial Madre Selva en la cual me desempeñé como Jefe de Producción.



Figura 29. Charlas de inducción en RMS

El proyecto se encuentra ubicado en la Av. Chorrillos 150 frente a la clínica Maisson de Sante. El edificio cuenta con 13 pisos + 4 sótanos con una cantidad total de 45 departamentos.

Para el diseño del sistema de producción y la gestión de obra use la metodología Lean Construction, esto debido a que las herramientas que proporciona son más confiables.

Mediante este método diseñe el sistema de producción.

El proyecto se analizó en las siguientes etapas las cuales fueron tomadas del plan maestro elaborado y se generó el cronograma de hitos.

- Excavación Masiva, Estabilización de taludes y construcción de sótanos.
- Construcción de la estructura o casco del edificio.
- Albañilería, acabados húmedos y secos.
- Acabados secos y equipamiento en torre.

Finalmente, luego de aplicar la metodología Lean Construction y las técnicas empleadas para la optimización de recursos se mostrarán los resultados satisfactorios durante las etapas mencionadas.

1.8.1 Excavación Masiva, Estabilización de taludes y construcción de sótanos.

En esta etapa se llevó a cabo el hito de inicio de la actividad movimiento de tierras masivo, en la cual una de las restricciones más importantes es la eliminación del material. Posterior se empezó estabilización de taludes mediante la técnica de muros con anclajes postensados.



Figura 30. Estabilización de taludes en sótanos

Fuente: Raygada (2020)

1.8.2 Construcción de la estructura o casco del edificio.

Después de llegar al último anillo de los sótanos logrando la estabilización del talud se inició con la construcción de la cimentación y la torre usando la metodología Last Planner System

1.9 Plan estratégico de la empresa

La empresa Tale Constructora SAC ha implementado metodologías Pmbook y Lean Construction en distintas áreas de la constructora para poder mejorar los flujos y ser más eficiente en los proyectos. Además, ha implementado estrategias comerciales que ayudaran a obtener una mayor cartera de clientes.

Capítulo II. Marco teórico

2.1 Bases Teórica

2.1.1 Definición de Muros Anclados.

El muro anclado es un método que sirve para estabilizar taludes en la construcción de sótanos de edificios. Es el método más usado en el Perú. Su confiabilidad se debe a que se han construido edificios de hasta 12 sótanos con este método. Revista Costos (2020), señala que el muro anclado es un sistema que se utiliza para estabilizar excavaciones profundas. Se caracteriza, principalmente, por el uso de tirantes de acero preesforzado (pretensadas o postensadas) que tienen la capacidad de soportar las fuerzas laterales que ejercen presión sobre el muro, como el empuje de suelos, sobrecargas de terreno entre otros.

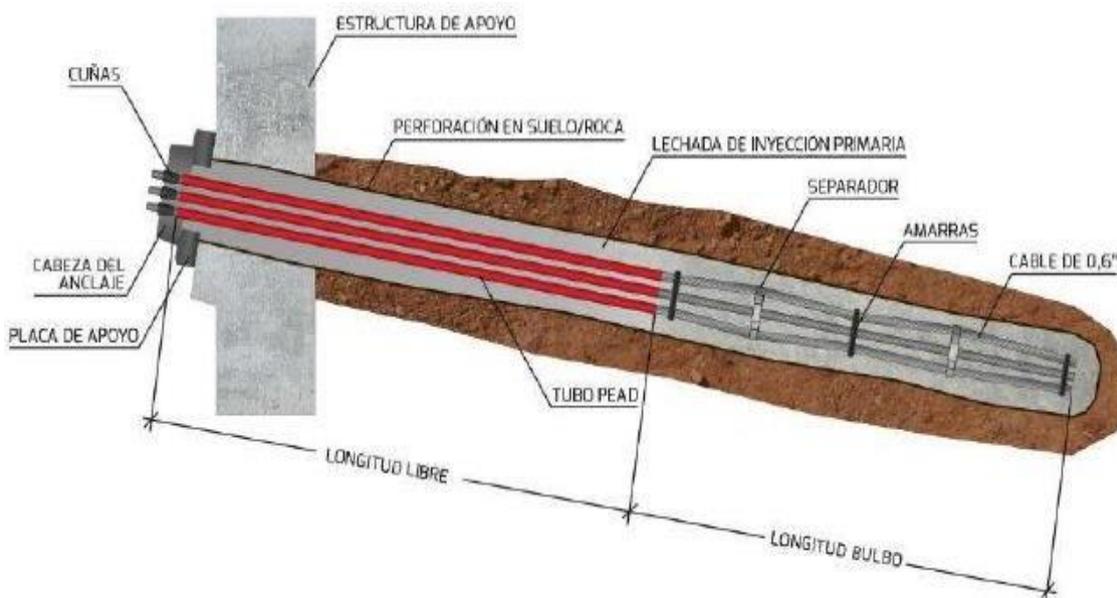


Figura 31. Componentes de anclaje Postensado

Fuente: Raygada (2020)

2.2 Tipos de anclajes según uso

Actualmente existen dos tipos de anclajes que son usados para la estabilización de taludes.

2.2.1 Anclaje postensado Temporal.

Actualmente es el tipo de anclaje más usado en la construcción de edificaciones con sótanos, esto debido a que solo se necesita tener el talud estable hasta iniciar la construcción de la torre o estructura del edificio. Pilotes Terratest (2015), señala que este tipo de anclaje es el más usado en los proyectos de edificaciones con sótanos, su tiempo de vida es reducido debido a que tienen que destensarse, siendo necesarios únicamente en algunas fases de la obra. Pilotes Terratest (2015), señala que cuando esta vida de servicio es inferior a tres años, se considera como temporales y se diseñan con protección anticorrosión más sencillos.

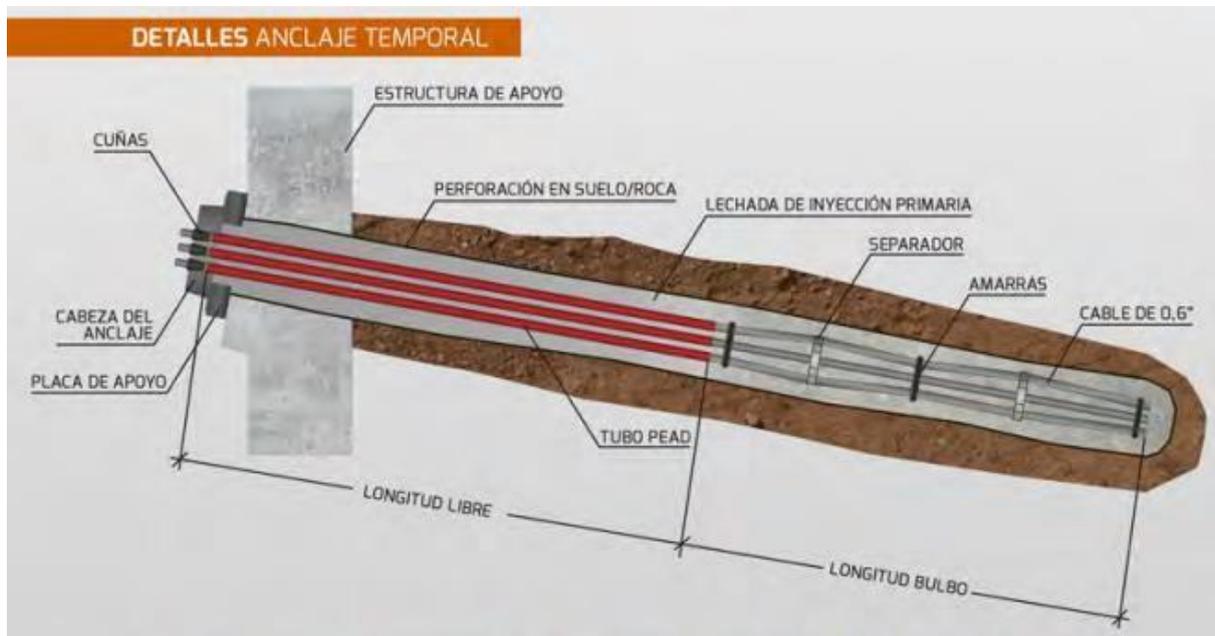


Figura 32. Componentes de anclaje temporal

Fuente: Pilotes Terratest (2017)

2.2.2 Anclaje postensado Permanente.

Este tipo de anclaje es usado en estructuras que tendrán un periodo de vida útil indefinido, este método se usa en taludes de gran envergadura que estarán sometidos a empujes pasivos permanentes o carga permanente. Pilotes Terratest (2015), señala que se considera permanente a todo aquel anclaje cuyo diseño estructural y estado de servicio es superior a dos años. Pilotes Terratest (2015) señala que en este tipo de anclaje la protección anticorrosión es fundamental y los coeficientes de seguridad para el diseño en la longitud de bulbo, longitud libre y cabezal de anclaje es más controlada.

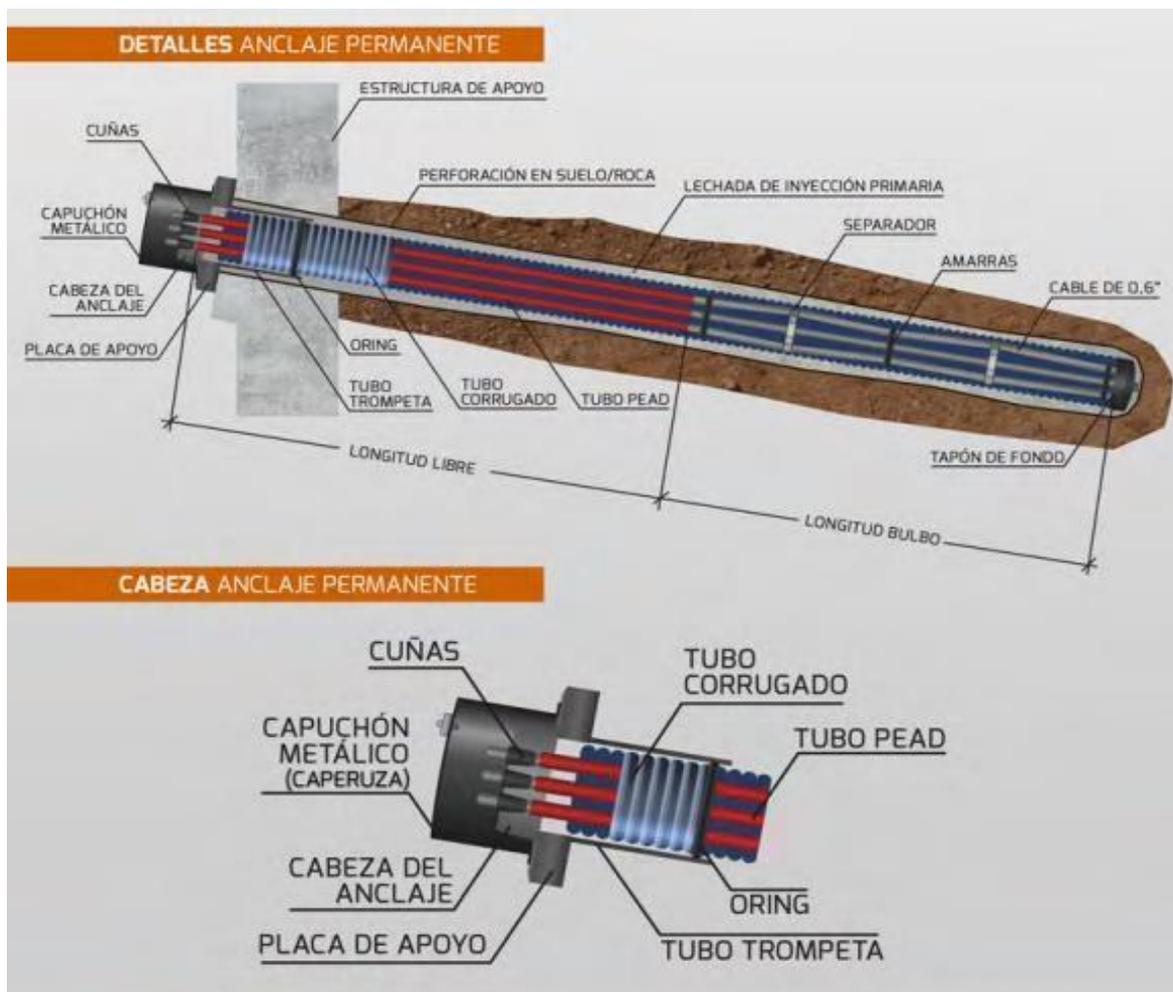


Figura 33. Componentes de anclaje permanente

Fuente: Pilotes Terratest (2017)

2.3 Procedimiento Constructivo

2.3.1 Excavación y Movimiento de tierras.

Esta etapa se refiere a la excavación masiva del suelo en un área considerable. En la partida de muros anclados se realiza la excavación del primer anillo dejando un ancho mínimo de banquetas especificado en los planos.

Huaman (2018), señala que para poder iniciar la excavación masiva debe realizarse la inspección previa de las viviendas colindantes es decir verificar el estado actual de las estructuras, esto para proteger la integridad de las construcciones. Durante la excavación se debe efectuar un control permanente de los niveles, el equipo de topografía debe encargarse de que se evite sobre-excavación.



Figura 34. Excavación masiva y eliminación– Residencial Madre Selva (2019)

Excavación de banqueta, Huaman (2018), señala que la excavación masiva no se realiza en el área donde se colocaran los muros anclados, debe dejarse un tramo en forma de muro de contención de tierra denominado banqueta. La banqueta tiene ciertas dimensiones según el tipo de suelo: Banqueta de 1.00 a 1.50m de ancho como mínimo en la parte superior, de esta manera el equipo de trabajo podrá efectuar las perforaciones en los muros

La excavación se realiza desde el nivel de superficie de terreno (+0.00m) hasta el nivel -3,00m – -3.50m, dejando un contrafuerte de terreno natural de aproximadamente 1.00 m en la superficie y 1.50 m en el nivel -3,50m.

Flesan anclajes recomienda que la excavación debe ser ejecutada respetando el ancho mínimo de banqueta fin de que el talud no se deslice ante la vibración ejercida por la perforadora, debe mantenerse la horizontalidad del terreno a fin de garantizar seguridad.

Una vez terminada la plataforma de perforación, ingresan los equipos de perforación e inyección, luego se procede a la ubicación de los puntos de perforación con el equipo topográfico, todos los puntos deben ser colocados según los planos, respetando los ángulos de inclinación; luego se ejecuta la perforación y colocación de los anclajes. Instalados los anclajes se procede a la inyección de pasta de cemento en los bulbos de anclaje, empleando una bomba de inyección de cemento. Para esta labor se necesita un grupo electrógeno con una potencia de 30 KVA Y un voltaje de 380V.

Instalados e inyectados los anclajes se procede con la ejecución del muro perimetral en forma alternada (ver figura 35), ejecutando primero los paños I y una vez tensados o apuntalados, se procede a la construcción de los paños intercalados. Como recomendación tener en cuenta que la banqueta solo debe ser retirada para iniciar la construcción del muro, esto debido a que la banqueta soporta las cargas ejercidas por las viviendas colindantes. Asimismo, se debe tener cuidado con el acero de empalme laterales e inferiores que se usaran para empalmar los anillos siguientes.

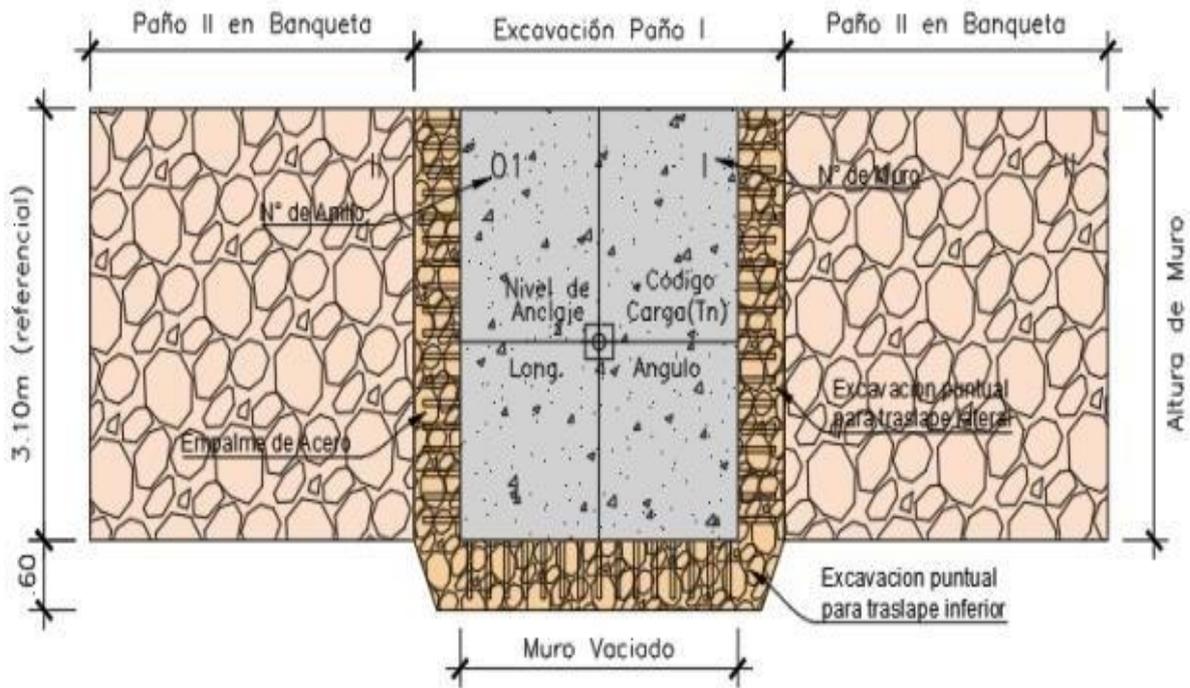


Figura 35. Esquema de construcción de muro anclado

Fuente: Flesan Anclajes (2018)

2.3.2 Trazo de paños y puntos de anclaje.

Huaman (2018), señala que en esta etapa se define los límites y dimensiones de muros y la ubicación de los anclajes según el diseño de los planos. Debe tenerse en cuenta que las dimensiones de la banqueta son importantes para que el muro anclado superior se apoye correctamente, un trazo de paño diferente traería errores en el alineamiento, los empalmes del siguiente anillo no coincidirían. Se debe tener en cuenta que antes de perforar se nivela o prepara el terreno donde se va ubicar la máquina perforadora.



Figura 36. Trazo de puntos de anclaje

Fuente: Flesan Anclajes (2018)

2.3.3 Perforación.

Rodriguez (2018), señala que para esta etapa es indispensable tener un grupo electrógeno debido a que los equipos de perforación necesitan gran cantidad de corriente. La Perforación se realiza antes de excavar la banqueta, considerando la longitud de diseño del cable. La perforación realizada es roto-percusiva, utilizando casing revisten el hueco a la vez que perforan. Una vez que se ha llegado a la profundidad de diseño del anclaje se procede al limpiado del mismo y luego al retiro de la tubería interior (API) o casing, quedando la tubería de revestimiento por donde se va a colocar el anclaje temporal.



Figura 37. Perforación de anclajes Madre Selva (2019)

2.3.4 Colocación de Anclaje.

Berrocal (2018), señala que una vez terminada la perforación se colocará los cables según especificaciones el diseño y se hará de inmediato el llenado del elemento con lechada (mezcla simple de agua y cemento). La colocación del anclaje en el agujero debe efectuarse con mucho cuidado para no dañar la estructura interna y externa del anclaje temporal.



Figura 38. Colocación de anclajes

Fuente: Flesan Anclajes (2018)

2.3.5 Inyección de pasta de cemento o lechada.

Ugaz (2019), señala que, una vez terminada la introducción del anclaje, se procederá a la inyección de lechada, en caso no producirse rechazo por boca se dejará un promedio de 6 a 8 horas como mínimo para poder realizar la re-inyección. Durante de la inyección ningún personal debe estar en la línea de tiro del anclaje, esto debido a que la presión aplicada por la inyectora puede generar movimientos de la manguera lo cual es un riesgo para el personal de obra. Ugaz (2019) menciona, que el rechazo por boca deberá ser supervisado para garantizar la correcta colocación de la lechada en el bulbo de anclaje.



Figura 39. Inyección de lechada de cemento – Residencial Madre Selva (2019)

2.3.6 Excavación y Perfilado de banquetas.

Ugaz (2019), en este proceso inicia la actividad productiva que forma parte de la construcción del muro anclado, se hace retiro de la banqueta con una excavadora y se inicia el perfilado manual de tal forma de no sobrepasar el espesor del muro diseñado.

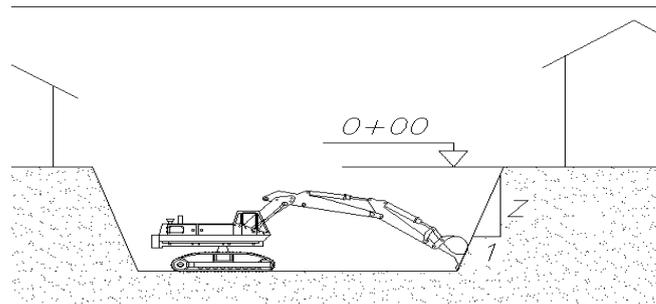


Figura 40. Excavación y perfilado de banqueta

Fuente: Procedimiento de trabajo de Flesan Anclajes (2018)

2.3.7 Colocación de Lechada o pasta de cemento en muro.

En esta actividad se lanza pasta de cemento al talud perfilado de tal manera de estabilizar el suelo y no de deslicé. La pasta de cemento debe tener una consistencia semi plástica.

Cuando el suelo es inestable se utiliza el método shotcrete.



Figura 41. Pañeteo con pasta de cemento – Madre Selva (2020)

2.3.8 Colocación de Acero de Refuerzo.

En esta actividad inicia la habilitación y colocación de acero de refuerzo según los planos. En algunas ocasiones se coloca acero adicional para reforzar la zona donde será tensado el anclaje. Esto debido a que se ejerce un esfuerzo cortante por punzonamiento.



Figura 42. Colocación de acero en muro anclado

Fuente: Inversiones y edificaciones Anbla (2019)

2.3.9 Encofrado de muro anclado.

En esta etapa se procede a encofrar el muro para su posterior vaciado. En esta etapa existen múltiples tipos de apuntalamiento. Actualmente el más usado es el encofrado enterrado, debido a que es más ágil, este método no garantiza un correcto control de desplomes. Esto sucede porque que al momento de colocar el concreto se generan empujes que no son soportados por el suelo apuntalado.



Figura 43. Encofrado de muro anclado - RMS (2019)

2.3.10 Vaciado de concreto en muro.

El vaciado de concreto se realiza luego de haber liberado las actividades predecesoras. Concremax (2019), menciona que las especificaciones técnicas del concreto más usadas en muros anclados son $f_c=245 \text{ kg/cm}^2$ o $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$ con un slump que oscila entre 6" a 8" esto con la finalidad de que el proceso de tensado sea más rápido. El concreto usado en proyectos con plazo reducido se utilizan concretos que oscilan entre 350 a 420 kg/cm^2 . El desencofrado se realiza al día siguiente, luego se realiza el curado del muro hasta que llegue a la resistencia de diseño.

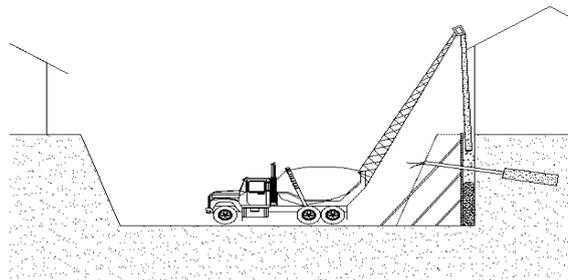


Figura 44. Vaciado de concreto en muro anclado-

Fuente: Procedimiento de trabajo Flesan Anclajes (2019)

2.3.11 Tensado de cables en anclajes temporales.

Ugaz (2019) menciona que, terminada la construcción del muro de concreto y luego de haber llegado a la resistencia de diseño, se colocará la plancha y el cabezal, para proceder con su tensado. Para esto, se debe confirmar que la lechada de la inyección del anclaje tenga 05 días de ejecutada como mínimo. Durante la ejecución del tensando debe evitarse las vibraciones o movimientos bruscos generados en obra. Esto para poder garantizar los resultados de los equipos de tensado.



Figura 45. Tensado de anclajes

Fuente: Procedimiento de trabajo de Flesan Anclajes (2018)

2.3.12 Destensado de cables en anclajes temporales.

Este procedimiento se realiza cuando la construcción de los entrepisos en sótanos ya fue ejecutada, esto debido a que las losas se comportan como arriostres de sostenimiento. Otto (2020) menciona que el destensado de los anclajes de una entibación es el proceso en el cual el trabajo del anclaje ha culminado y ya no es necesario la carga que fue diseñada debido a que las losas de entrepisos absorben los esfuerzos y estabilizan el muro.

2.4 Procedimiento de anclajes no convencionales

2.4.1 Perforación de anclajes postensados sobre muro vaciado.

Polar (2018), menciona que la perforación para la ejecución de los anclajes se realizara mediante sistema concéntrico continuo. Para la perforación se utilizará una máquina perforadora multifunción, en conjunto con un compresor con un caudal de orden de 750 CFM y una presión de trabajo de 12 a 16 bar.

Este proceso tiene una restricción debido a que por lo menos el primer anillo debe estar tensado, pero es más rápido y puede usarse cuando suceden retrasos por falta de equipos.



Figura 46. Perforación de anclajes sobre muro vaciado.

Fuente: Procedimiento de trabajo de Flesan Anclajes (2019)

2.4.2 Sistema de Anclajes Proyectados

Castro (2020)., menciona que para proyectos pequeños y poco profundos una de las estrategias más usadas es el uso de anclajes proyectas. Esto permitirá reducir el número de anclajes del siguiente anillo, en caso se realice en todo el punto del siguiente anillo se reducirá el costo de movilización alquiler de grúa móvil, pero los anclajes proyectados tienen un costo adicional, para su aplicación debe sustentarse el análisis de costo beneficio.



Figura 47. Proyección de puntos para anclajes proyectados.

Fuente: Conferencia de excavación, estabilización de taludes - Castro (2020)

2.5 Gestión de la productividad con Lean Construction

2.5.1 Sistema del último planificador.

La metodología Last Planner System o Sistema del Ultimo Planificador es un método de control que ayuda a mejorar el control de las actividades en un proyecto, este método es eficaz debido a que reduce la variabilidad en las etapas constructivas que están asociadas a la programación de obra.

Este cumplimiento de la construcción se genera mediante barreras que ayudan a proteger el cronograma general de obra que es reducido a fases para su mayor control.

En su libro Ghio (2001) menciona que al generar escudos en la construcción se logra aislar en gran medida los procesos constructivos de tal forma que no afectan directamente a la programación inicial.

Pons (2019), menciona que Last Planner System permite realizar una planificación y mejora el control de la obra, de los materiales, equipos y herramientas que se van a emplear en la ejecución de una actividad. Al tener presente a tiempo las restricciones del proyecto, se

pueden gestionar en qué momento se deberían resolver y quien se responsabiliza de cada una.

El sistema propone trabajar de una manera muy sencilla, visual y muy eficiente.

2.5.2 Planificación general del proyecto

En su libro Pons (2019), señala que en la etapa de planificación general de un proyecto es cuando se define los puntos clave o hitos que se deben ejecutar en todo el proyecto. Por lo general este planeamiento se divide en dos puntos clave.

- Plan Maestro
- Cronograma de fases o hitos

2.5.3 Plan maestro.

En su libro Pons (2019), menciona que en esta etapa el objetivo principal es identificar todos los procesos o partidas que se van a ejecutar, se definen los alcances de todo el proyecto, así como los hitos más importantes que son críticos para el proyecto. De esta forma se podrá identificar los riesgos y las partidas que deben emplearse en el proyecto, con este plan se evalúan lo equipos y maquinarias a usar en general. Esta planificación debe ser protegida mediante otros métodos que generen confiabilidad en la construcción del proyecto. Se establecen metas que deben ser cumplidas a largo plazo.

2.5.4 Planificación por fases.

Pons (2019), señala que el objetivo principal de esta es definir las fases más importantes del proyecto, se evalúan los hitos de inicio de cada fase para poder programar el sistema de producción. Para que esto funcione deben realizarse reuniones colaborativas. Es fundamental que participen todos los encargados, contratistas de las partidas y áreas oficina técnica de

ingeniería y de obra, de esta manera se podrán alinear los objetivos y estrategias para asegurar el flujo de trabajo de todas las cuadrillas. En esta etapa la planificación es proyectada entre 2 a 8 meses de duración, dependiendo de las características del proyecto y las actividades a evaluar. En los proyectos de edificaciones existen muchas fases que son fundamentales que son críticas en el tren de actividades Al finalizar esta etapa se tendrá la identificación de actividades reales que se ejecutarán en el proyecto y se realizarán compromisos por parte de los contratistas de obra.



Figura 48. Planificación por fases de un proyecto de construcción

Fuente: Libro de Last Planner System, Pons (2014)

2.5.5 Planificación pull.

Pons (2019), señala que la Planificación Pull es una técnica que ayuda a generar mayor confiabilidad en la programación de obra. Debido a que se identifican todos los hitos desde inicio a fin.

2.5.6 Planificación con Look a head Planning

La Planificación usando la herramienta look a head planning es una programación que se realiza en un plazo de dos a seis semanas, en esta programación se identifican todas las

LISTADO DE RESTRICCIONES									
OBRA:				FECHA CONTROL:					
ID	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN/PROBLEMA	IMPACTO / ACTIVIDAD QUE SE VE AFECTADA	ACCIÓN	Prioridad	RESPONSABLE DE LIBERARLA		FECHA COMPROMISO	FECHA REAL LIBERACIÓN	ABIERTA / CERRADA
					EMPRESA	PERSONA			
#1	Urbanización zona piscina. Avinba/DF/Beta konkret (P11D)	Invasión de zonas con riesgo de caída de objetos	La dirección facultativa pactará con los vecinos como acometer con la urbanización y se marcará fecha de entrega de su zona.	●			10-ago.	20-jul.	CERRADA
#2	Barandilla ext. P11D esc.3.Cabezas.Disponibilidad/retrada de plataformas de descarga.	Imposibilidad de finalización	Se avanzará todo lo posible a falta de colocar la barandilla donde este la plataforma	●			22-ago.	22-ago.	CERRADA
#3	No tenemos definido el color de la carpintería de aluminio y por lo tanto no podemos realizar el pedido	Imposibilidad de realizar el pedido del aluminio y de poder planificar esta actividad.	Solicitar a la Dirección Facultativa y al propietario la referencia de color del aluminio.	●			27-ago.	13-ago.	ABIERTA
#4									
#5									

Figura 50. Análisis de restricciones de un proyecto

Fuente: Libro de Last Planner System, Pons (2014)

2.5.8 Plan Semanal

Pons (2019), señala que el plan semanal se realiza después de evaluar el look a head planning y haber liberado las restricciones del proyecto, como se mencionó las restricciones se liberan mediante las reuniones colaborativas y se asumen promesas confiables para cumplir con el avance en obra, a partir de este plan inicia la producción de la semana.

PLAN SEMANAL														
ID.	ACTIVIDAD	FECHAS		UD.	RESPONSABLE	META		COMPLETADA	SEMANA	Junio				
		INICIO	TERMINO			Comprometida	Alcanzada			V	L	M	M	J
		1-jun	4-jun			5-jun	6-jun			7-jun				
EDIFICIO														
Ciclo 1 Muros														
	Enfierradura	31/05	02/06		JP	100%	100%	1						
	Encofrado	04/06	05/06	m2	IR	100%	95%	0						
	Hormigón	05/06	05/06	m3	MA	100%	0%	0						
	Descimbre y Limpieza	06/06	06/06		IR	100%	0%	0						
Ciclo 2 Muros														
	Enfierradura	31/05	04/06		JP	100%	100%	1						
	Moldaje	05/06	06/06	m2	IR	100%	100%	1						
	Hormigón	06/06	06/06	m3	MA	100%	100%	1						
	Descimbre y Limpieza	07/06	07/06		IR	100%	0%	0						
Ciclo 3 Muros														
	Enfierradura	31/05	05/06		JP	50%	30%	0						
RESUMEN: Total Cumplidas (4) / Total Actividades (8) = 50%														

Figura 51. Hoja de plan semanal para control de producción

Fuente: Libro de Last Planner System, Pons (2014)

2.5.9 Porcentaje de plan cumplido (PPC).

Pons (2019) señala que el porcentaje del plan cumplido, es el resultado de la evaluación de las actividades ejecutadas por semana. Este porcentaje se reporta semanalmente a la gerencia de obra. El PPC se calcula en base al número de tareas programadas entre el número total de tareas comprometidas y planificadas para la semana. Es decir, si se han programado cinco tareas y se han cumplido solo tres, aunque la cuarta y quinta actividad tengan un avance, el PPC será el resultado de dividir tres entre cinco, lo cual da un resultado de PPC igual 60%.

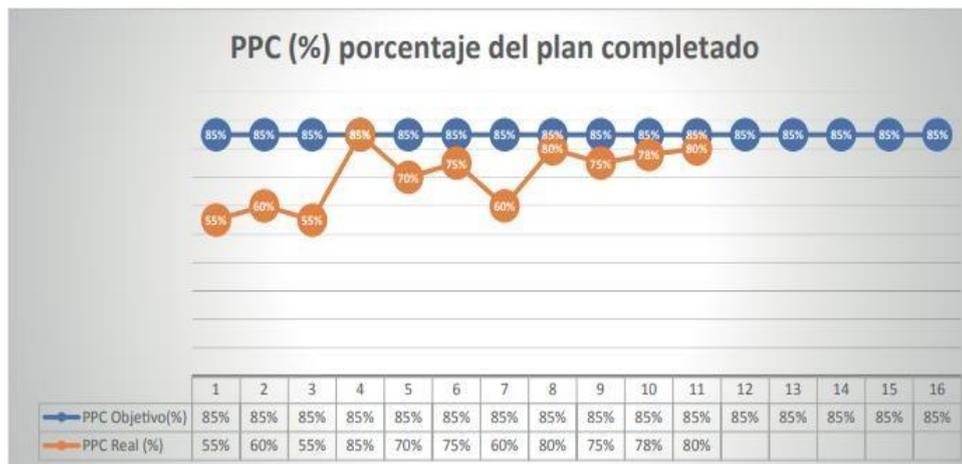


Figura 52. Porcentaje de plan cumplido de la programación semanal

Fuente: Libro de Last Planner System, Pons (2014)

2.5.10 Sectorización.

Castro (2019), menciona que:

La sectorización es el proceso de división de una o varias actividades, estas deben ser ejecutadas según la programación diaria, cada sector comprende un metrado que forma parte del total. Estos metrados deben ser balanceados tanto en recursos de mano de obra y materiales. (p. 40)

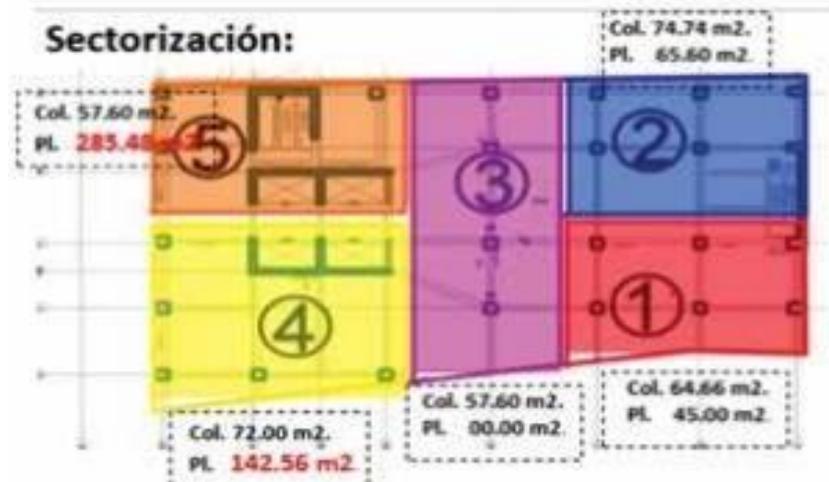


Figura 53. Modelo de sectorización de un proyecto

Fuente: Castro (2019)

2.5.11 Trenes de trabajo.

Castillejo (2013), señala que está basada en el hecho de lograr producciones similares diarias para cada cuadrilla. Para que esto suceda debe aplicarse la herramienta de sectorización de actividades.

La sectorización está basada en el hecho de partir volúmenes de trabajo en porciones pequeñas y más manejables. La programación de cada actividad se logra mediante un balance de la capacidad de las cuadrillas asignadas a cada actividad de forma que la cantidad de acero, encofrado y concreto sea compatible en todos los sectores.

Descripción de la Actividad	Und	SEMANA 8					SEMANA 9				
		L	M	X	J	V	L	M	X	J	V
		30	31	01	02	03	06	07	08	09	10
MUROS ANCLADOS (2DO Y 3ER ANILLO)											
PERFORACION DE ANCLAJES CON MAQUINA	ML	P06,7,8	P06,10,11,12	P13,14,15,16	P17,18,19,20	P21,22,23,24	P25,26,27,28	P29,30,31,32	P33,34,1,2	P36,3,4	P39,8,10
INYECCION DE CONCRETO	ML	P06,7,8	P06,10,11,12	P13,14,15,16	P17,18,19,20	P21,22,23,24	P25,26,27,28	P29,30,31,32	P33,34,1,2	P36,3,4	P39,8,10
EXCAVACION DE BANQUETAS CON MAQUINA	M3	P06,17,18	P08,20,21	P22,23,24	P25,26,27,28	P29,30,31,32	P33,34,1,2	P36,3,4	P39,8,10	P42,11	P45,13
PERFILADO DE BANQUETA (MANUAL) Y LECHADA DE CEMENTO	M2	P06,17,18	P08,20,21	P22,23,24	P25,26,27,28	P29,30,31,32	P33,34,1,2	P36,3,4	P39,8,10	P42,11	P45,13
COLOCACION DE ACERO	UND	P13,14,15	P06,17,18	P15,20,21	P22,23,24	P25,26,27,28	P29,30,31,32	P33,34,1,2	P36,3,4	P39,8,10	P42,11
EXCAVACION Y RELLENO DE ZANJA PARA EMPALMES DE ACERO	UND	P13,14,15	P06,17,18	P15,20,21	P22,23,24	P25,26,27,28	P29,30,31,32	P33,34,1,2	P36,3,4	P39,8,10	P42,11
ENCOFRADO DE MURO	M2	P10,11,12	P13,14,15	P06,17,18	P15,20,21	P22,23,24	P25,26,27,28	P29,30,31,32	P33,34,1,2	P36,3,4	P39,8,10
COLOCACION DE CONTRAFUERTE PARA ENCOFRADO	UND	P10,11,12	P13,14,15	P06,17,18	P15,20,21	P22,23,24	P25,26,27,28	P29,30,31,32	P33,34,1,2	P36,3,4	P39,8,10
VACIADO DE MURO	M3	P10,11,12	P13,14,15	P06,17,18	P15,20,21	P22,23,24	P25,26,27,28	P29,30,31,32	P33,34,1,2	P36,3,4	P39,8,10
DESENCOFRADO	M2	P06,7,8	P06,10,11	P10,11,12	P13,14,15	P16,17,18	P19,20,21	P22,23,24	P25,26,27,28	P29,30,31,32	P33,34,1,2
TENSADO DE ANCLAJES DE MUROS	UND	P10,11,12	P13,14,15	P06,17,18	P15,20,21	P22,23,24	P25,26,27,28	P29,30,31,32	P33,34,1,2	P36,3,4	P39,8,10

Figura 54. Programación de obra usando trenes de trabajo

Fuente: (Guzmán, 2020)

2.6 Gestión de la calidad con Last Planner System

2.6.1 Mejora continua de un proyecto.

Pons (2019), señala que es una de las herramientas más eficaces que se complementan con LPS, para realizar el seguimiento de las actividades y mejorarlas durante el proceso. El PDCA ayudara a eliminar los errores cometidos en actividades anteriores, también ayudara a implementar nuevas técnicas para mejorar la calidad y optimizar los costos de un proyecto.

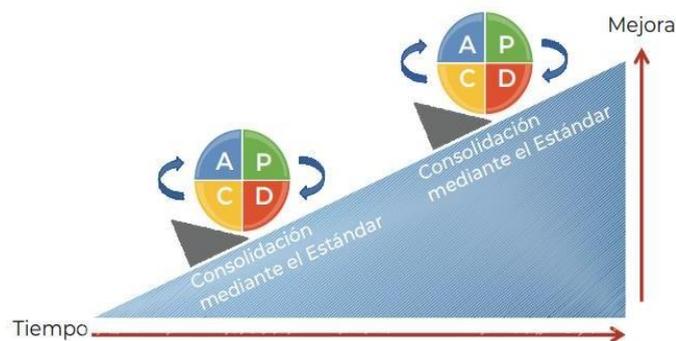


Figura 55. Ciclo de mejora continua de un proyecto

Fuente: Libro de Last Planner System, Pons (2014)

2.6.2 Diagrama de Pareto.

Castillejo (2013), menciona que es una representación gráfica en la que cada tipo de defecto o falla se organiza de acuerdo a su frecuencia. Este método ayuda a identificar los defectos y errores más significativos del proyecto y detalla las causas generadas. Cuando una empresa identifica un proceso como susceptible de mejora, el primer paso es recolectar los datos de las fallas incidentes en el proyecto.



Figura 56. Diagrama de Pareto

Fuente: Libro de Last Planner System, Pons (2019)

2.7 Definición de términos Básicos

Productividad: Castro (2019), señala que la productividad es una medida de eficiencia lo cual está definido como la cantidad de recursos (horas hombre) entre la cantidad de tarea o actividad ejecutada. Como por ejemplo HH/m².

Planificación: Ghio (2001) menciona que la planificación es el proceso en el cual se definen las estrategias, metodologías y técnicas para mejorar la producción, así como la delegación de responsables de trabajo para que el proyecto sea exitoso.

Flujo de trabajo: Ghio (2001) señala que es el movimiento de gestiones de un proyecto, esto se genera a través de la programación de obra. Los flujos son eficientes si todo el equipo colabora en las actividades que han sido designadas.

Frente de trabajo: Castillejo (2013), define como el área o lugar donde se desarrolla el proceso. Al desmembramiento del proceso constructivo le corresponde un frente de trabajo.

Perdidas: Ghio (2001) señala que es toda actividad que fue mal ejecutada y genera un sobre costo no contemplado.

Trabajo Productivo: Brioso (2012), menciona que, es el trabajo que aporta valor y genera avance en el proyecto. Como por ejemplo colocación de acero, encofrado y vaciado de concreto.

Trabajo Contributorio: Brioso (2012), señala que, es el trabajo de apoyo en el cual se invierten horas hombre y otros recursos que son necesarios para poder realizar el trabajo productivo.

Estandarización: Pons (2014), define que es la manera más eficiente, fácil, simple y segura de realizar una tarea. Un estándar es un conjunto de reglas y ejemplos que genera mejora continua en un proyecto.

Estructuración del trabajo: Pons (2014), señala que debe diseñarse el sistema de producción para determinar quién hace qué, cuándo, dónde y cómo, por lo general mediante el desglose del trabajo en partes, donde dichas partes probablemente serán diferentes de una unidad de producción a otra.

Capítulo III. Descripción de la experiencia

3.1 Ingreso a la empresa constructora

El ingreso a la empresa fue en junio del 2018 en la cual se solicitó un asistente de ingeniero de producción para el proyecto Residencial Costa Sur. Los requisitos que se solicitaron fueron tener experiencia en construcción de proyectos de edificación, metrados, lectura de planos, costos, programación de obras en estructuras y acabados. De tal manera que en la evaluación cumplí con todo lo solicitado y estuve encargado de todos los frentes de trabajo que involucraban estructuras, acabados húmedos y secos de todo un sector. Trabaje en el proyecto Costa Sur hasta el mes de diciembre del 2018, luego me incorpore al proyecto Residencial Ingenio en la cual desempeñe el cargo de ingeniero de producción en acabados.

En el agosto del año 2019 me asignaron el proyecto Residencial Madre Selva en el cual me desempeñe como Jefe de Producción de la obra. Trabaje desde la fecha mencionada en Residencial Madre Selva en Lima - Chorrillos. El proyecto se encuentra en la etapa de acabados secos y está próximo a entrega en el mes de abril.



Figura 57. Fachada principal del proyecto Residencial Madre Selva

3.2 Descripción del Proyecto

El presente proyecto se trata de un edificio Multifamiliar ubicado en la Av. Chorrillos N°150 Urb Cocharcas – Chorrillos el cual cuenta con Anteproyecto Aprobado según expediente N°12353-2018, el cual consta de 12 pisos más azotea, siendo este último nivel el tercer piso de Tríples que forman con el piso 11 cuya conexión es mediante escalera interior. El Anteproyecto contenía solamente como Dúplex 3 departamentos considerando solo áreas complementarias mínimas.

Este proyecto se amplía solamente en el piso 12 las áreas para uso de segundo piso dúplex de tal forma que los cuatro departamentos del piso 11 sean dúplex con áreas más confortables y de mejor distribución haciendo más atractivas las ofertas para el distrito.

Se mantiene la altura aprobada en el Anteproyecto de 30.70ml, la densidad y número de departamentos, lo cual la ampliación no es estructural ni sustancial, solamente de mejora de la distribución del último piso.

3.2.1 Ubicación del proyecto.

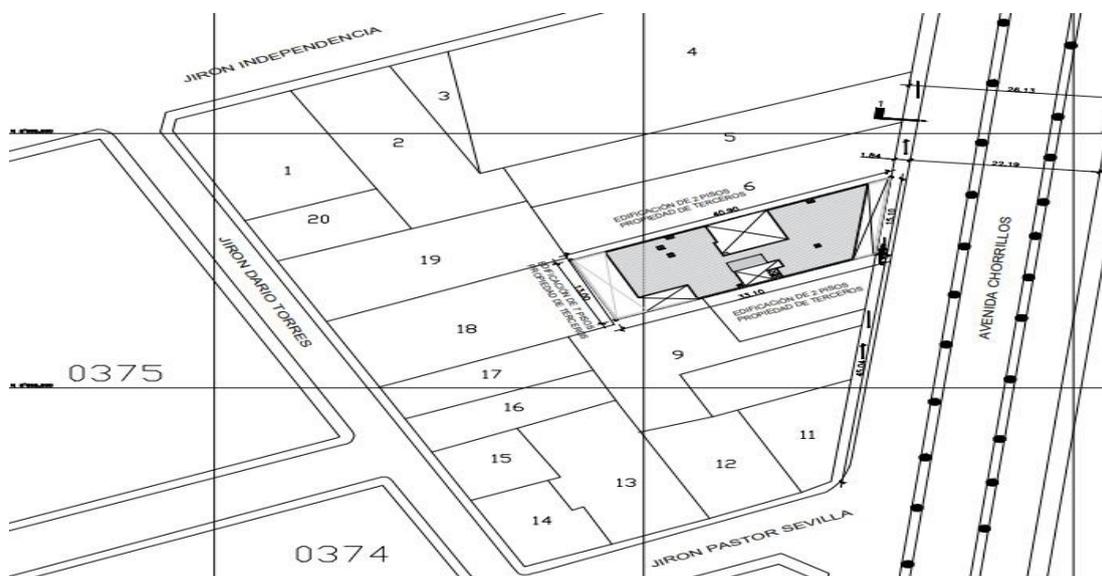


Figura 58. Plano de ubicación del proyecto

3.2.2 Áreas del Proyecto.

Tabla 1. Áreas techadas del proyecto Residencial Madre Selva

Nivel	und	área
Sótano 4	m2	240.86
Sótano 3	m2	474.25
Sótano 2	m2	474.25
Sótano 1	m2	462.65
Primer nivel	m2	303.71
Segundo nivel	m2	301.71
Tercer nivel	m2	311.37
Cuarto nivel	m2	309.29
Quinto nivel	m2	311.37
Sexto nivel	m2	309.29
Séptimo nivel	m2	311.37
Octavo nivel	m2	307.43
Noveno nivel	m2	309.51
Decimo nivel	m2	307.43
Décimo Primer nivel	m2	293.04
Decimo Segundo nivel	m2	295.34
Décimo tercer nivel		295.34
Total		5614.31

3.2.3 Involucrados en el proyecto.

Tabla 2. *Responsables de cada área en el proyecto*

ÁREA	ABREV.	RESPONSABLE	ABREV.
G. Proyecto	GP	Ing. Miguel Rojas	MR
G. Comercial	GC	Luciano Gardella	LG
G. Obras	GO	Ing. Peter Males	PM
Jefe de Calidad	JC	Arq. Eduardo Vergara	EV
Jefe de Seguridad y salud	JSS	Ing. Luis Ruiz	LR
Jefe de Logística	JL	Julio Castro	JC
Residencia de Obra	RO	Ing. Cesar Caso	CC
Producción	PRO	Ing. Scoot Baca	SB
Oficina Técnica de obra	OTO	Arq. Nancy Ruiz	NR
Administración de Obra	AO	Yhony Lifoncio	YL
Almacén	ALM	Erick López	EL
Ingeniero de Calidad	IC	Starsky Coronel	SC
Maestro de Obra	MO	Arthur Falcon	EL
Supervisor de Seguridad	SS	Martin Oliverares	MO

En la Tabla 2 se presentan todos involucrados en el proyecto Residencial Madre Selva, así como el área al que representa cada uno de ellos. No se ha incluido al monitor de seguridad, monitor COVID y enfermera. Esto debido a que ellos están bajo la supervisión del supervisor SSOMA.

3.3 Funciones en el Proyecto

Desempeña el cargo de Jefe de Producción. Las funciones principales que desempeña en el proyecto son Organización, planificación, ejecución, seguimiento y control de obra. Aplicación de metodologías para el control de la mano de obra, materiales y equipos.

Las funciones complementarias son: Metrados en oficina y campo en distintas especialidades. Valorizaciones, control de costos (IP M.O - IP M), supervisión de avance, elaboración del cronograma de obra, Look ahead/ Plan Semanal /Plan diario, informes mensuales de avance etc.

Coordinaciones y seguimiento en todas las áreas involucradas del proyecto logística, administración, operaciones y proveedores para asegurar el plazo y cumplimiento del proyecto.

3.4 Estado actual de la obra por la coyuntura

Debido a la crisis por la pandemia, todos los proyectos de la empresa quedaron inhabilitados por la cuarentena nacional que inicio el 15 de marzo del 2020. La obra se encontraba en la etapa de estabilización de taludes y construcción de sótanos. Esta paralización afecta en plazo, costo y calidad al proyecto. En junio se activa la segunda fase y se reinician las actividades económicas. Dentro de ellos el sector inmobiliario se activa.

El proyecto Residencial Madre Selva reinicia sus actividades el 01 de junio del 2020, durante la primera semana se implementaron los protocolos de bioseguridad.

Dentro de esa semana también se analizó el cronograma general de obra, se realizó el replanteo el plan maestro y el cronograma de hitos por fases.



Figura 59. Reinicio de actividades Pos Cuarentena (2020)

3.5 Desarrollo de la Experiencia Profesional

3.5.1 Resumen de la experiencia Profesional.

La experiencia profesional se basó en la aplicación de procedimientos de trabajo, técnicas y metodologías para optimización de recursos (mano de obra, materiales y equipos). Durante la ejecución del proyecto se delimitaron tres etapas importantes que son necesarias para la culminación de la obra.

Estabilización de taludes y construcción de sótanos

Construcción de torre o casco estructural

Albañilería y acabados húmedos

Acabados secos y equipamiento

La experiencia profesional se centra en la primera etapa que es la estabilización de taludes e inicio de la construcción de sótanos, para la cual se han empleado procedimientos de trabajo convencionales y no convencionales para la construcción de muros anclados; técnicas constructivas que ayudan a mejorar la calidad del proyecto y metodologías para la gestión de la producción que aportan valor al proyecto.

Dentro de los objetivos mencionados el primer objetivo analiza la estandarización de procesos debido a que es una variable muy importante para poder mejorar la productividad y eliminar los retrabajos en obra que afectan en calidad, costo y plazo.

En el segundo objetivo se analizan los procesos mencionados anteriormente y se busca mejorar la productividad mediante técnicas constructivas que se vienen empleando en proyectos de gran envergadura. Estos métodos ayudan a generar el cumplimiento de la programación de obra.

En el tercer objetivo se analiza la gestión de la producción de la obra, como aplicar la metodología Lean Construction para poder optimizar el costo de la mano de obra, como mejorar los índices de productividad y sincerar el costo de hora hombre en las partidas que involucran la construcción de muros anclados.

3.5.2 Respecto a la implementación de procedimientos constructivos para la mejora de la productividad y mejora continua.

Actualmente la empresa Constructora carece de un procedimiento de trabajo para la etapa de obras preliminares, excavación y construcción de muros anclados. Al iniciar la partida de

excavación masiva, muchos de los alcances que debería contemplar la partida estaban sin definir. Esto generaba atrasos en la obra.

En la construcción del primer anillo de los muros anclados se llevó un proceso lento en el cual no se llegó a cumplir lo que indicaba el plan Maestro, en el look a head que fue aprobado por la gerencia se programó que la actividad del primer anillo debía culminar en dos semanas calendario. Esta programación no se cumplió por algunos inconvenientes en campo y por falta de estandarización de proceso.

Se mencionará a detalle las actividades ejecutadas en el primer anillo y se realizará un comparativo con el segundo y tercer anillo.

3.5.3 Construcción del primer anillo sin procedimiento de trabajo estandarizado.

Durante la construcción del primer anillo se tuvieron varios errores que atentaron con la calidad y el costo del proyecto. Se muestra la distribución y enumeración de anclajes en los muros (Ver fig. 60)

El proceso de construcción se realizó según el procedimiento anclajes de la empresa Flesan, esto debido a que la empresa no contaba con un proceso definido.

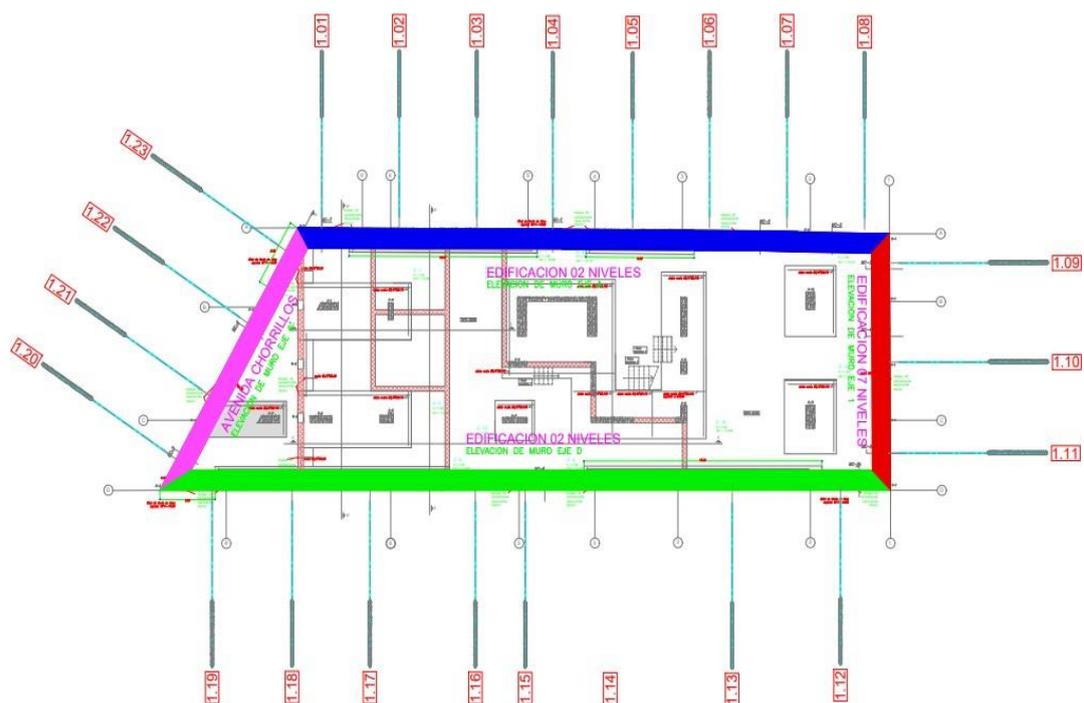


Figura 60. Ubicación de anclajes postensados en muros de sótanos

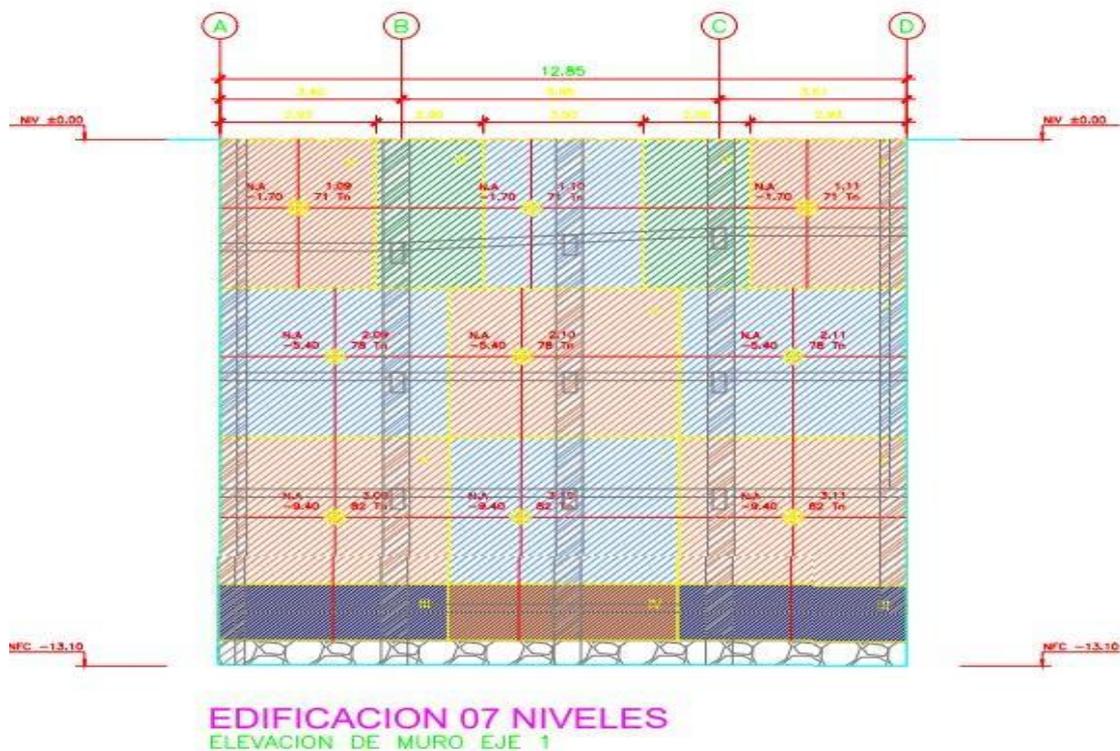


Figura 61. Panelado de muros eje 1-1

A continuación, se muestra el procedimiento de trabajo realizado en el primer anillo.

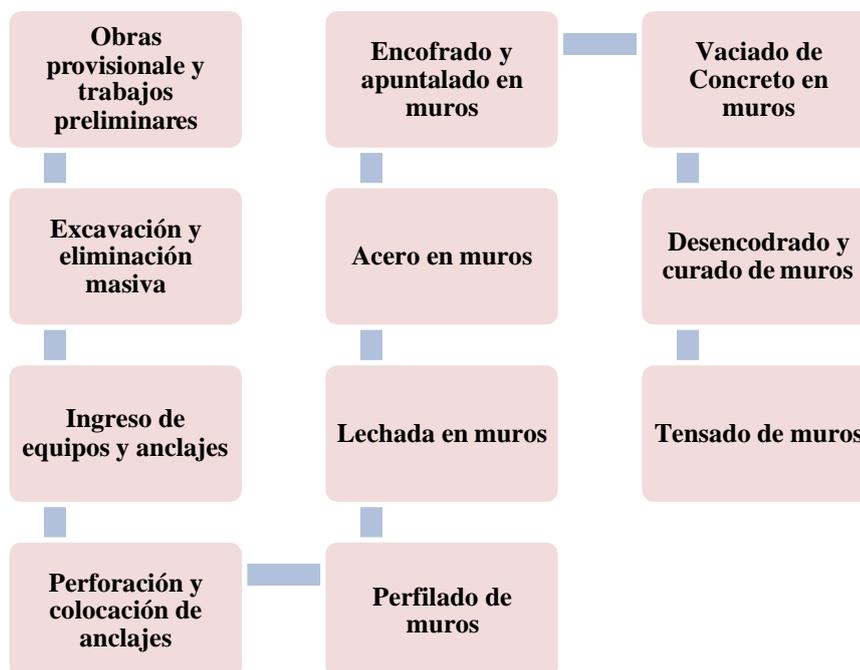


Figura 62. Tren de trabajo de muros anclados en primer anillo

Como se muestra en la figura 62, en el primer anillo se trabajó con 11 procesos que dependían de cada cuadrilla de trabajo. Estos procesos están a nivel macro lo cual dificultó su control, dentro de estos procesos se tuvieron tareas importantes que no fueron desglosadas, generando retrabajos y un índice de calidad más bajo.

Obras provisionales y trabajos preliminares: En esta etapa se realizaron las actividades previas como la topografía, trazo de referencias niveles y cotas para la excavación, habilitación de oficinas, almacenes, vestuarios, comedores, etc. Habilitación de salidas de agua, puntos de desagüe y ubicación del medidor de luz.

Excavación y eliminación masiva, luego de haber trazado las banquetas y la ubicación de la profundidad de excavación se procedió a excavar hasta el nivel de cota -3.00 m, esta cota fue la que necesitaba el equipo de perforación para poder posicionarse. Luego se procedió con la eliminación masiva del material excedente.



Figura 63. Excavaciones del primer anillo y eliminación

Ingreso de equipos de perforación e inyección, en esta etapa ingresa la perforadora, los anclajes postensados, grupo electrógeno, mezcladora y los equipos de inyección. Para el ingreso se habilito con ayuda de la excavadora una rampa de tierra que no supere los 12°



Figura 64. Rampa de tierra para ingresos de equipos de perforación

Perforación y colocación de anclajes, en esta etapa se inició la actividad de perforación, previamente se trazaron los puntos de anclaje con el ángulo de inclinación que mencionan los planos. La perforación tomo un promedio de 100 minutos por punto. Después se retiró del Casing y se colocó el anclaje.

Inmediatamente se procedió con la inyección de la lechada, se determinó la correcta colocación de la lechada en el bulbo con una inspección visual que consistió en verificar la salida de la lechada por la tubería pit auxiliar.



Figura 65. Resultado final de inyección de pasta de cemento

Después de concluir con la colocación de todos los anclajes, se retiraron los equipos de flesan y se inició con el perfilado de los muros. Se ejecuto de forma intercalada como especifican los planos de Flesan, la excavadora inicio con la excavación de la banqueta hasta una profundidad de -3.00 metros, luego la cuadrilla de perfilado ingreso a armar el andamio para perfilar con barretas y pico. Este proceso genero un rendimiento de la cuadrilla de perfilado que variaba entre 15-17 m². Este rendimiento estaba por debajo del meta lo cual no era muy eficiente.



Figura 66. Perfilado y picado de rebabas de muros colindantes

Pañeteo con lechada o Shotcrete, en esta actividad se lanzó pasta de cemento al muro perfilado de tal forma de estabilizarlo y reducir el riesgo de deslizamiento del talud.



Figura 67. Pañeteo de muro con pasta de cemento más yeso

Acero en muros, esta actividad se realizó después de que el muro se haya estabilizado, se verifico el detalle de los planos en los cuales se tiene el acero por flexión y una cuantía adicional de refuerzo por punzonamiento donde ira el esfuerzo máximo de tensado (Ver fig.67). Luego se habilito el acero en banco y se procedió con la colocación y amarre en el muro. Para la actividad de habilitado se necesitó la siguiente cuadrilla, un operario banquero que se dedica a doblar estribos y un oficial que realiza los cortes y despieces. Para la actividad de colocación y amarre de acero se necesitaron aproximadamente 3 cuadrillas, las horas hombre del personal fue estimado en base al metrado de acero por muro.

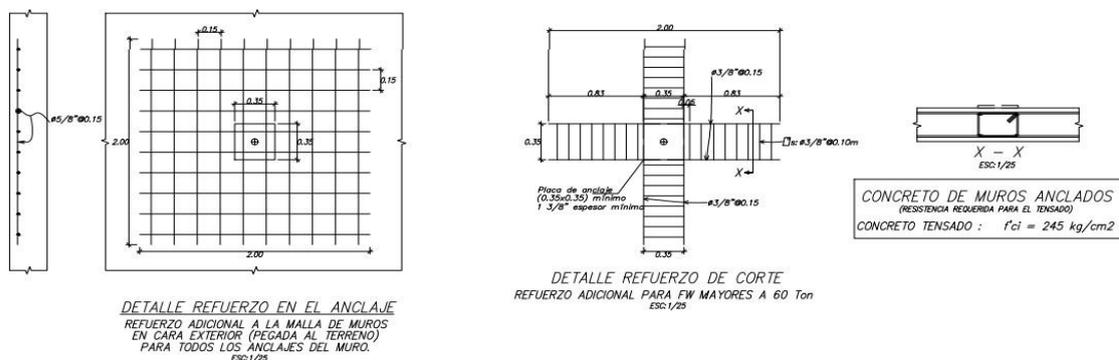


Figura 68. Detalle de refuerzo en cruz adicional para anclajes que superen las 70 tn

Relleno de mechas, en esta actividad se rellenaron las mechas para el empalme con el segundo anillo, el relleno se nivelo para poder colocar un tablón que se usó para poner el trazo del muro, en el primer anillo se utilizó el material proveniente de excavación lo cual genero un retrabajo en el segundo anillo. Esto sucedió porque el suelo excavado tiene alta cantidad de rocas y botonería de 2" - 4" (Ver fig. 68) y se mezclaron al vaciar el muro. Para eliminar eso se tuvo que usar horas hombre de peón y un rotomartillo lo cual genero un sobre costo.



Figura 69. Relleno de mechas con material de suelo excavado

Colocación de Tecnopor en muro, en esta actividad se colocó el Tecnopor en la zona donde irán empotrados los entrepisos de los sótanos, esto redujo la cantidad de horas hombre en la partida de picado y escarificado de losas.



Figura 70. Colocación de cajuelas de tecnopor para empotramiento de losas

Encofrado de muro anclado, luego de la liberación de calidad de las actividades predecesoras. Inicio la etapa de encofrado, en la cual se necesita un promedio de 3 parejas para ejecutar los muros programados. (Ver fig. 71)

Dentro de la etapa el encofrado se consideró la actividad de apuntalado, en la cual se utilizó el método de encofrado enterrado con material propio. El capataz encargado de la cuadrilla debe verificar el correcto apuntalamiento del muro anclado. De tal forma que no exista desplomes en el proceso de vaciado de concreto.



Figura 71. Encofrado de muro anclado en el primer anillo



Figura 72. Apuntalamiento de encofrado con material de excavación

Vaciado de concreto, en esta actividad se procedió con el vaciado de concreto al muro liberado, inicialmente en el primer anillo se usó bomba estacionaria en la cual se tenía un poco de dificultad porque al tender las tuberías impedía el movimiento de la excavadora. Además, que el armado de la tubería demoro un promedio de 45 a 60 minutos. Esto afecto directamente al horario de trabajo permitido. Generando el riesgo de no cumplir con el plan diario. Para el vaciado de concreto se utilizó una cuadrilla compuesta por tres personas (1operario + 2ayudantes). Para poder continuar con la actividad de perfilado se utilizó bomba telescópica y se evitó tender la manguera por las banquetas.



Figura 73. Vaciado de concreto en muro con bomba telescópica

Tensado de muros, esta actividad fue la más crítica para poder estabilizar el talud, para poder iniciar con el tensado el concreto debe haber obtenido por lo menos un $f_c = 200$ kg/cm². Para eso se han vaciado los muros con concreto $f_c = 350$ kg/cm², esto garantiza que el concreto llegue a la resistencia requerida a los tres días. De esta forma se puede continuar abriendo paños y terminar el anillo completo.



Figura 74. Tensado de muro 1.12

3.6 Construcción del segundo y tercer anillo con la implementación de nuevos procesos constructivos

Debido a las lecciones aprendidas del primer anillo, se evaluaron las actividades y se realizó un flujograma de procesos en obra. Desde la etapa de excavación hasta el tensado de anclajes. Se plantearon los procedimientos en forma de tren de trabajo para llevar un mayor control. Este flujograma aportó valor al proyecto debido a que todo el personal involucrado en la construcción de muros anclados conoció la actividad sucesora y predecesora.

Dentro de todas las etapas se dividió en dos procesos.

- Obras Preliminares

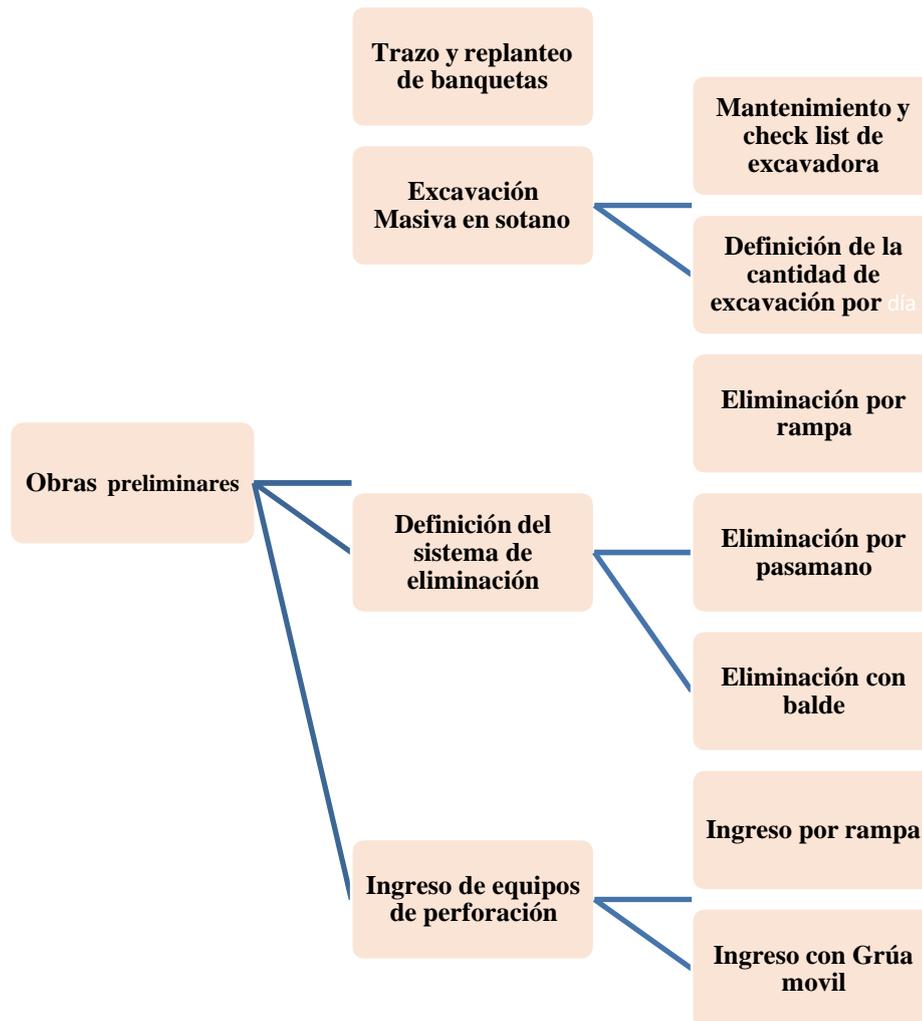


Figura 75. Procedimiento de ejecución de obras preliminares

- Tren de trabajo de muro anclado

A continuación, se adjunta el tren de actividades con los procesos implementados, estos procesos generaron una mejora en la productividad, costo y calidad.

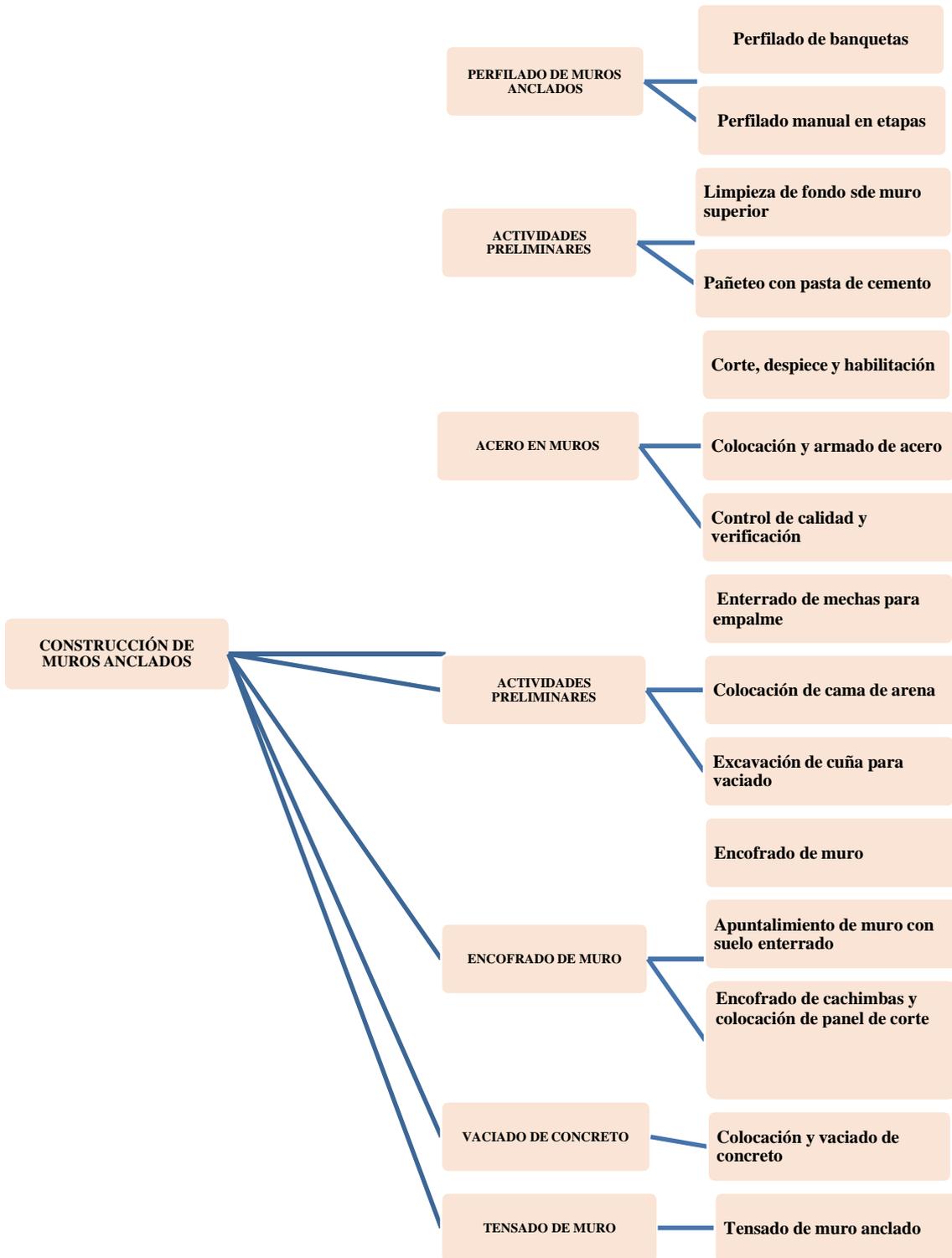


Figura 76. Implementación de procedimientos constructivos

Como se observa en la figura 76, se identificaron todos los procesos para la construcción de muros anclados y se añadieron cuatro actividades que mejoraron la calidad y redujeron los costos de producción de los muros de sótano.

Perfilado Manual en Banqueta: El proceso de esta actividad fue mejorada, en el primer anillo se obtuvo un rendimiento con el proceso convencional usando andamio. En el segundo, tercer y cuarto anillo se utilizó el procedimiento de perfilado en tres partes, dividiendo al muro a una altura de 1.25 metros. Se dividió el muro en tres partes y se procedió con el perfilado encima de banquetas. Se obtuvieron mejoras en el proceso y se aumentó el índice de productividad generando una reducción de la cantidad de horas hombre por muro.

PARTIDA	UND.													
Perfilado para muro anclado	m2.													
DATOS DEL PRESUPUESTO														
Rendimiento	0.8000													
Metrado total	1309.95													
Total HH	1047.96													
Costo HH promedio	17.79													
Total de Mano de Obra	18643.21													
CONTROL DE PRODUCTIVIDAD DE PERFILADO EN TERCER ANILLO														
	Sábado	Lunes	Martes	Miércoles	Viernes	Sábado	Lunes	Martes	Miércoles	Viernes	Sábado	Lunes	Martes	Miércoles
	4/01/2021	6/01/2020	7/01/2020	8/01/2020	10/01/2020	11/01/2020	13/01/2020	14/01/2020	15/01/2020	16/01/2020	11/01/2020	13/01/2020	14/01/2020	15/01/2020
Rendimiento Diario (HH/m2)	0.787	0.657	0.789	0.747	0.721	0.657	0.697	0.612	0.605	0.721	0.657	0.697	0.612	0.605
Rendimiento Acumulado (HH/m2)	0.787	0.844	0.842	0.840	0.836	0.832	0.828	0.825	0.816	0.814	0.810	0.807	0.805	0.798
Rendimiento Presupuesto (HH/m2)	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800	0.800
HH diario	14.5	20	24	21	24	20	24.5	12	30	24	20	24.5	12	30
Avance diario m2.	18.42	30.42	30.42	28.12	33.30	30.42	35.15	19.61	49.58	33.30	30.42	35.15	19.61	49.58
HH Acumulado	14.5	901	925	946	970	990	1014.5	1026.5	1056.5	1080.5	1100.5	1125	1137	1167
Avance Acumulado m2.	18.42	1067.903	1098.323	1126.443	1159.743	1190.163	1225.313	1244.923	1294.503	1327.803	1358.223	1393.373	1412.983	1462.563
HH ganadas/perdidas a la fecha	0.24	4.34	0.34	1.50	2.64	4.34	3.62	3.69	9.67	2.64	4.34	3.62	3.69	9.67
HH ganadas/perdidas acumuladas	0.24	-38.48	-38.14	-36.64	-34	-29.66	-26.04	-22.35	-12.68	-10.04	-5.7	-2.08	1.61	11.28
HH ganadas/perdidas a fin de obra	17	-59	-56	-53	-49	-42	-37	-33	-23	-19	-14	-11	-7	3
HH saldo	1034	147	123	102	78	58	34	22	-9	-33	-53	-78	-90	-120
Saldo de avance m2.	1292	243	212	184	151	120	85	66	16	-18	-49	-84	-104	-153
Rendimiento proyectado	0.800	0.605	0.580	0.554	0.517	0.483	0.400	0.333	-0.563	1.833	1.082	0.929	0.865	0.784

Figura 77. Control del índice de productividad diario del perfilado

Como se observa en la figura 77, el índice de productividad de la partida disminuyó lo cual generó optimización de horas hombre y fueron empleadas en otra partida.

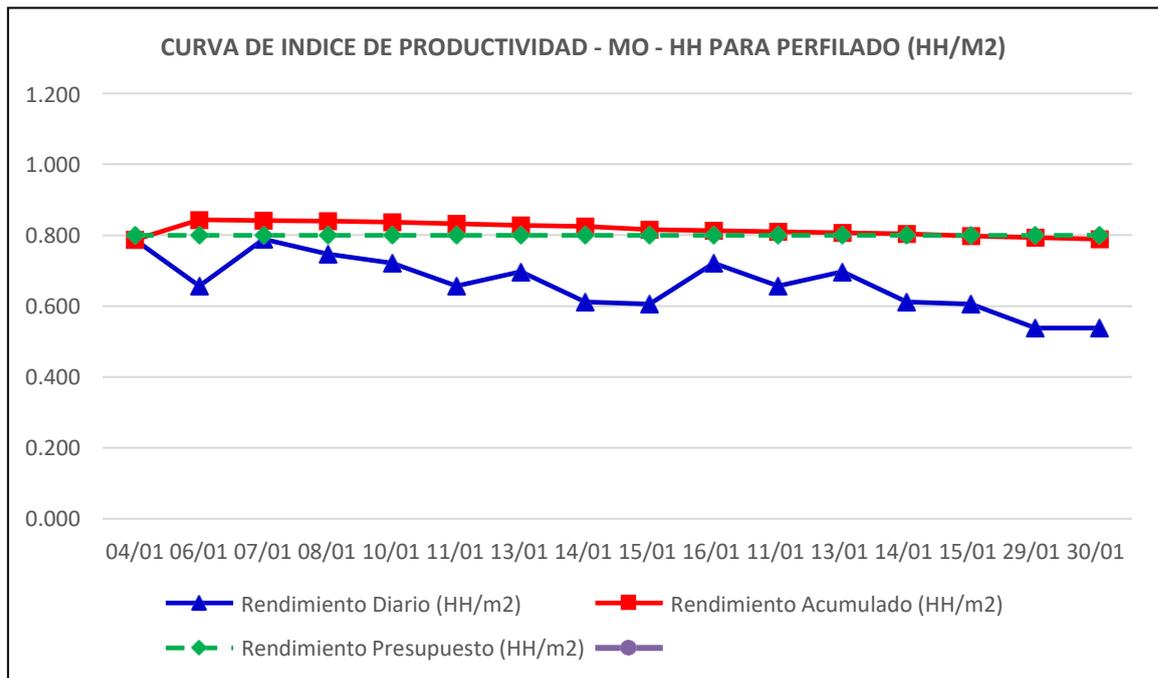


Figura 78. Curva de IP de la actividad de perfilado

Colocación de cama de arena: En el primer anillo se cometió el error de no controlar el relleno que se usó para enterrar las mechas de acero, esto perjudico a que el fondo del muro quede sucio, lleno de boloneria y suelo remanente. Para evitar ese reproceso se realizó la colocación de una cama de arena para evitar que el canto rodado se pegue al muro. De esta forma se redujo el costo de hora hombre por picado y limpieza de fondo de muro. Ver fig.79



Figura 79. Colocación de cama de arena en la base del muro.

Fuente: Conferencia de muros anclados – Castro (2020)

Excavación de cuña para empalme de vaciado, debido a las lecciones aprendidas de otros proyectos, se ha implementado este procedimiento que ayudo a mejorar la unión monolítica entre el vaciado de muro superior e inferior. Anteriormente en otros proyectos se tuvieron retrabajos y filtraciones en la unión de muros (ver fig. 80). Esto debido a que el concreto no siempre llegaba a la altura del muro superior generando cangrejas internas.



Figura 80. Cangrejas internas de muro vaciado

En otro proyecto ejecutado se tuvieron problemas de filtración y afloración de humedad, esto debido a que las viviendas colindantes tenían piscinas y jardines, el agua ingreso por las cangrejas. Esta humedad por capilaridad llego hasta los muros de sótano generando retrabajos en la partida de pintura en sótanos.



Figura 81. Filtración de agua en muro anclado

El método de la cuña de empalme genero la unión monolítica entre el muro del segundo y tercer anillo (ver figura 82), se eliminó la actividad de limpieza y escarificado con rotomartillo. Lo cual redujo el costo adicional de las horas hombre y horas maquina empleadas en el primer anillo.

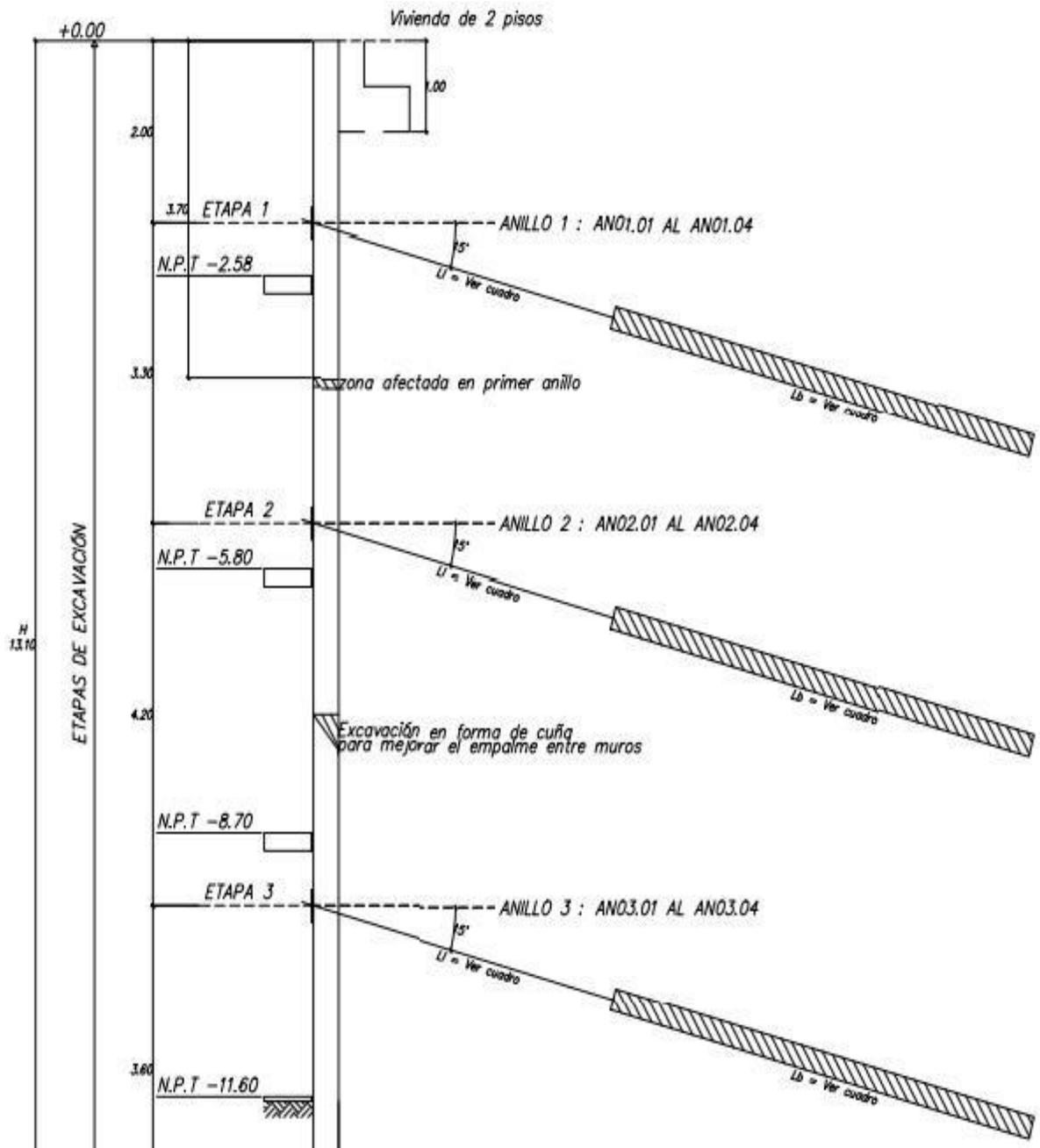


Figura 82. Detalle de empalme de cuña del segundo y tercer anillo

Encofrado de cachimba y colocación de panel de corte, este método fue implementado en el proyecto Panorama por Ramos (2015), en el cual se colocó en las cachimbas un panel para reducir el monolitismo del concreto. En el segundo anillo del proyecto Madre Selva se utilizó el procedimiento convencional (ver figura 83), se colocó la madera para formar la cachimba a 45° . La función de la cachimba consistió en realizar un excedente de encofrado en forma de cuña de 45° para que el muro pueda llenarse con concreto en su totalidad. El picado de la cachimba se realizó con rotomartillo con un rendimiento estimado entre 14-15 ml/día



Figura 83. Encofrado de cachimba a 45°

Para el tercer y cuarto anillo se utilizó el método de colocación de panel de corte, este método fue mucho más eficiente debido a que al colocarse un panel redujo el monolitismo del concreto de la cuña y permitió un mayor rendimiento en la partida de picado de cachimba.

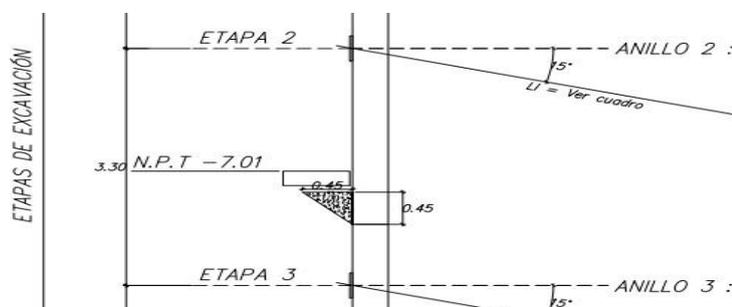


Figura 84. Panel de corte colocado en cachimba de concreto

Con este método el rendimiento de picado de la cachimba aumento a 24- 25 ml/día.

Realizando un análisis comparativo se tiene que el método mejorado obtuvo 50% más de rendimiento.



Figura 85. Picado de cachimbas de concreto

3.7 Respecto a la generación del cumplimiento del cronograma de obra mediante uso de técnicas constructivas en la construcción de muros anclados

En el capítulo anterior se mencionó el procedimiento de trabajo convencional que se usó en la construcción del primer anillo, en la construcción del segundo, tercer y cuarto anillo se implementaron tres métodos constructivos y se realizó un nuevo flujograma de procesos. Esto logro mejorar la productividad, se eliminaron los retrabajos y se optimizo el costo de la mano de obra.

Pero no fue suficiente con implementar esos procesos, la construcción de muros tuvo un tren de actividades donde todas las partidas fueron críticas, pero dentro de la partida de muros anclados se encontraron tres actividades que son clave para el éxito del proyecto. En la construcción del tercer y cuarto anillo se implementaron estas técnicas las cuales lograron optimizar el tiempo y se generó el cumplimiento del look ahead proyectado.

Proyecto: Residencial Madre Selva															
Cliente: Residencial Madre Selva SAC				Semana 38					Semana 37						
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
				18-Set	19-Set	20-Set	21-Set	22-Set	23-Set	24-Set	25-Set	26-Set	27-Set	28-Set	17-Set
	METRADO A EJECUTAR	m3.	18.68												
4.03	SOLADO	SECTORIZACION													
	METRADO A EJECUTAR	m2.	223.46												
	CONCRETO ARMADO														
A	MUROS DE CONTENCION 1º ANILLO														
5.01	ANCLAJES POSTENSADOS TEMPORALES	SECTORIZACION													
	METRADO A EJECUTAR	und.	23.00												
5.02	PERFILADO DE MURO PANTALLA	SECTORIZACION													
	METRADO A EJECUTAR	m2.	301.21	21.22	22.80	23.10	11.70		22.11	23.41	25.80	23.47	23.08	8.45	
5.03	ACERO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 EN	SECTORIZACION													
	METRADO A EJECUTAR	kg.	11370.72			769.86	283.76		750.12	750.12	1044.16	1112.43	1168.20	692.30	
5.04	CAJUELAS DE TECNOPORT 2'x1.22x2.44 m.	SECTORIZACION													
	METRADO A EJECUTAR	m.	115.17			7.80	2.50		7.60	7.60	16.54	10.64	11.49	6.25	
5.05	ENCOFRADO Y DESENCOF. MURO DE	SECTORIZACION													
	METRADO A EJECUTAR	m2.	357.69						34.80	46.21	34.20	30.56	35.81	21.22	
5.06	CONCRETO PREMEZCLADO MURO DE	SECTORIZACION													
	METRADO A EJECUTAR	m3.	112.67						10.96	14.56	10.77	13.59	11.28		

Figura 86. Partidas críticas para hito de estabilización

3.7.1 Metodología de Sistema de anclajes postensados proyectados.

La colocación del anclaje postensado temporal fue una de las primeras actividades que se realizaron para poder iniciar con el tren de actividades. En el proceso tradicional esta actividad se realiza por cada anillo de sótano, es decir ingresan los equipos de perforación, colocación de anclajes e inyección. Luego se retiran de la obra y empieza la construcción del muro hasta que quede tensado, posteriormente se realiza la excavación del siguiente anillo y regresan los equipos, se colocan los anclajes y se inyecta lechada. Este ciclo se repite dependiendo de anillos que exista en un proyecto. (Ver figura 87)

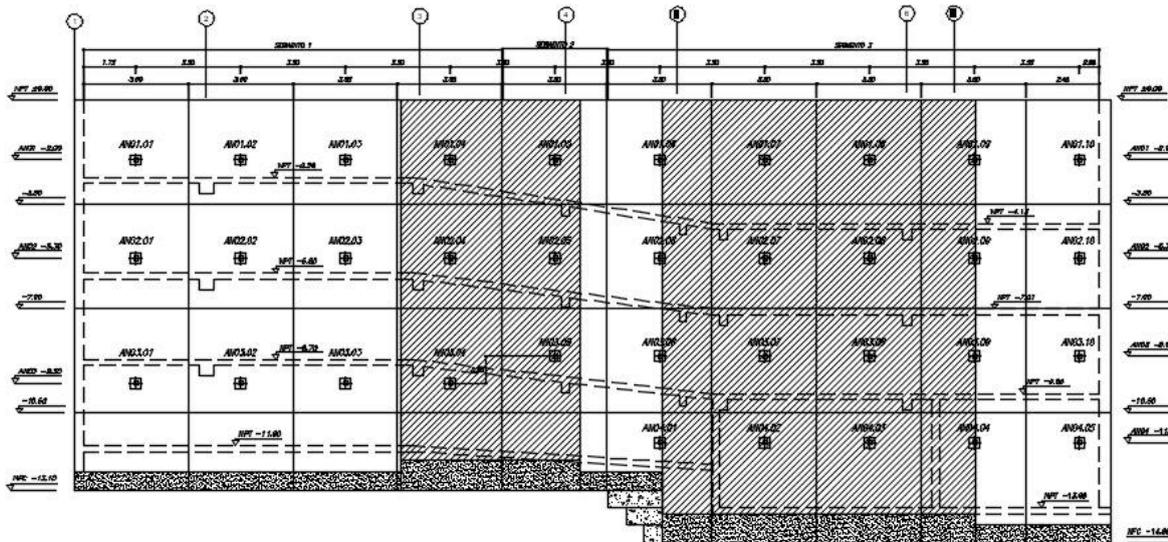


Figura 87. Panelado de muros anclados - Cantidad de anillos en eje D-D

Esto quiere decir que si la partida de anclajes temporales sufre retrasos no se podrá iniciar con la construcción de muros, además que estos equipos ocupan el 60% del espacio de la obra lo cual no permite que la excavadora pueda movilizarse libremente y se continúe con las siguientes actividades del tren de trabajo.



Figura 88. Proyección de anclaje para perforación

El proyecto Residencial Madre Selva tiene cuatro sótanos en los cuales, tres anillos son tensados y uno sin tensar. Para cumplir con la fecha que está proyectada en el cronograma de hitos se programaron tres ingresos de los equipos, en la cual en el primer y segundo anillo el ingreso fue por rampa de tierra y en el tercer anillo los equipos ingresaron con la ayuda de una grúa móvil. (Ver figura 89).



Figura 89. Ingreso de perforadora con grúa móvil

Para poder adelantar el tren de actividades e iniciar con la actividad de perfilado se implementó el método de anclajes postensados proyectados en los ejes 01 - 01 y 06 – 06. (ver figura 90). Se aplicó esta técnica en los anclajes 3.09, 3.10, 3.11, 3.22 y 3.23. Se escogieron esos puntos debido a que la cota de cimentación es mucho menor a comparación de los demás puntos, de esta forma se pudo estabilizar los muros del eje 01-01 y 06-06.

Esto generó que el tren de actividades en el tercer anillo iniciara y las cuadrillas de perfilado, shotcrete, acero y encofrado puedan ejecutar los trabajos en paralelo mientras los demás puntos se iban perforando y colocando los anclajes.

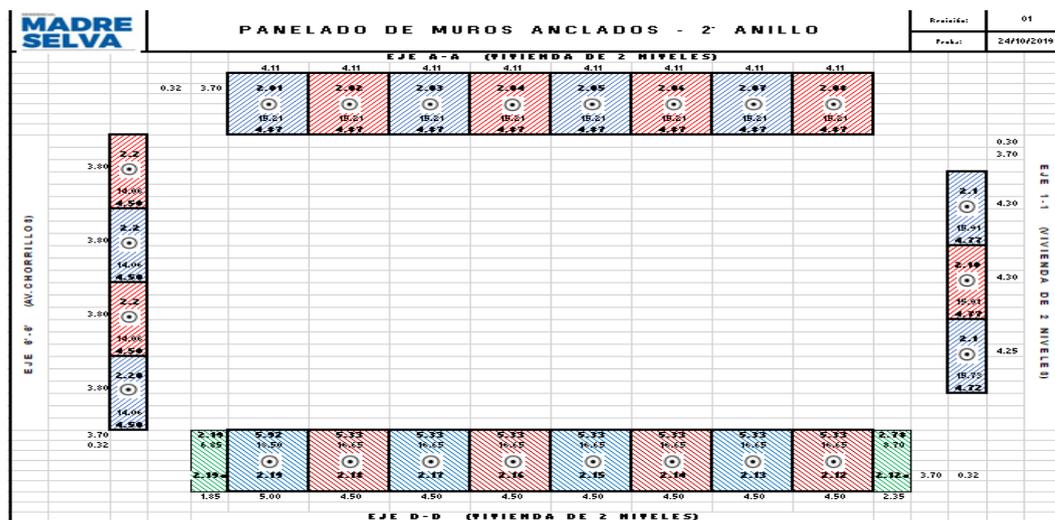


Figura 90. Panelado de muros anclados segundo anillo

El anclaje proyectado fue una técnica muy útil especialmente en el último anillo, esto para evitar el costo de movilización y desmovilización de equipos. Pero tiene un costo adicional debido a que se utiliza mayor metrado de anclaje.

En el proyecto Madre Selva se tuvo un acuerdo comercial con la empresa Flesan y dio la posibilidad de usar hasta un máximo de cinco anclajes proyectados en el segundo y tercer anillo.

En la programación del tercer anillo se contemplaba iniciar las actividades después de la desmovilización de equipos de Flesan anclajes (Ver fig. 91). Pero utilizando el método de anclajes proyectados la actividad de perforación y colocación de anclajes culminó dos días antes de lo programado.

Proyecto: Residencial Madre Selva Cliente: Residencial Madre Selva SAC				Semana 37							Semana 38							Semana 39								
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D		
				23-Set	24-Set	25-Set	26-Set	27-Set	28-Set	17-Set	18-Set	19-Set	20-Set	21-Set	22-Set	23-Set	24-Set	25-Set	26-Set	27-Set	28-Set	29-Set	30			
3.02	EXCAVACION MANUAL	SECTORIZACION																								
		METRADO A EJECUTAR	m3	278.11																						
3.03	RELLENO COMPACTADO A MANO CON	SECTORIZACION																								
		METRADO A EJECUTAR	m3	168.00																						
3.04	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DEF	SECTORIZACION																								
		METRADO A EJECUTAR	m3	126.00																						
4.00	CONCRETO SIMPLE																									
4.01	PAÑETE MORTERO EN MURO PANTALLA	SECTORIZACION																								
		METRADO A EJECUTAR	m2	788.72	11.70	22.80	23.10	21.22	22.11	11.40	8.45	19.34	23.08	18.85	20.15	22.11		10.25	20.15	15.18						
4.02	FALSA ZAPATA	SECTORIZACION																								
		METRADO A EJECUTAR	m3	18.68																						
4.03	SOLADO	SECTORIZACION																								
		METRADO A EJECUTAR	m2	223.46																						
	CONCRETO ARMADO																									
A	MUROS DE CONTENCIÓN 1° ANILLO																									
5.01	ANCLAJES POSTENSADOS TEMPORALES	SECTORIZACION																								
		METRADO A EJECUTAR	und	23.00																						
5.02	LLEGADA DE ACERO A OBRA	SECTORIZACION																								
		METRADO A EJECUTAR	tn	13.05					4.03				4.03													
5.03	PERFILADO DE MURO PANTALLA	SECTORIZACION																								
		METRADO A EJECUTAR	m2	301.21	22.80	23.10	21.22	22.11	23.41	8.45	23.47	23.08	25.80	20.15	22.11	10.25		20.15	23.41							
5.04	ACERO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 80 EN	SECTORIZACION																								
		METRADO A EJECUTAR	kg	11370.72		769.86	750.12	750.12	283.76	692.30	1112.43	1168.20	1044.16	1251.98	901.16		631.09	1106.67	908.86							
5.05	CAJUELAS DE TECNOPORT 2'x1.22x2.44 m.	SECTORIZACION																								
		METRADO A EJECUTAR	m	115.17		7.80	7.60	7.60	2.50	6.25	10.64	11.49	16.54	12.16	8.18		5.56	10.35	8.50							
5.06	ENCOFRADO Y DESENCOF. MURO DE	SECTORIZACION																								
		METRADO A EJECUTAR	m2	357.69			34.80	46.21			21.22	30.56	35.81	34.20	35.25	39.21			52.82	27.63						
5.07	CONCRETO PREMEZCLADO MURO DE	SECTORIZACION																								
		METRADO A EJECUTAR	m3	112.67			10.96	14.56			2.72	13.59	11.28	10.77	11.10	12.35			16.64	8.70						

Figura 91. Look a head del tercer anillo - Tren de actividades

El tren de actividades de las partidas de perfilado en el tercer anillo se manejó en paralelo con la colocación de los anclajes, al tener 5 anclajes proyectados avanzados el plazo de perforación y colocación se redujo a cuatro días. Se muestra el plan semanal del tercer anillo proyectando la salida de flesan anclajes en cuatro días.

 		OBRA: EDIFICIO RESIDENCIAL MADRE SELVA										FECHA: Semana 45	
ID	DESCRIPCION	UND	METRADO	PROGRAMACION							METRADO		
				L	M	M	J	V	S	D	PROGRAMADO	EJECUTADO	
				20	21	22	23	24	25	26			
CONCRETO ARMADO													
A	CONCRETO ARMADO 3° ANILLO												
5.00	MUROS ANCLADOS												
5.01	ANCLAJES POSTENSADOS TEMPORALES	Glb.											
			PROGRAMADO	5.00	4.00	5.00	4.00						
			EJECUTADO	5.00	4.00	5.00	4.00					18.00	
5.02	PERFILADO DE MURO PANTALLA	m2.											
			PROGRAMADO	3.09,3.10	3.12,3.13	3.15,3.16	3.18,3.19	3.21,3.22					
			EJECUTADO	31.82	31.82	31.82	31.82	31.82				159.10	
5.03	ACERO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 EN MURC	kg.											
			PROGRAMADO	3.05,3.06	3.09,3.10	3.12,3.13	3.15,3.16	3.18,3.19					
			EJECUTADO	1046.88	1046.88	1046.88	1046.88	1046.88				5234.39	
5.04	CAJUELAS DE TECNOPORT 2'x1.22x2.44 m.	m.											
			PROGRAMADO	3.05,3.06	3.09,3.10	3.12,3.13	3.15,3.16	3.18,3.19					
			EJECUTADO	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60				43.00	
5.05	ENCOFRADO Y DESENCOF. MURO DE CONTE	m2.											
			PROGRAMADO	3.05,3.06	3.09,3.10	3.12,3.13	3.15,3.16	3.18,3.19					
			EJECUTADO	31.82	31.82	31.82	31.82	31.82				159.10	
5.06	CONCRETO PREMEZCLADO MURO DE CONTE	m3.											
			PROGRAMADO	3.05,3.06	3.09,3.10	3.12,3.13	3.15,3.16	3.18,3.19					
			EJECUTADO	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73				63.64	

Figura 92. Plan semanal del tercer anillo

3.7.2 Metodología de pre armado de acero en campo.

Dentro de la construcción de muros anclados existe mucha variabilidad que afectan el plazo y costo del proyecto. Para reducir la variabilidad se manejan estrategias que minimizan el impacto generado por agentes externos.

Para esto se analizó el sistema de producción de tal manera de reducir incertidumbres, durante el análisis se optó el uso de acero pre armado en obra. (Ver figura 93).



Figura 93. Prearmado de núcleos de placas perimetrales

En el primer anillo se realizó el armado de acero tradicionalmente en el cual las cuadrillas de acero colocaron el acero en el mismo muro. Esta cuadrilla tenía un índice de productividad que variaba desde 0.042 hasta 0.046 kg/m² de acero colocado por día. Pero debido a que los núcleos de las placas perimetrales tenían una cuantía muy elevada, se observó que el procedimiento de armado en muro era más complicado lo cual no aseguraba la producción de tres muros por día.

Esta técnica de prearmado permito armar el acero en banco, amarrarlo y tenerlo listo para izarlo y trasladarlo al muro. Para esto se utilizó la excavadora como equipo de izaje.



Figura 94. Colocación de núcleos prearmados en muro de tercer anillo

3.7.3 Índice de Productividad del acero Pre armado.

Realizando un análisis del rendimiento de la mano de obra se obtuvo que las cuadrillas obtuvieron una mejora del 15 % con respecto al método tradicional. En el método del primer anillo el índice de productividad variaba entre 0.042 – 0.046 HH/Kg (ver figura 95)

DATOS DEL PRESUPUESTO											
Rendimiento	0.046	HH/kg.									
Metrado total	49964.95	kg									
Total HH	2298.39	HH									
Costo HH promedio	17.79	S/.									
Total de Mano de Obra	40888.36	S/.									
	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Lunes	Martes	Jueves	Viernes	Lunes	Martes	
	18/09/2019	19/09/2019	20/09/2019	21/09/2019	23/09/2019	24/09/2019	26/09/2019	27/09/2019	30/09/2019	1/10/2019	
Rendimiento Diario (HH/kg)	0.042	0.044	0.044	0.046	0.046	0.041	0.043	0.039	0.043	0.042	
Rendimiento Acumulado (HH/kg)	0.042	0.043	0.043	0.043	0.044	0.043	0.043	0.042	0.042	0.042	
Rendimiento Presupuesto (HH/kg)	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	
HH diario	26	16	18	8	21	50	36	35	48	28	
Avance diario kg.	622	365.00	408.00	174.00	457.00	1214.00	828.15	904.05	1128.29	672.86	
HH Acumulado	26	42	60	68	89	139	175	210	258	286	
Avance Acumulado kg.	622	987.00	1395.00	1569.00	2026.00	3240.00	4068.15	4972.20	6100.49	6773.35	
HH ganadas/perdidas a la fecha	2.62	0.79	0.77	0.01	0.03	5.85	2.10	6.59	3.91	2.96	
HH ganadas/perdidas acumuladas	2.62	3.41	4.18	4.19	4.22	10.07	12.17	18.76	22.67	25.63	
HH ganadas/perdidas a fin de obra	211	173	150	134	105	156	150	189	186	190	
HH saldo	2273	2257	2239	2231	2210	2160	2124	2089	2041	2013	
Saldo de avance kg.	49343	48978	48570	48396	47939	46725	45897	44993	43865	43192	
Rendimiento proyectado	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.047	0.047	

Figura 95. Cuadro de evaluación de índice de productividad del acero

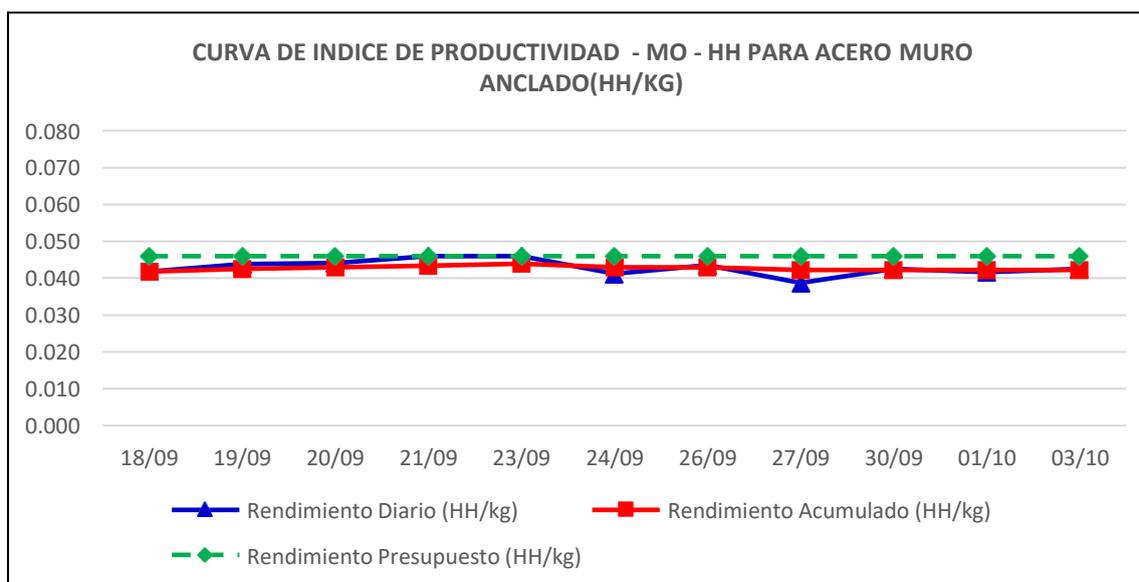


Figura 96. Curva del índice de productividad del acero colocado

En el tercer anillo se elevó el rendimiento de acero colocado por día, el índice de productividad disminuyó, esto generó el cumplimiento del armado de tres muros por día.

DATOS DEL PRESUPUESTO		
Rendimiento	0.046	HH/kg
Metrado total	49964.95	kg
Total HH	2298.39	HH
Costo HH promedio	17.79	S/.
Total de Mano de Obra	40888.36	S/.

INDICE DE PRODUCTIVIDAD EN EL TERCER ANILLO ACERO PREARMADO															
	Miércoles	Jueves	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Sábado	Martes	Miércoles	Viernes	Lunes
	18/09/2019	19/09/2019	12/11/2019	13/11/2019	14/11/2019	15/11/2019	18/11/2019	19/11/2019	20/11/2019	21/11/2019	23/11/2019	26/11/2019	27/11/2019	29/11/2019	2/12/2019
Rendimiento Diario (HH/kg)	0.039	0.066	0.039	0.043	0.039	0.044	0.031	0.032	0.031	0.039	0.036	0.042	0.031	0.040	0.037
Rendimiento Acumulado (HH/kg)	0.039	0.049	0.038	0.039	0.039	0.039	0.039	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038
Rendimiento Presupuesto (HH/kg)	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046
HH diario	24	24	36	62	28	21	18	14	40	28	28	25	25	14.00	24.00
Avance diario kg.	622	365.00	928.18	1443.34	714.52	481.27	578.87	437.52	1273.49	718.62	788.66	590.65	806.30	350.90	653.41
HH Acumulado	24	48	480	542	570	591	609	623	663	691	719	744	769	783	807
Avance Acumulado kg.	622	987.00	12544.67	13988.01	14702.53	15183.80	15762.67	16200.19	17473.68	18192.30	18980.96	19571.61	20377.90	20728.80	21382.21
HH ganadas/perdidas a la fecha	4.62	-7.21	6.70	4.40	4.87	1.14	8.63	6.13	18.59	5.06	8.28	2.17	12.09	2.15	6.06
HH ganadas/perdidas acumuladas	4.62	-2.59	97.13	101.53	106.4	107.54	116.17	122.3	140.89	145.95	154.23	156.4	168.49	170.64	176.7
HH ganadas/perdidas a fin de obra	372	-131	388	363	362	355	369	378	404	402	407	400	414	412	414
HH salido	2275	2251	1819	1757	1729	1708	1690	1676	1636	1608	1580	1555	1530	1516	1492
Saldo de avance kg.	49343	48978	37421	35977	35263	34782	34203	33765	32492	31773	30984	30394	29588	29237	28583
Rendimiento proyectado	0.046	0.046	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.050	0.050	0.051	0.051	0.051	0.052	0.052	0.052

Figura 97. Cuadro de evaluación del índice de productividad del acero prearmado

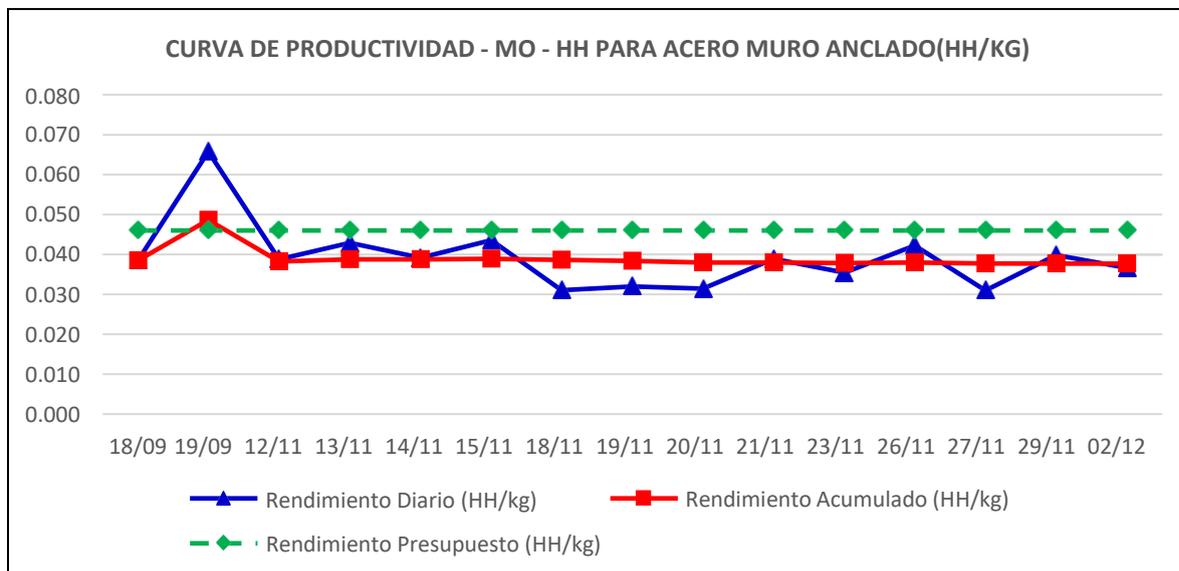


Figura 98. Curva del IP de acero prearmado

3.7.4 Metodología de pre armado de encofrado.

Debido a que la actividad de encofrado fue una de las tareas más importantes y establece el ritmo de la construcción de muros, se buscó la forma de mejorar la productividad mediante el uso de técnicas constructivas industrializadas. Inicialmente en el primer y segundo anillo se realizó el encofrado insitu, es decir los paneles metálicos se colocan directamente después del trazo en la tabla de apoyo de encofrado.



Figura 99. Encofrado insitu sobre trazo en tablón

El ritmo de encofrado y vaciado de paños por día depende del área del proyecto, en proyectos menores 700 m² de área de terreno son considerados pequeños en los cuales el ritmo de producción de encofrado y vaciado se limita dos muros por día.



Figura 100. Cantidad de muros por día según tamaño de proyecto

Fuente: Taller de Estabilización de taludes, Castro (2020)

En el panelado de los muros se visualizaron que existen muros desde cuatro a cinco metros de longitud y una altura de 3.70 metros. En el segundo anillo se tomaron los tiempos de encofrado por cada muro y se tenía el siguiente metrado ejecutado por día. ver tabla 3

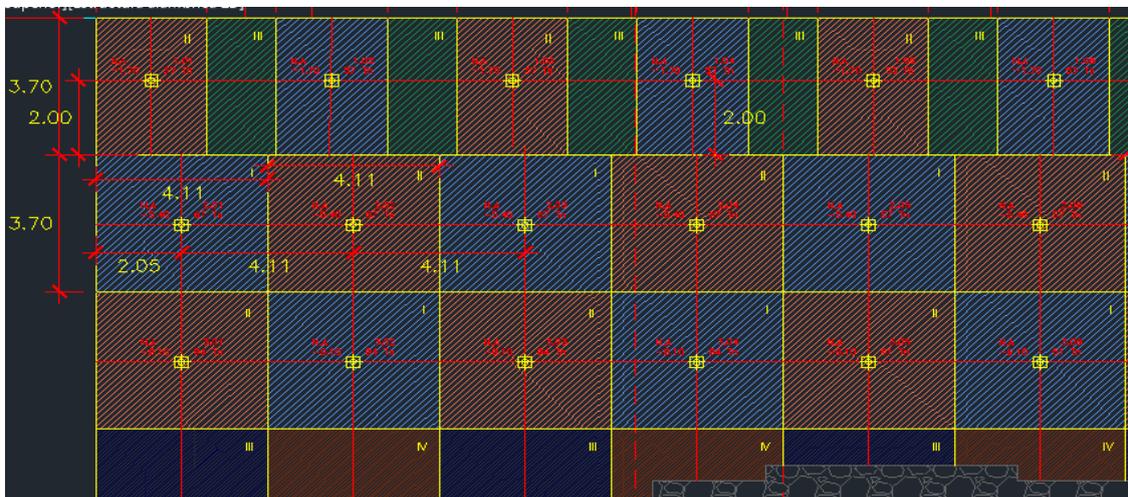


Figura 101. Panelado optimizado de muros anclados

Tabla 3. *Metrado ejecutado en el segundo anillo usando el método tradicional*

Codificación de muro	Und	metrado
Muro 2.01- 2.03	m2	29.6
Muro 2.05 – 2.07	m2	27.75
Muro 2.09 – 2.11	m2	28.55
Muro 2.13 – 2.15	m2	27.25
Muro 2.17 – 2.19	m2	25.55
Muro 2.21 – 2.23	m2	29.70

Se observa en la tabla 3 que el metrado máximo ejecutado por día fue entre 25 a 29 m2 lo cual fue equivalente a dos paños por día.

En el Look a head del proyecto aprobado por la gerencia de obras se observó que el ritmo de encofrado y vaciado de muros es de dos a tres muros por día. En la figura 102 se observa la programación de encofrado de muros el cual inicio el 12 de noviembre y debió finalizar el 22 de noviembre.

En el proyecto debido a restricciones de espacio no se logró llegar a la fecha indicada, el segundo anillo tuvo cuatro días de retraso lo cual impacto en el cronograma de hitos de los anillos programados. En la partida de eliminación masiva se logró recupera un día, pero no se logró recuperar los días de retraso.

Cliente: Residencial Madre Selva SAC				Semana 46							Semana 47						
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	
				11-Nov	12-Nov	13-Nov	14-Nov	15-Nov	16-Nov	17-Nov	18-Nov	19-Nov	20-Nov	21-Nov	22-Nov	23-Nov	
B	MUROS DE CONTENCIÓN 2º ANILLO																
5.07	ANCLAJES POSTENSADOS TEMPORALES	SECTORIZACION															
		METRADO A EJECUTAR	und.	23.00													
5.08	PERFILADO DE MURO PANTALLA	SECTORIZACION															
		METRADO A EJECUTAR	m2	364.82	30.41	30.41	46.25	33.30	49.95								
5.09	ACERO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 EN MUROS DE CONTENCIÓN	SECTORIZACION															
		METRADO A EJECUTAR	kg.	12002.58	1500.93	1000.62	1521.83	1095.57	1643.36								
5.10	CAJUELAS DE TECNOPORT 2'x1.22x2.44 m	SECTORIZACION															
		METRADO A EJECUTAR	m.	94.48	12.30	8.20	12.33	8.22	12.33								
5.11	ENCOFRADO Y DESENCOF. MURO DE CONTENCIÓN 1 CARA h=3.10 m	SECTORIZACION															
		METRADO A EJECUTAR	m2	349.61		30.41	30.41	46.25	33.30								
5.12	CONCRETO PREMEZCLADO MURO DE CONTENCIÓN f'c=280 kg/cm2	SECTORIZACION															
		METRADO A EJECUTAR	m3	111.88		2.11	2.11	2.10	2.02	2.14	2.18	2.21					
5.13	LIMPIEZA DE CUÑAS DE VACIADO	SECTORIZACION															
		METRADO A EJECUTAR	m.	94.49			2.11	2.11	2.10	2.02	2.14	2.16					
5.14	TENSADO DE ANCLAJES	SECTORIZACION															
		METRADO A EJECUTAR	und.	23.00						2.11	2.12	2.06	2.08	2.10	2.02	2.14	2.16
										3.00							

Figura 102. Tren de actividades en segundo anillo

Además, dentro de las partidas existió variabilidad lo cual impacto en el tren de actividades y genero retrasos. Para esto se optó por la técnica de encofrado prearmado para poder asegurar el encofrado y vaciado diario de lo programado en el Look a head.

En el tercer anillo se implementó el encofrado prearmado en el cual una cuadrilla adicional se dedicaba a modular y armar encofrado metálico de tal forma de poder izarlo con la excavadora y poder trasladarlo al paño indicado, la cuadrilla de encofrado prearmado constaba en (02 operarios + 01 ayudante), ellos se encargaban de armar el encofrado.



Figura 103. Armado de paneles para encofrado prearmado

Para poder generar cumplimiento del cronograma se trabajaron dos cuadrillas independientes, una se dedicaba armar y colocar el encofrado prearmado y la otra encofraba en el mismo muro.

Se coordinó que dos paños fueran prearmado y un paño armado en el muro, de esta forma podía cumplirse lo que se programó en el look a head.



Figura 104. Izaje y colocación de encofrado prearmado en muro anclado



Figura 105. Colocación de encofrado en trazo

Se observa en la siguiente tabla el metrado ejecutado por día en el tercer anillo en el cual fue implementado el uso de encofrado prearmado.

Tabla 4. Metrado ejecutado en el tercer anillo con el método de encofrado prearmado

Codificación de muro	und	metrado
Muro 3.01- 3.03-3.05	m2	45.62
Muro 3.07 – 3.09	m2	31.12
Muro 3.11 – 3.13- 3.15	m2	46.21
Muro 3.17 – 3.19	m2	33.30
Muro 3.21 – 3.23-3.02	m2	43.32

Muro 3.04 – 3.06	m2	30.41
Muro 3.08 – 3.10-3.12	m2	46.20
Muro 3.14 – 3.16	m2	33.30
Muro 3.18 – 3.20-3.22	m2	44.47

Se observa en la tabla 4 que el metrado ejecutado por día fue entre 31.12 a 45 m2 lo cual equivale entre dos a tres paños por día.

Con la implementación del método de encofrado prearmado se logró cumplir con el look a head programado y se aumentó aproximadamente un 30% de metrado ejecutado por día, además aumentó la productividad y el rendimiento de la mano de obra.

PARTIDA	UND.									
Encofrado para muro anclado	m2.									
DATOS DEL PRESUPUESTO										
Rendimiento	1.4000	HH/m2.								
Metrado total	1309.95	m2								
Total HH	1833.93	HH								
Costo HH promedio	17.79	S/.								
Total de Mano de Obra	32625.61	S/.								
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
	2/12/2019	3/12/2019	4/12/2019	5/12/2019	6/12/2019	9/02/2019	10/02/2019	11/02/2019	12/02/2019	13/02/2019
Rendimiento Diario (HH/m2)	0.767	0.803	0.866	0.901	0.923	1.052	0.866	0.901	0.931	0.897
Rendimiento Acumulado (HH/m2)	0.767	0.782	0.813	0.832	0.852	0.878	0.876	0.879	0.884	0.885
Rendimiento Presupuesto (HH/m2)	1.400	1.400	1.400	1.400						
HH diario	35	25	40	30	40	32	40	30	31	14
Avance diario m2.	45.62	31.12	46.21	33.30	43.32	30.41	46.20	33.30	33.30	15.60
HH Acumulado	35	60	100	130	170	202	242	272	303	317
Avance Acumulado m2.	45.62	76.74	122.95	156.25	199.57	229.98	276.18	309.48	342.78	358.38
HH ganadas/perdidas a la fecha	28.87	18.57	24.70	16.62	20.65	10.58	24.68	16.62	15.62	7.84
HH ganadas/perdidas acumuladas	28.87	47.44	72.14	88.76	109.41	119.99	144.67	161.29	176.91	184.75
HH ganadas/perdidas a fin de obra	829	810	769	744	718	684	686	683	676	675
HH saldo	1799	1774	1734	1704	1664	1632	1592	1562	1531	1517
Saldo de avance m2.	1265	1234	1187	1154	1111	1080	1034	1001	968	952
Rendimiento proyectado	1.422	1.438	1.461	1.477	1.498	1.511	1.540	1.560	1.582	1.593

Figura 106. Índice de productividad del sistema de encofrado mixto

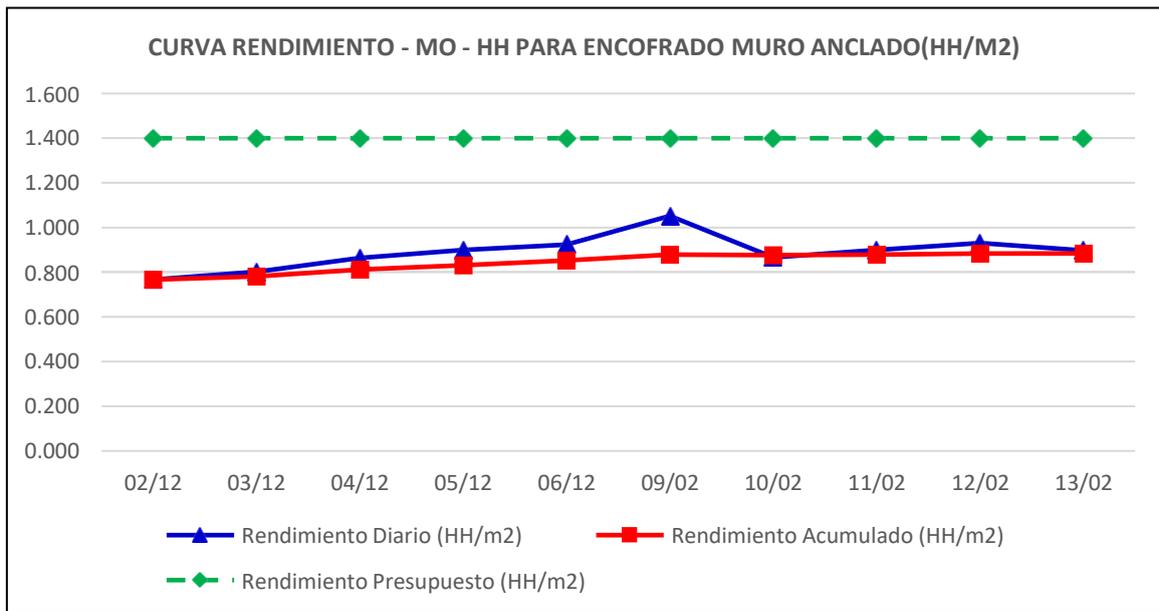


Figura 107. Curva de IP de encofrado mixto

Con respecto al Izaje del encofrado prearmado se utilizó mayor cantidad de horas máquina, pero no se sobrepasó el mínimo de horas que se estableció en el contrato.

3.8 Respeto a la confiabilidad en los plazos de ejecución usando la metodología Lean Construction en la construcción de muros anclados en los sótanos del proyecto Residencial Madre Selva

En los capítulos anteriores se mostraron los procedimientos de trabajo implementados y las metodologías constructivas para poder optimizar el tiempo y mejorar la productividad en todas las actividades críticas. Para complementar la gestión del proyecto no fue suficiente con implementar procesos de mejora, se necesitó una herramienta de gestión que ayude a dar confiabilidad a la programación de obra. De esta forma el flujo y el proceso se volvió más eficiente. La herramienta usada fue Last Planner System una herramienta potente que pertenece a la metodología Lean Construction.

CRONOGRAMA DE HITOS				
PROYECTO:		EDIFICIO MADRE SELVA		
UBICACIÓN:		AV. CHORRILLOS N° 150 - CHORRILLOS		
INICIO DE PROYECTO:		12/08/19		
ÍTEM	HITO	DIAS	META	
ESTABILIZACIÓN DE TALUDES Y CONSTRUCCION DE MUROS ANCLADOS				
1	INICIO DE OBRA		12/08/19	
2	OBRAS PROVISIONALES Y PRELIMINARES	20	12/08/19	01/09/19
3	EXCAVACIONES MASIVAS 1° SOTANO	6	26/08/19	01/09/19
4	ANCLAJE 1° SOTANO	6	02/09/19	08/09/19
5	MUROS ANCLADOS 1° SOTANO	13	09/09/19	22/09/19
6	EXCAVACIONES MASIVAS 2° SOTANO	6	23/09/19	29/09/19
7	ANCLAJE 2° SOTANO	6	30/09/19	06/10/19
8	MUROS ANCLADOS 2° SOTANO	13	07/10/19	20/10/19
9	EXCAVACION MASIVA 3° SOTANO	6	21/10/19	27/10/19
10	ANCLAJE 3° SOTANO	6	28/10/19	03/11/19
11	MUROS ANCLADOS 3° SOTANO	13	04/11/19	17/11/19
12	EXCAVACION MASIVA 4° SOTANO	6	18/11/19	24/11/19
13	MUROS ANCLADOS 4° SOTANO	20	25/11/19	15/12/19
CONSTRUCCIÓN DE TORRE				
14	ZAPATAS Y CIMIENTOS ARMADOS	27	02/12/19	29/12/19
15	CISTERNA	20	09/12/19	29/12/19
16	SOTANO 4	34	23/12/19	26/01/20
17	SOTANO 3	13	27/01/20	09/02/20
18	SOTANO 2	13	03/02/20	16/02/20
19	SOTANO 1	20	10/02/20	01/03/20
20	1ER PISO	6	02/03/20	08/03/20
21	2do PISO	6	09/03/20	15/03/20
22	3er PISO	6	16/03/20	22/03/20
23	4to PISO	6	23/03/20	29/03/20
24	5to PISO	6	30/03/20	05/04/20
25	6to PISO	6	06/04/20	12/04/20
26	7mo PISO	6	13/04/20	19/04/20
27	8vo PISO	6	20/04/20	26/04/20
28	9mo PISO	6	27/04/20	03/05/20
29	10mo PISO	6	04/05/20	10/05/20
30	11mo PISO	6	11/05/20	17/05/20
31	12mo PISO	6	18/05/20	24/05/20
32	AZOTEA	6	25/05/20	31/05/20
ACABADOS HUMEDOS Y ALBAÑILERIA				
33	ALBAÑILERIA	111	27/04/20	16/08/20
34	TARRAJEO DE CIELO RASO	90	06/04/20	05/07/20
35	TARRAJEO INTERIOR	104	30/03/20	12/07/20
36	TARRAJEO EXTERIOR (FACHADAS)	90	08/06/20	06/09/20
37	CONTRAPISOS	97	25/05/20	30/08/20
38	ENCHAPE	90	29/06/20	27/09/20
39	PINTURA INTERIOR	167	01/06/20	15/11/20
ACABADOS SECOS E INSTALACIONES				
40	MUEBLE BAJOS Y ALTOS, CLOSETS MELAMINE	90	06/07/20	04/10/20
41	CLOSET	90	13/07/20	11/10/20
42	MUEBLE ALTO	90	20/07/20	18/10/20
43	GRANITO COCINA, MARMOL Y VARIOS	90	27/07/20	25/10/20
44	PUERTAS	90	03/08/20	01/11/20
45	CARPINTERIA METALICA Y CERRAJERIA	139	13/07/20	29/11/20
46	VENTANAS Y MAMPARAS	118	10/08/20	06/12/20
47	PISO LAMINADO Y ZOCALO	97	24/08/20	29/11/20
48	ACABADO EN FACHADA PRINCIPAL	104	17/08/20	29/11/20
ACABADOS Y EQUIPAMIENTO EN SOTANOS				
49	EQUIPAMIENTO	139	27/07/20	13/12/20
50	INST. SANITARIAS	426	09/09/19	08/11/20
51	INST. ELECTRICAS	433	09/09/19	15/11/20
52	ASCENSOR	125	13/07/20	15/11/20
53	AREAS COMUNES Y CONTROL CALIDAD	199	30/04/20	15/11/20
54	LIMPIEZA FINA, SEÑALES Y OTROS	83	28/09/20	20/12/20

Figura 109. Cronograma por fases del plan maestro

Como se observó en el plan maestro se colocaron los hitos más importantes y el cronograma de hitos detallado, se observaron todas las actividades desde inicio a fin del proyecto. De esta forma se pudo llevar un mejor control de los tiempos del proyecto. Con el cronograma de hitos se elaboró el look a head planning para cada hito. Para la construcción de muros anclados se empleó un look a head por cada anillo, en el cual se tuvo como plazo un mes por cada anillo.

3.8.3 Look a head Planning.

Se utilizo esta herramienta la cual ayudo a llevar un mejor control del tiempo de las actividades, se realizó una programación a 4 semanas involucrando las partidas más críticas e incluyendo los nuevos procedimientos de trabajo (ver figura 110). Esto ayudo a identificar las restricciones y se procedió a diseñar el sistema de producción de la obra.

Debido a la alta variabilidad de los proyectos, se utilizó el día sábado como Buffer y solo se programaron actividades productivas de lunes a viernes. Previamente al look a head se realizó una reunión colaborativa y una coordinación con los involucrados en la fase de muros anclados.

Proyecto: Residencial Madre Selva			Semana 37							Semana 38							Semana 39							Semana 40							
ITEM	DESCRIPCION	UMD METRADO	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	
2.84	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	m.caf	11.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
3.88	MOMENTO DE TIERRAS																														
3.89	EDIFICACION MASERA	m.3	1780.00																												
3.92	EDIFICACION MANUAL	m.3	278.11																												
3.93	RELLENO COMPACTADO A MANO CON MATERIAL	m.3	368.00																												
3.94	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTA	m.3	126.00																												
4.88	CONCRETO SIMPLE																														
4.91	PARTEO HORTERO EN MURO PANTALLA	SECTORIZACION																													
4.92	FALSA ZAPATA	m.2	709.63																												
4.93	SOLIDADO	m.3	18.68																												
4.94	CONCRETO ARMADO	m.2	223.46																												
5.88	MUROS DE CONTENCIÓN + ANILLO																														
5.89	ANCLAJES POSTENSADOS TEMPORALES	SECTORIZACION																													
5.92	PERFILADO DE MURO PANTALLA	SECTORIZACION																													
5.93	ACEROS FT-42W 1/2" x 1.20m 2 GRADO 1 EN MUROS DE	m.2	301.21																												
5.94	CAJUELOS DE TECHOPORT 1" x 22 x 2.44m	SECTORIZACION																													
5.95	ENCIFRADO DE SENOS DE MURO DE CONTENCIÓN	SECTORIZACION																													
5.96	CONCRETO PREMEZCLADO MURO DE CONTENCIÓN	SECTORIZACION																													

Figura 110. Look a head del tercer anillo

3.8.4 Análisis de restricciones.

El análisis de restricciones fue uno de los métodos más aplicados e importantes para poder identificar los posibles retrasos o agentes que afecten la producción. Después de elaborar el Look a head se realizó una reunión colaborativa con los encargados de campo (ver figura

111) para evaluar la programación y realizar el análisis de restricciones, esto fue fundamental para poder cumplir con la programación del siguiente mes.



Figura 111. Reunión colaborativa para evaluación de restricciones en obra

Después de tomar las restricciones de cada contratista se asignó responsables en cada área para su levantamiento, esto con la finalidad de que la programación de la siguiente semana este totalmente liberada y se pueda cumplir con el tiempo establecido.

Tabla 5. Restricciones generales del proyecto

Restricciones generales	Tipo	Abreviatura
Verificar si el personal de obra y staff cuentan con la cantidad necesaria para el proyecto.	Mano de obra	M.O
Revisar que todos los materiales encuentren en obra, si no lo están hacerle seguimiento.	Materiales	M
Verificar si se encuentran los equipos y herramientas necesarios para el proyecto.	Equipos	E
Revisar si se tienen los subcontratos adjudicados de las actividades próximas a realizar	Subcontratos	S/C
Revisar si se cuenta con el expediente técnico completo, especificaciones técnicas, planos etc.	Oficina de Ingeniería	O.I
Para todas las actividades que se planifiquen, verificar que cumplan con todos los requisitos de seguridad.	Seguridad	S
Verificar si se cuentan con todos los permisos y licencias necesarias para la obra	Permiso y licencias	P Y L

En la tabla número 5 se muestran las restricciones generales que existieron en el proyecto Residencial Madre Selva.

3.8.5 Plan Semanal.

En esta etapa se llevó la ejecución de lo que se programó en el Look a head, para que este plan funcionara se evaluaron todas las restricciones, los contratistas como últimos planificadores asumieron la responsabilidad de levantar las restricciones (materiales, mano de obra, equipos etc.) y se programaron las actividades a ejecutar.

De esta forma se generó confiabilidad en la programación semanal, pero aun así existieron agentes externos que afectaron la programación semanal, en la etapa de muros anclados hubo situaciones donde se canceló la atención de concreto por falta de disposición de planta, retrasos por cancelaciones de despacho de acero, entre otros. Para este tipo de retrasos se utilizó el día sábado como buffer, de esta forma se logró cumplir con el 100% de las actividades.

ID		DESCRIPCION	UND	METRADO	L	M	M	J	V	S	D	PROGRAMADO	EJECUTADO
					20	21	22	23	24	25	26		
OBRA: EDIFICIO RESIDENCIAL MADRE SELVA													
PLAN SEMANAL													
												FECHA: Semana 45 (20 al 26/0)	
PROGRAMACION												METRADO	
CONCRETO ARMADO													
A CONCRETO ARMADO 3° ANILLO													
5.00 MUROS ANCLADOS													
5.01		ANCLAJES POSTENSADOS TEMPORALES	Glb.										
				PROGRAMADO	5.00	4.00	5.00	4.00	4.00			22.00	22.00
				EJECUTADO	5.00	4.00	5.00	4.00	4.00				
5.02		PERFILADO DE MURO PANTALLA	m2.		3.09,3.10	3.12,3.13	3.15,3.16	3.18,3.19	3.21,3.22			159.10	0.00
				PROGRAMADO	31.82	31.82	31.82	31.82	31.82				
				EJECUTADO									
5.03		ACERO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60 EN MURO	kg.		3.05,3.06	3.09,3.10	3.12,3.13	3.15,3.16	3.18,3.19			5234.39	0.00
				PROGRAMADO	1046.88	1046.88	1046.88	1046.88	1046.88				
				EJECUTADO									
5.04		CAJUELAS DE TECNOPORT 2"x1.22x2.44 m.	m.		3.05,3.06	3.09,3.10	3.12,3.13	3.15,3.16	3.18,3.19			43.00	0.00
				PROGRAMADO	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60				
				EJECUTADO									
5.05		ENCOFRADO Y DESENCOF. MURO DE CONTE	m2.		3.05,3.06	3.09,3.10	3.12,3.13	3.15,3.16	3.18,3.19			159.10	0.00
				PROGRAMADO	31.82	31.82	31.82	31.82	31.82				
				EJECUTADO									
5.06		CONCRETO PREMEZCLADO MURO DE CONTE	m3.		3.05,3.06	3.09,3.10	3.12,3.13	3.15,3.16	3.18,3.19			63.64	0.00
				PROGRAMADO	12.73	12.73	12.73	12.73	12.73				
				EJECUTADO									

Figura 112. Plan semanal del tren de actividades del tercer anillo



Figura 113. Reuniones colaborativas con contratistas de obra

3.8.6 Plan Diario.

Para llevar un mejor control de la producción y generar el cumplimiento diario de las actividades programadas durante la semana, se usó esta herramienta.

Durante el proyecto utilice esta hoja para poder coordinar con los capataces y encargados de frente de trabajo (Ver figura 114), se tuvieron reuniones diarias de 5 a 10 minutos con la finalidad de generar compromisos diarios, mejora de rendimientos y opiniones de todas las cuadrillas. De esta forma todo el equipo de trabajo y las cuadrillas tuvieron conocimiento de lo que se ejecutara al día.

Al tener una meta diaria género que las cuadrillas de trabajo sean más eficientes.



Figura 114. Reunión de coordinación diaria

3.8.7 Porcentaje de plan cumplido o PPC.

Se utilizó este indicador para medir la confiabilidad de los trabajos programados semanalmente, dentro de la etapa de muros anclados existieron siete actividades críticas que deben programarse diariamente, en el proyecto se tuvieron tareas incumplidas y se evaluaron las causas para no cometer el mismo error en la siguiente semana. De esta forma se generó un historial de este PPC, la empresa maneja un PPC DE 80%, pero al no ejecutarse el 100% de actividades, esto sigue impactando en el plazo. Dentro la obra se realizó un análisis de lo programado vs lo ejecutado semanalmente y se obtuvo los siguientes resultados.

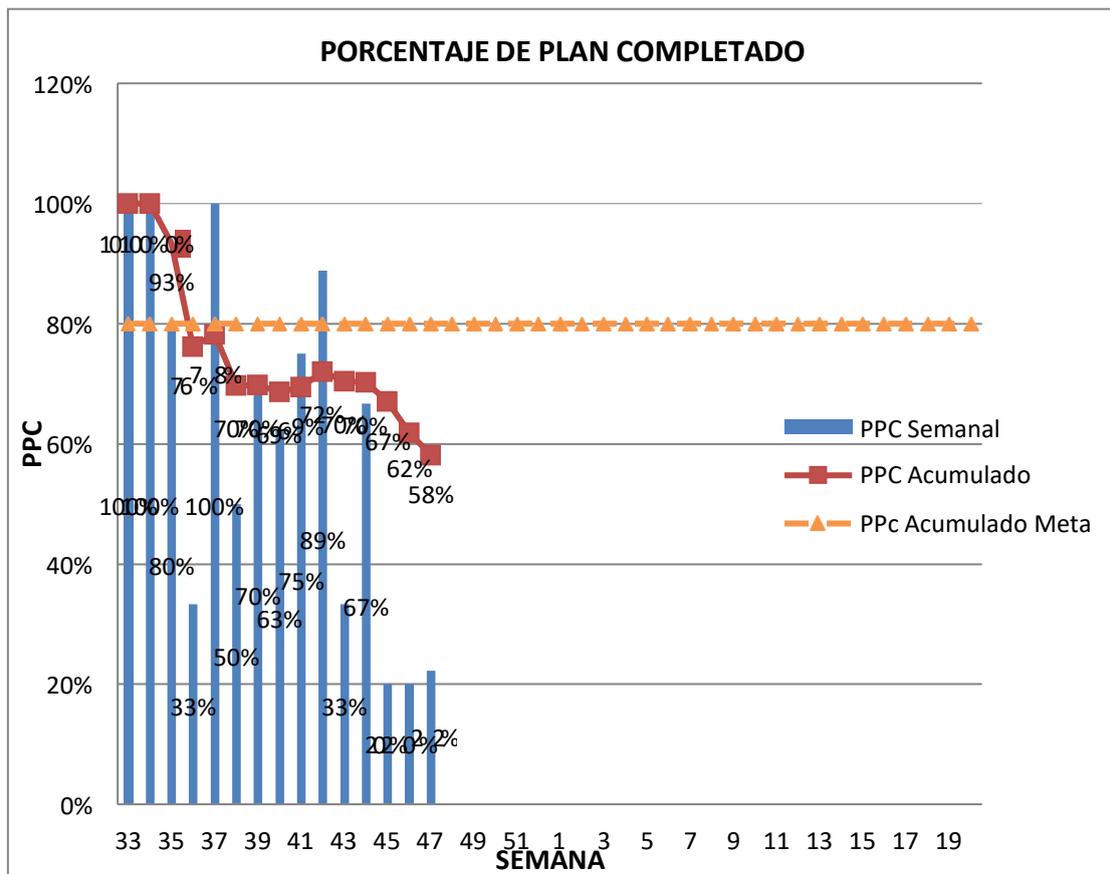


Figura 115. Porcentaje acumulado de PPC hasta el segundo anillo

Para aumentar la confiabilidad de la programación se evaluaron las causas de incumplimiento de las actividades programadas, obteniendo como análisis el siguiente cuadro (ver figura 116), se observa que la partida de perfilado de banquetas con excavadora es la tarea que inicia el tren de actividades, pero si no se inicia todo el tren no puede iniciar.

OBRA: EDIFICIO RESIDENCIAL MADRE SELVA										
ANÁLISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO - PORCENTAJE DE PLAN COMPLETADO (PROGRAMADO)										
ID	DESCRIPCIÓN	UMD	METRADO		AVANCE DIARIO %	ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO				
			PROGRAMADO	EJECUTADO		CUMPLIMIENTO		CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	DESCRIPCIÓN DE LAS CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA
						SI	NO			
1.00	OBRAS PROVISIONALES									
2.00	OBRAS PRELIMINARES									
2.03	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL Y DURANTE LA	m2	0.06	0.06	100%	x				
4.00	CONCRETO SIMPLE									
4.01	PAÑETE MORTERO EN MURO PANTALLA	m2	130.19	86.84	46%	x		PREV	Falta de paños liberados, generando que las	Reprogramación de los trabajos a la semana 48
	CONCRETO ARMADO 2° ANILLO									
5.00	MUROS DE CONTENCIÓN									
5.02	PERFILADO DE MURO PANTALLA	m2	130.19	86.84	46%	x		SC	Los trabajos están limitados por el tamaño de la cucharera de la excavadora, de contrata CTL. Esto ha venido generando retraso por la demora en la ejecución.	Reprogramación de los trabajos a la semana 48
5.03	ACERO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 EN MUROS DE CONTENCIÓN	kg.	6441.16	4525.72	70%	x		SC	El día 18/11 cuadrilla incompleta, limitando los trabajos en el día.	Contrata se ha comprometido a entrar con 5 personas para mejorar el rendimiento. Reprogramación de los trabajos a la semana 48.
5.04	CAJUELAS DE TECNOPORT 2'x1.22x2.44 m.	m.	51.25	35.62	70%	x		PREV	Falta de paños liberados, generando que las tareas no se cumplan.	Reprogramación de los trabajos a la semana 48.
5.05	ENCOFRADO Y DESENCOF. MURO DE CONTENCIÓN I	m2	173.01	104.38	60%	x		PREV	Falta de paños liberados, generando que las tareas no se cumplan.	Reprogramación de los trabajos a la semana 48.
5.06	CONCRETO PREMEZCLADO MURO DE CONTENCIÓN	m3.	60.55	32.99	54%	x		PREV	Falta de paños liberados, generando que las tareas no se cumplan.	Reprogramación de los trabajos a la semana 48.
5.06	LIMPIEZA DE CUÑAS DE VACIADO	m.	33.26	36.34	109%	x				
5.07	TENSADO DE ANCLAJES	m3.	10.00	8.00	80%	x		PREV	Falta de paños liberados, generando que las tareas no se cumplan.	Reprogramación de los trabajos a la semana 48.
ANÁLISIS DE COMPETITIVIDAD SEMANAL		22%	PORCENTAJE DE AVANCE DE OBRA SEMANAL		71%	2	7			
						22%	78%			

Figura 116. Causas de incumplimiento de la programación semanal

Como se observa en la figura 116, se tuvieron retrasos por actividades previas como el perfilado de banquetas con excavadora, eliminación de material excedente. Esta programación no se cumplió debido a que la excavadora dejó de funcionar por falta de mantenimiento. Para el tercer anillo se documentaron las fichas técnicas del mantenimiento de la excavadora. Esto garantizo que los equipos puedan realizar las actividades programadas.

Capítulo IV. Resultados

4.1 Resultado 1: Respecto a la implementación de procedimientos de trabajo para la mejora de la productividad.

En la actividad de perfilado de muros se mejoró el proceso usando la banqueta como andamio, el índice de productividad bajo y el rendimiento de la mano de obra aumento.

El rendimiento del presupuesto meta era de 20 m²/día con una ratio de productividad de 0.80HH/m².

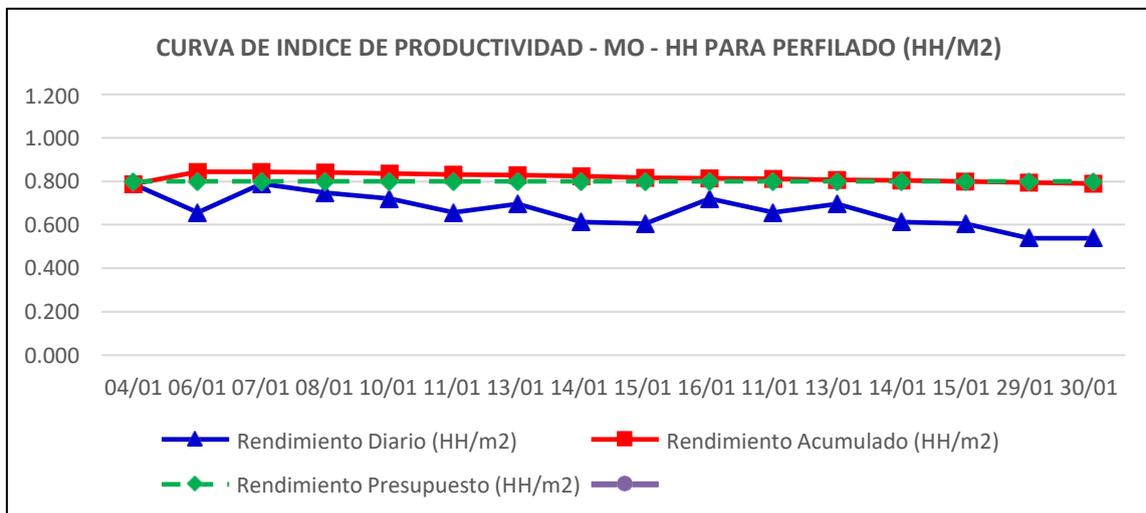


Figura 117. Curva de IP de perfilado en primer anillo

Aplicando el método de mejora se obtuvo un rendimiento estimado entre 24 - 25 m² y un ratio de productividad que varía entre 0.7 hasta 0.75 hh/m².

Colocación de cama de arena, este proceso dio como resultado la optimización de las horas hombre en la partida de limpieza de fondo de muro y mejoro la calidad del muro anclado. En el primer anillo se invirtió en total 24 horas hombre de peón en total para realizar la limpieza del fondo de muro. El precio unitario para esa partida adicional fue de S/. 2.50 por metro lineal. El equivalente a costo fue un promedio de S/. 480 que no estuvo contemplado en el presupuesto.

En el tercer anillo se redujo a 3 horas en total, debido a que existen 24 paños en todo el panelado y cada paño tomo un promedio de 10 minutos en realizar la limpieza del muro. El costo de la hora hombre fue de 0.63 soles por metro lineal.

Con respecto a la cuña de vaciado no se generaron resultados numéricos, pero se mejoró la calidad de la unión entre el superior e inferior.

Con respecto al encofrado de cachimba y colocación de panel de corte se obtuvo mayor productividad usando el método, el rendimiento aumento aproximadamente de 15 ml a 24 ml, esto fue aproximadamente un 60%.

4.2 Resultado II: Respecto a la generación del cumplimiento del cronograma de obra mediante uso de técnicas constructivas en la construcción de muros anclados.

4.2.1 Resultado 2.1. Respecto al uso de anclajes proyectados.

Después de aplicar esta metodología en el tercer anillo, se obtuvo un adelanto de dos días en el plazo de ejecución, la actividad de perfilado del tercer anillo debió iniciar el 15 de diciembre, pero al emplear la técnica de anclajes proyectados inicio el 13 de diciembre del 2019. Esto genero un adelanto en todo el tren de actividades. Los anclajes 3.09,3.10,3.11,3.22 y 3.23 fueron escogidos debido a que la cota de cimentación se encontraba a -13.00 metros. Al tener los paños ya liberados con el anclaje colocado se ejecutó el muro incluyendo la cimentación.

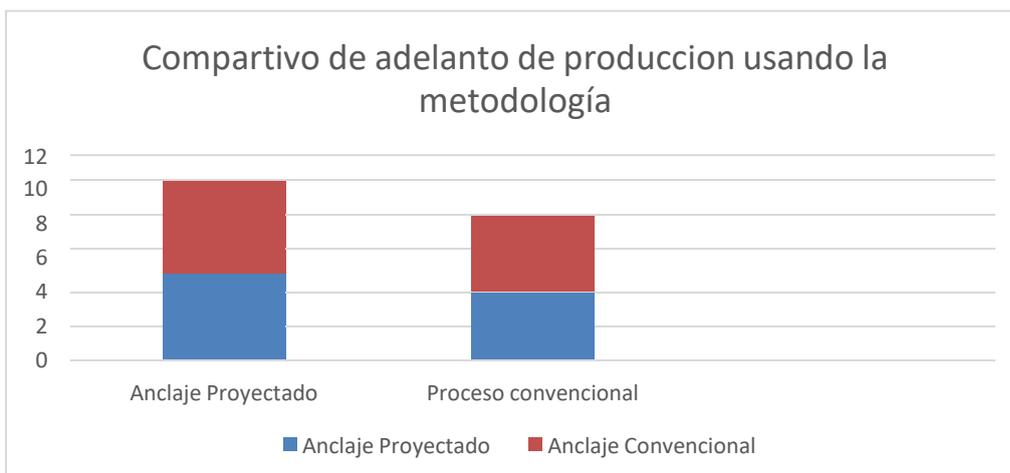


Figura 118. Comparativo de productividad usando el sistema de anclajes proyectados

Con respecto al costo de la mano de obra se obtuvo optimización de horas hombre de ayudante.

En la siguiente tabla se observa el costo unitario de la cuadrilla de perfilado.

Tabla 6. Costo unitario de la mano de obra de perfilado

Partida	01.03.07		PERFILADO DE MURO PANTALLA				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 20.0000	EQ. 20.0000	Costo unitario directo por: m2			13.45
Código	Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.8000	16.01	12.81
							12.81
Equipos							
03080100010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	12.81	0.64
							0.64

Considerando que el proyecto tuvo dos cuadrillas de perfilado por día, se obtiene que el costo de hora hombre optimizado por día es S/. 228.65, en total se optimizo un costo de S/. 457.30.

4.2.2 Resultado 2.2. Respecto al uso de acero prearmado.

Luego de emplear esta metodología se lograron varios resultados satisfactorios, se mejoró el sistema de producción de los muros anclados, se obtuvo un mayor rendimiento e índice de

productividad de la mano de obra. Se garantizo el cumplimiento del hito de fin del tercer anillo.

Debido a que usando esta metodología se obtuvo un mayor rendimiento de la mano de obra también se redujo el costo de las horas hombre por anillo.

Realizando un análisis del rendimiento de la mano de obra se obtuvo que las cuadrillas obtuvieron una mejora del 15 % con respecto al método tradicional. En el método del primer anillo el índice de productividad variaba entre 0.042 – 0.046 HH/Kg (ver figura 119)

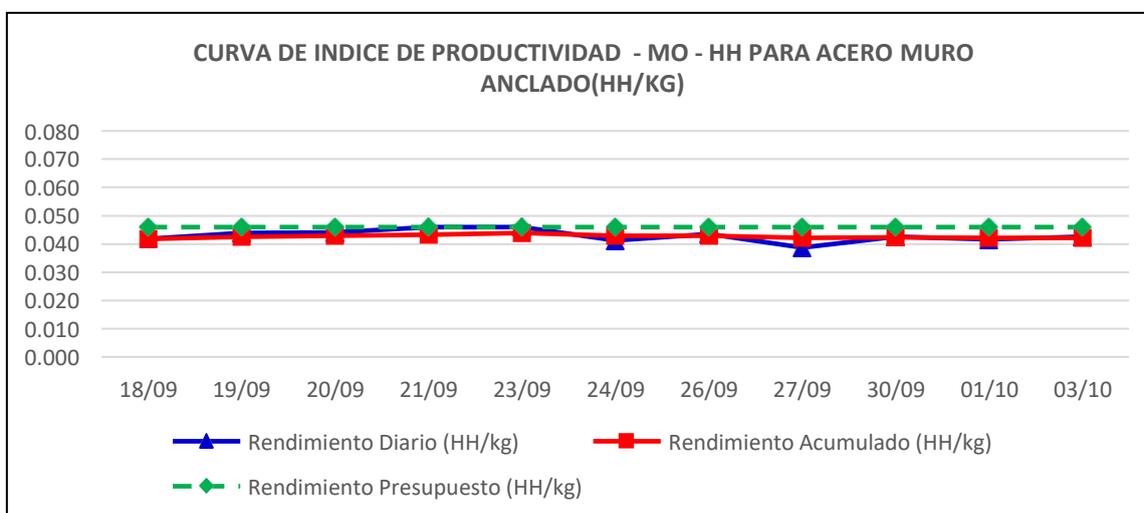


Figura 119. Curva de productividad y rendimiento de acero

Al inicio del proyecto el costo de la mano de obra por cuadrilla era de S/. 0.96 por kilogramo de acero colocado, en este costo unitario se contemplaba el rendimiento de 300 kg/día de acero colocado.

Tabla 7. Costo unitario del acero colocado en obra

Partida	01.05.01.01.03 ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 EN MUROS ANCLADO						
Rendimiento	kg/DIA	MO. 300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por: kg		3.48	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Materiales							
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16		kg		0.0500	2.90	0.15

0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1.0500	2.26	2.37
					2.52
Subcontratos					
04010200040002	SC ACERO CORRUGADO EN MUROS ANCLADOS	kg	1.0000	0.86	0.96
					0.96

Después de utilizar el método de acero prearmado el rendimiento por cuadrilla subió a 380 kg/día de acero colocado.

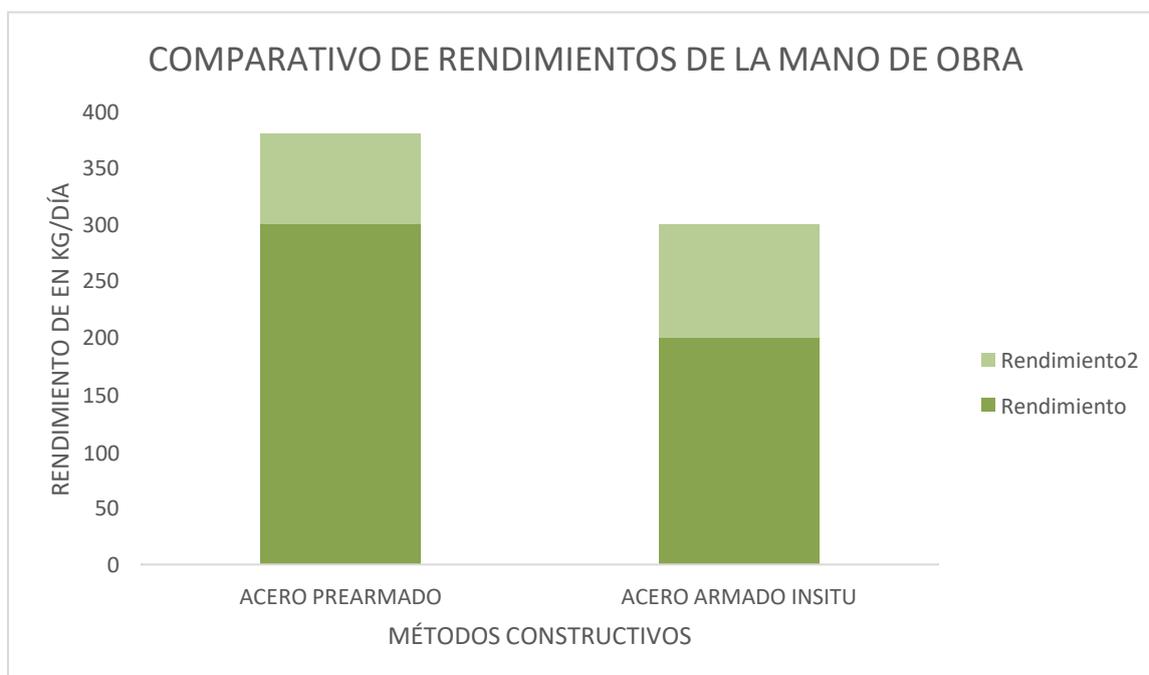


Figura 120. Comparativo del rendimiento de la mano de obra

Realizando un nuevo análisis de costos unitarios con los rendimientos de acero prearmado se obtuvo que el costo de unitario de la mano de obra se redujera a S/. 0.76 de acero colocado por día.

Tabla 8. *Costo unitario utilizando el método de acero prearmado*

Partida	01.05.01.01.03		ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60 EN MUROS ANCLADO					
Rendimiento	kg/DI	MO.	380.000	EQ	380.000	Costo unitario directo por: kg		0.76
Código	Descripción	Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra								
0204030001	Operario			kg	1.0000	0.0224	17.00	0.38
0204030002	Oficial			kg	1.0000	0.0224	14.00	0.31

Finalmente se recalculo el costo parcial de la partida de colocación de acero utilizando el nuevo precio unitario en el tercer y cuarto anillo.

El metrado de acero del tercer y cuarto anillo fue de 26027 Kg,

Tabla 9. *Optimización de costo usando acero prearmado en obra*

Partida	01.05.01.01.03		ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm ² GRADO 60 EN MUROS ANCLADO					
Rendimiento	kg/DI	MO.	380.000	EQ	380.000	Monto ahorrado con acero prearmado:		5,205.40
Código	Descripción	Recurso		Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial	Diferencia
Descripcion								
0204030001	Acero prearmado en obra			kg	26,027.000	0.7600	19,780.52	
0204030002	Acero colocado insitu			kg	26,027.000	0.9600	24,985.92	5,205.40

Como se observa en el cuadro, se obtuvo un ahorro de 5205.40 soles.

4.2.3 Resultado 2.3. Respecto al uso de encofrado prearmado.

Luego de emplear esta metodología se lograron varios resultados satisfactorios, se mejoró el sistema de producción de los muros anclados, se obtuvo un mayor rendimiento e índice de

productividad de la mano de obra. Se garantizo el cumplimiento del hito de fin del tercer anillo.

Debido a que usando esta metodología se obtuvo un mayor rendimiento de la mano de obra también se redujo el costo de las horas hombre por anillo.

Con la implementación del método de encofrado prearmado se logró cumplir con el look a head programado y se aumentó la productividad en casi 30%, de tal manera que se lograron ejecutar hasta tres muros por día en un terreno pequeño.

El índice de productividad disminuyo a 0.885 HH/m² y el rendimiento de encofrado por día fue entre 43 a 45 m². Ver tabla. 04

Tabla 10. *Índice de productividad del encofrado prearmado*

PARTIDA	UND.									
Encofrado para muro anclado	m ² .									
DATOS DEL PRESUPUESTO										
Rendimiento	1.4000	HH/m ² .								
Metrado total	1309.95	m ²								
Total HH	1833.93	HH								
Costo HH promedio	17.79	S/.								
Total de Mano de Obra	32625.61	S/.								
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
	2/12/2019	3/12/2019	4/12/2019	5/12/2019	6/12/2019	9/02/2019	10/02/2019	11/02/2019	12/02/2019	13/02/2019
Rendimiento Diario (HH/m²)	0.767	0.803	0.866	0.901	0.923	1.052	0.866	0.901	0.931	0.897
Rendimiento Acumulado (HH/m²)	0.767	0.782	0.813	0.832	0.852	0.878	0.876	0.879	0.884	0.885
Rendimiento Presupuesto (HH/m²)	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400	1.400
HH diario	35	25	40	30	40	32	40	30	31	14
Avance diario m ² .	45.62	31.12	46.21	33.30	43.32	30.41	46.20	33.30	33.30	15.60
HH Acumulado	35	60	100	130	170	202	242	272	303	317
Avance Acumulado m ² .	45.62	76.74	122.95	156.25	199.57	229.98	276.18	309.48	342.78	358.38
HH ganadas/perdidas a la fecha	28.87	18.57	24.70	16.62	20.65	10.58	24.68	16.62	15.62	7.84
HH ganadas/perdidas acumuladas	28.87	47.44	72.14	88.76	109.41	119.99	144.67	161.29	176.91	184.75
HH ganadas/perdidas a fin de obra	829	810	769	744	718	684	686	683	676	675
HH saldo	1799	1774	1734	1704	1664	1632	1592	1562	1531	1517
Saldo de avance m ² .	1265	1234	1187	1154	1111	1080	1034	1001	968	952
Rendimiento proyectado	1.422	1.438	1.461	1.477	1.498	1.511	1.540	1.560	1.582	1.593

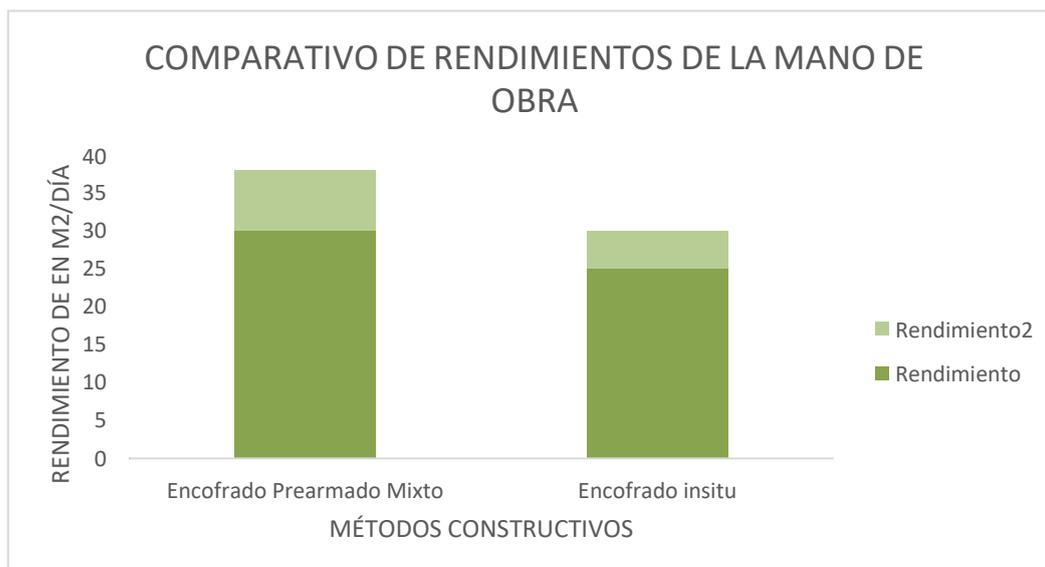


Figura 121. Comparativo de rendimiento de la mano de obra en encofrado

Con respecto al costo de la partida de encofrado en muro anclado al obtener un mayor rendimiento de la mano de obra, genera que el costo unitario de la partida sea un poco menor y se obtenga mayor utilidad.

Tabla 11. Costo unitario optimizado del muro anclado prearmado.

Partida	01.05.01.06.01 ENCOFRADO DE MURO ANCLADO PREARMADO IZADO CON EXCAVADORA						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 38.0000	EQ. 38.0000	Costo unitario directo por: m2			37.93
Código	Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010003	CAPATAZ		hh	1.0000	0.2237	21.90	4.90
0101010004	OPERARIO		hh	3.0000	0.6711	17.86	11.99
0101010005	OFICIAL		hh	3.0000	0.6711	16.01	10.74
							27.63
Equipos							
03080100010001	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		0.0300	27.63	0.83
03080100010001	EXCAVADORA SERIE 210 DDOSAN		HM		0.0526	180.00	9.47
							10.30

Se analizo el nuevo precio unitario para tener un margen de subcontrato para otros proyectos, en el presupuesto meta del expediente técnico el costo por m² de muro es S/47.30.

Tabla 12. *Costo unitario del presupuesto meta del proyecto*

Partida	01.05.01.05.02 ENCOFRADO Y DESENCOF.MURO DE CONTENCION 1 CARA h=3.70m SC						
Rendimiento	m ² /DIA	MO.	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : m ² 47.30	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontratos							
04010200010004	SC ENCOFRADO Y DESENCOFRADO MUROS DE CONTENCION	m ²		1.0000	47.30	47.30	
						47.30	

Por lo tanto, el monto optimizado por metro cuadrado de encofrado de muro es de S/. 9.37, haciendo un comparativo del costo del tercer y cuarto anillo se tendría el siguiente resultado.

Tabla 13. *Costo optimizado usando el encofrado prearmado*

Partida	01.05.01.01.04 ENCOFRADO DE MURO ANCLADO H=3.70						
Rendimiento	m ² /DIA	MO.	EQ.	Monto ahorrado con el método de encofrado prearmado: Soles			3110.84
Código	Descripción Recurso	Unidad	Metrado	Precio S/.	Parcial	Diferencia	
Descripción							
0204030001	Encofrado mixto (Pre armado + Insitu)	m ²	332.00	37.93	12,592.76		
0204030002	Encofrado convencional	m ²	332.00	47.30	15,703.06	3110.84	

Como se observa en el cuadro, se obtuvo un ahorro de 3110.84 soles en el tercer anillo.

4.2.4 Resultado 3: Respecto a la confiabilidad en los plazos de ejecución usando la metodología Lean Construction en la construcción de muros anclados.

En la construcción del primer y segundo anillo la metodología Lean Construction no se aplicó correctamente, se elaboró el cronograma maestro especificando los hitos de inicio e

hitos de fin de cada anillo. Pero esto no se cumplió debido a que faltó dar seguimiento al proyecto con herramientas para gestionar las actividades y la producción diaria de las tareas.

La empresa mantiene como estándar un PPC mínimo de 80%, esto para poder generar confiabilidad en la entrega final de la obra

En el primer y segundo anillo se obtuvo como resultado un PPC acumulado de 62% lo cual no fue aceptable por la empresa, debido a esto se reprogramó el plan maestro y el look a head mensual. De tal manera de recuperar el tiempo de retraso.

Tabla 14. *Porcentaje de plan cumplido hasta el segundo anillo*

SEMANA		FECHA		TAREAS PROGRAMADAS		TAREAS EJECUTADAS		PORCENTAJE PLAN COMPLETADO		PORCENTAJE ACUM. PPC MINIMO
		INICIO	FIN	SEMANAL	ACUMULADO	SEMANAL	ACUMULADO	SEMANAL	ACUMULADO	
33		12/08/2019	18/08/2019	7	7	7	7	100%	100%	80%
34		19/08/2019	25/08/2019	3	10	3	10	100%	100%	80%
35		26/08/2019	1/09/2019	5	15	4	14	80%	93%	80%
36		2/09/2019	8/09/2019	6	21	3	17	50%	81%	80%
37		9/09/2019	15/09/2019	2	23	2	19	100%	83%	80%
38		16/09/2019	22/09/2019	10	33	5	24	50%	73%	80%
39		23/09/2019	29/09/2019	10	43	7	31	70%	72%	80%
40		30/09/2019	6/10/2019	8	51	5	36	63%	71%	80%
41		7/10/2019	13/10/2019	8	59	6	42	75%	71%	80%
42		14/10/2019	20/10/2019	9	68	8	50	89%	74%	80%
43		21/10/2019	27/10/2019	3	71	1	51	33%	72%	80%
44		28/10/2019	3/11/2019	3	74	2	53	67%	72%	80%
45		4/11/2019	10/11/2019	5	79	1	54	20%	68%	80%
46		11/11/2019	17/11/2019	10	89	2	56	20%	63%	80%
47		18/11/2019	24/11/2019	9	98	5	61	56%	62%	80%
48		25/11/2019	1/12/2019	10	108	6	67	60%	62%	80%

En la figura 130 se observa el porcentaje de cumplimiento de la programación semanal es menor al estándar de la empresa, esto fue generado debido a que no se liberaron las restricciones a tiempo y existió mucha variabilidad en la construcción.

En el tercer y cuarto anillo se aplicaron todos los métodos de LPS, desde el Look a head, plan semanal, plan diario, reuniones colaborativas y técnicas de gestión visual. Esto dio como resultado un PPC más eficiente en el cual se presentó mejora en todos los aspectos.

El hito de las actividades del tercer anillo inicio el 02 de diciembre del 2019, desde esa semana se logró mejora obteniendo hasta el 15 de marzo del 2020 un PPC de 81%. Durante las semanas se lograron entre el 85% hasta el 100% de las actividades completadas. Para poder recuperar el plazo perdido en el primer y segundo anillo se ajustó la programación de obra, se aumentó la producción y el número de actividades a ejecutar por día.

Tabla 15. *Porcentaje de plan cumplido hasta la cimentación del proyecto Madre Selva*




PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO

SEMANA	FECHA		TAREAS PROGRAMADAS		TAREAS EJECUTADAS		PORCENTAJE PLAN COMPLETADO		PORCENTAJE ACUM. PPC MINIMO
	INICIO	FIN	SEMANAL	ACUMULADO	SEMANAL	ACUMULADO	SEMANAL	ACUMULADO	
48	25/11/2019	1/12/2019	10	108	6	67	60%	62%	80%
49	2/12/2019	8/12/2019	10	118	8	75	80%	64%	80%
50	9/12/2019	15/12/2019	8	126	7	82	88%	65%	80%
51	16/12/2019	22/12/2019	4	130	4	86	100%	66%	80%
52	23/12/2019	29/12/2019	2	132	2	88	100%	67%	80%
1	30/12/2019	5/01/2020	13	145	13	101	100%	70%	80%
2	6/01/2020	12/01/2020	13	158	12	113	92%	72%	80%
3	13/01/2020	19/01/2020	13	171	13	126	100%	74%	80%
4	20/01/2020	26/01/2020	3	174	3	129	100%	74%	80%
5	27/01/2020	2/02/2020	2	176	2	131	100%	74%	80%
6	3/02/2020	9/02/2020	13	189	12	143	92%	76%	80%
7	10/02/2020	16/02/2020	17	206	17	160	100%	78%	80%
8	17/02/2020	23/02/2020	17	223	15	175	88%	78%	80%
9	24/02/2020	1/03/2020	15	238	14	189	93%	79%	80%
10	2/03/2020	8/03/2020	16	254	14	203	88%	80%	80%
11	9/03/2020	15/03/2020	24	278	22	225	92%	81%	80%

Se observa en la siguiente grafica la variación del PPC y su aumento desde el inicio del tercer anillo.

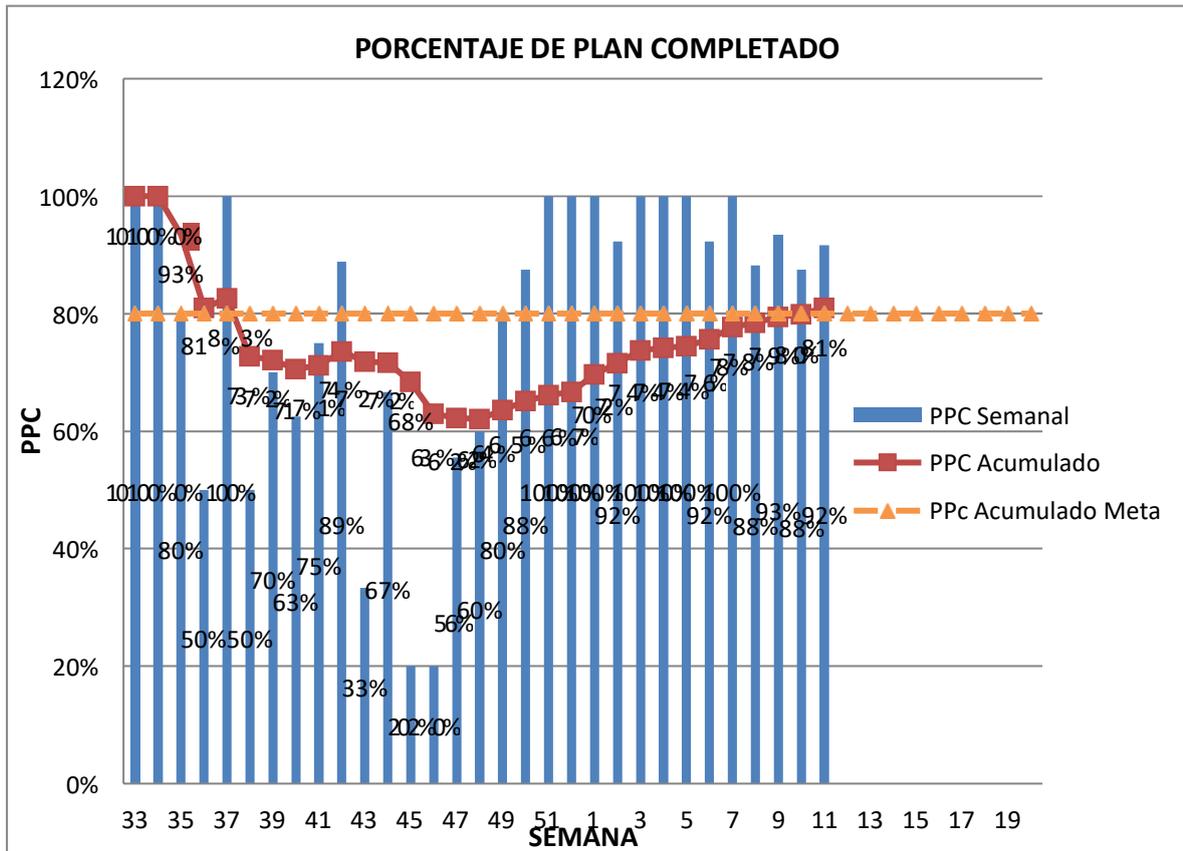


Figura 122. Incremento de PPC usando la metodología last planner System

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones basadas en los resultados

5.1.1 Conclusiones en base a la implementación y mejora de procedimientos de trabajo.

Conclusión 1: Analizando el resultado de la actividades y procesos implementados en la construcción del tercer y cuarto anillo se pudo observar la mejora en la productividad en la actividad de perfilado obteniendo un índice de productividad de 0.72 HH/m² y un rendimiento de 24.5 m² por cuadrilla. El aumento de la productividad fue aproximadamente un entre 21 a 23% pudiendo optimizar el costo unitario de la partida.

Analizando la actividad de colocación de cama de arena que fue implementada en el tercer y cuarto anillo se obtuvo que el costo de hora hombre por limpieza de fondo de muro vaciado fue de S/. 1.20 por metro lineal, en el primer anillo se tuvo un costo de S/. 8.50 el metro lineal. Debido al nuevo procedimiento se obtuvo un ahorro de S/. 730

5.1.2 Conclusiones en base a la generación del cumplimiento del cronograma de obra mediante uso de técnicas constructivas en la construcción de muros anclados.

- Analizando las técnicas constructivas empleadas se observó una mejora en el rendimiento y la productividad que ayudo a generar el cumplimiento del look a head planning.

La técnica de anclajes proyectados hizo que se culminara dos días antes de lo programado en el look ahead y genero el adelanto de las actividades productivas.

En la técnica de acero prearmado se obtuvo un aumento de rendimiento de la mano de obra en un 27% con respecto al rendimiento meta, esto generó que el precio unitario de la partida de acero disminuya a S/. 0.76. Generando un ahorro de 5205.45 soles

La técnica de encofrado prearmado fue la técnica más satisfactoria, debido a que generó el cumplimiento de 3 muros encofrados y vaciados por día, se aumentó la producción diaria en un 30% y redujo el índice de productividad a 0.885 HH/m².

Con respecto al costo unitario se optimizó S/. 9.37 por m² de encofrado de muro anclados en el tercer anillo. Lo cual generó un ahorro global de S/. 3110.84.

5.1.3 Conclusiones en base a la generación de confiabilidad en los plazos de ejecución usando la metodología Lean Construction en la construcción de muros anclados.

- Después de haber aplicado la metodología lean construcción, se obtuvieron flujos y procesos más eficientes. Lo cual generó la optimización del tiempo y el cumplimiento del cronograma en el tercer, cuarto anillo y cimentación de los muros anclados.

En el cronograma de hitos se programó que los muros anclados finalizaban el 19 de febrero, pero finalizó con 4 días de anticipación. Esto sucedió con ayuda de las herramientas de control de plazo de Last Planner System, el porcentaje de plan cumplido acumulado hasta el segundo anillo fue de 62%, desde el tercer anillo hasta la ejecución de la cimentación de los muros se obtuvo un ppc de 81%. Es decir que las programaciones semanales desde la excavación del tercer anillo se cumplieron satisfactoriamente.

5.2 Conclusiones basadas en la Experiencia Profesional

- La etapa de estabilización de taludes y construcción de sótanos es el hito más importante en un proyecto de edificación debido a que si no se estabilizan todos los muros no se podrá continuar con la construcción de la torre o casco. Para eso deben implementarse metodologías de gestión de obra y técnicas que ayuden a mejorar la productividad en la obra.
- Con respecto a la implementación de técnicas constructivas se confirma que la mejora de los procesos se logró usando elementos prearmados y prefabricados, estos elementos tienen un mayor costo, pero realizando un análisis entre el costo y el plazo queda comprobado que es más eficiente y económico para proyectos inmobiliarios debido a que la secuencia en todos los pisos es casi la misma.
- En conclusión, quedo comprobado que usando la metodología Lean Construction y Last Planner system se dio confiabilidad al plazo, se mejoró la productividad y la calidad en los procesos constructivos. Las reuniones colaborativas que se aplicaron dieron como resultado optimización de costos de mano de obra, materiales y equipos en el proyecto Residencial Madre Selva.

5.3 Recomendaciones basadas en los resultados

- **Recomendación 1:** Se recomienda realizar un análisis de los procesos implementados para formar un tren de actividades, tomar rendimientos de la mano de obra, realizar cartas balance de cada actividad y análisis de costos unitarios, esto servirá para generar historiales del costo y rendimiento real de las partidas adicionales e incluirlas en el presupuesto meta. Evaluar los costos de no calidad que generan los reprocesos de las actividades programadas.

- **Recomendación 2:** Se recomienda conocer todos los procesos que involucran la construcción de los muros anclados de esta forma se puede tomar acción en las partidas más críticas e implementar técnicas productivas que garanticen el cumplimiento del cronograma sin afectar el presupuesto meta. Para obtener mayor productividad en la partida de acero se recomienda tener una dobladora eléctrica para aumentar la producción de estribos. Para el encofrado se recomienda tener siempre un juego adicional de encofrado para poder generar cumplimiento en el plan semanal. El ingeniero de producción, residente de obra y oficina técnica deben evaluar la implementación de acero prefabricado, encofrado pesado y el sistema constructivo de muros unianclados.
- **Recomendación 3:** Se recomienda realizar reuniones colaborativas para proyectar el look a head planning, evaluar las restricciones con los contratistas del proyecto. Adicionalmente el ingeniero de producción y el maestro de obra debe realizar reuniones diarias de 5 a 10 minutos para proyectar el plan diario. De esta manera todo el personal maneja la misma idea y podrán cumplir la programación diaria. Deben evaluarse semanalmente el PPC y las causas de no cumplimiento y establecer los cinco porque de la actividad no completada.

5.4 Recomendaciones basadas en la experiencia profesional

- Los proyectos de edificaciones mantienen un tren de actividades típico, se recomienda llevar un control de recursos de los proyectos ya ejecutados, tomar las lecciones aprendidas e implementarlas en los nuevos proyectos. Debe mejorarse la gestión de la oficina central para poder responder las consultas de los RFI a tiempo y evitar las esperas en obra.

- Actualmente existen nuevos sistemas para la construcción de muros anclados, se recomienda evaluar el sistema Unianclado, esta metodología ha sido implementada por la empresa Unicon, pero aún no se tienen resultados del sistema de producción.
- Es recomendable realizar reuniones de comité de obra con todos los involucrados desde la gerencia general, oficina central y oficina de obra para evaluar los cambios del proyecto a tiempo y poder presentar propuestas de mejora.
- Se debe involucrar a los especialistas que diseñaron el proyecto, usando la metodología BIM deben evaluarse las interferencias y las propuestas para las modificaciones. Debe realizarse a tiempo para no generar reprocesos.

Capítulo VI. Referencias

- Aditivos Especiales. (2018). *Home*. Obtenido de <http://www.aditivosespeciales.com.pe/>
- Asociación de empresas Inmobiliaria [ASEI]. (2020). *Home*. Obtenido de <https://www.asei.com.pe/>
- Bay Contratistas. (2018). *Home*. Obtenido de <https://baycontratistas.com/>
- BBC News Mundo. (2020). *Cómo se explica el insólito "boom" inmobiliario en medio de la peor crisis económica de las últimas décadas*. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-54035630>
- Berrocal, G. (2018). *Procedimiento y plan de inspección para muros anclados*. Lima: Grupo Geo.
- Brioso, X. (2012). *Gestión con Lean Construction. Taller de gestión con Lean Construction*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
- Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción . (2018). *Home*. Obtenido de <https://www.cmic.org/>
- Canta, J. (2019). Productividad en Obra. *Arkinka*, 19-59.
- Castillejo, W. (2013). *Gerencia de construcción y del tiempo-costo*. Lima: Macro.
- Castro, F. (2015). Mas allá de las interferencias, el BIM y su uso en el planeamiento. *Experiencia : Proyecto "Edificio Real 8". Costos*, 1.
- Castro, R. (2015). *Bajo la Cota Cero :Excavaciones en el proyecto panorama*. Lima: s/e.
- Castro, R. (2019). Gestión de la productividad en la construcción. *Gestión de la productividad en la construcción*. Lima: ITC Global Consulting.
- Castro, R. (2020). Excavación, estabilización de taludes y grúas torre. *Excavación, estabilización de taludes y grúas torre* (págs. 11-12). Lima: ITC.

Concremax. (2019). *Home*. Obtenido de <https://www.concremax.com.pe/concretips/proceso-constructivo-de-muros-anclados/>

Flesan Anclajes. (2015). *Anclajes*. Obtenido de <https://flesan.cl/unidades-de-negocios/anclajes/#:~:text=Flesan%20Anclajes%20es%20parte%20de,especialistas%20en%20ingenier%C3%ADa%20construcci%C3%B3n%20e>

Flores, M. (2019). *Proceso constructivo de muros anclados en edificio de oficinas con 3 sótanos en el distrito de santiago de surco-lima*. Obtenido de http://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/6150/flores_jme.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Gestión. (2020). *MVCS: Sector construcción trabajará a una capacidad menor al 50%, tras la cuarentena*. Obtenido de <https://gestion.pe/economia/coronavirus-peru-mvcs-sector-construccion-trabajara-a-una-capacidad-menor-al-50-tras-la-cuarentena-nndc-noticia/>

Ghio, V. (2001). *Productividad en Obras de Construcción*. Lima: PUCP.

Gómez, J., Mendoza, D., & Pérez, J. (2015). *Aplicación de lean construction para la ejecución de un proyecto de vivienda. Caso practico "edificio maurtua iii"*. Obtenido de Universidad Ricardo Palma:
http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2229/gomez_jp-mendoza_db-perez_jp.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guzmán, C. (2020). *Taller - aplicaciones lean construction en la practica*. Obtenido de <https://www.facebook.com/4.0econstruccion/videos/curso-taller-aplicaciones-lean-construction-en-la-practica/1392241824308779/>

Huaman, P. (2018). *Procedimiento de trabajo sostenimiento de taludes y construcción de muros anclados*. Lima: s/e.

- León, J. (2020). Conjunto de Volumetrías Compactas. *Perú Construye*, 64-65.
- Mixercon. (2019). *Home*. Obtenido de <https://www.mixercon.com/contactanos/>
- Nexo Inmobiliario. (2019). *Proyecto Residencial Madre Selva*. Obtenido de <https://nexoinmobiliario.pe/proyecto/venta-de-departamento-1470-residencial-madre-selva-chorrillos-lima-lima-tale-inmobiliaria>
- Ohno, T. (1991). *El Sistema de Producción Toyota*. Japón: Productivity.
- Optimiza Contratistas. (2020). *Optimiza Contratistas Soluciones en la partida de encofrado*. Obtenido de Optimiza Contratistas Soluciones en la partida de encofrado: <https://optimizacontratistas.com/>
- Optimiza Contratistas. (2017). *Home*. Obtenido de <https://optimizacontratistas.com/>
- Otto, E. (2020). *Proceso Constructivo de Muros Anclados Para la Contención de Suelo en Edificaciones Con Sotano*. Lima: Universidad Peruana De Los Andes.
- Pilotes Terratest. (2015). *Estructuras de Contención y Sostenimiento de Taludes*. Chile: Comercial Terratest.
- Pilotes Terratest. (2017). *Manual de estabilización de taludes*. Chile: Pilotes Terratest.
- Polar, M. (2018). *Procedimiento de perforación de un Sistema de Anclajes Pos Tensado en Muro Vaciado*. Lima: Flesan Anclajes.
- Polifusión. (2018). *Home*. Obtenido de <http://polifusion.com/colombia/>
- Ponce, J. (2020). *Cad & Lan*. Madrid: Cad & Lan.
- Pons, J. (Marzo de 2014). *Introducción a Lean Construction. I*. Fundación Laboral de la Construcción.
- Pons, J. (2014). *Introducción a Lean Construction*. Madrid: Fundación laboral de la construcción.

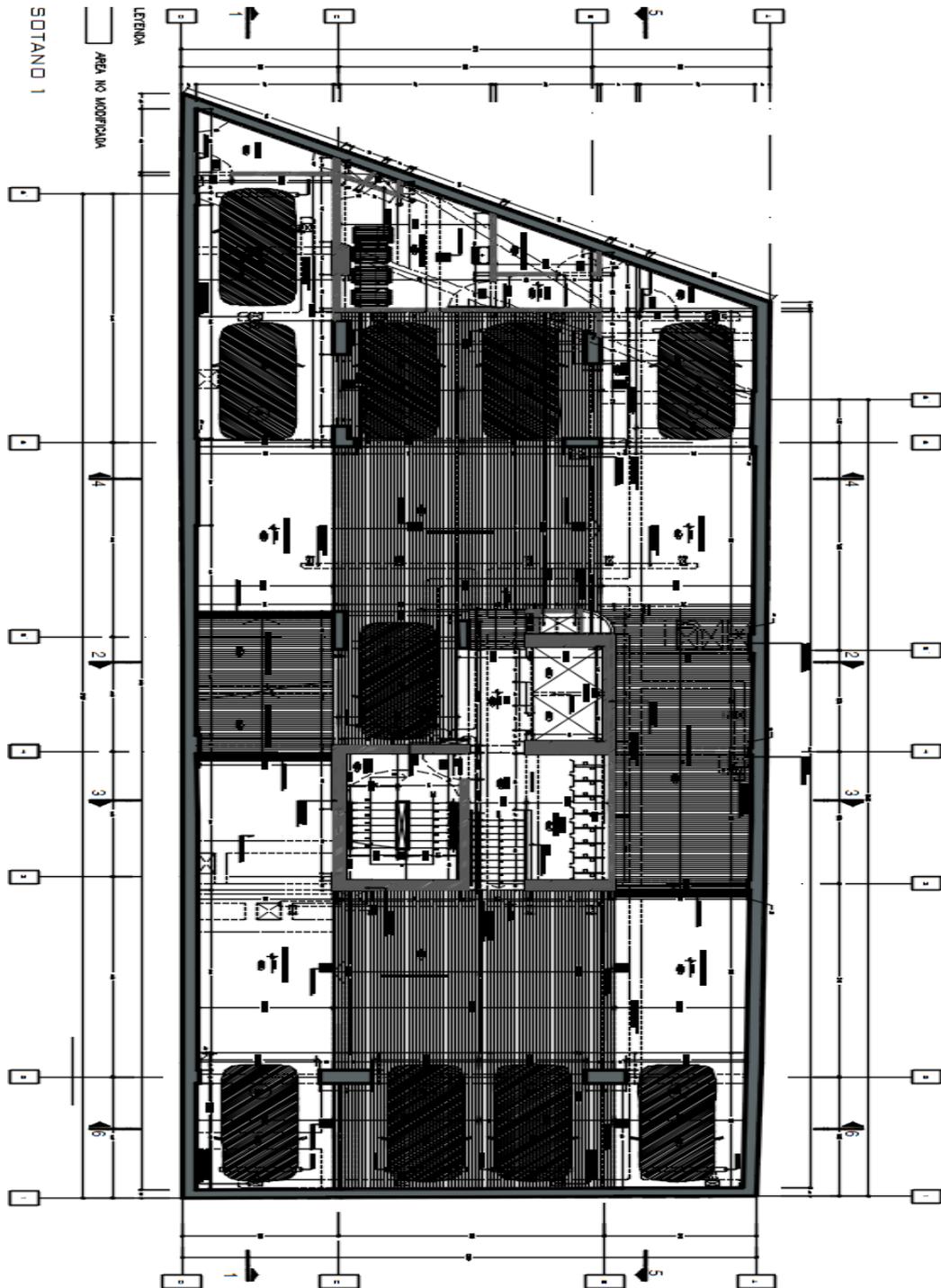
- Pons, J. (2019). *Lean Construction y la planificación colaborativa. Metodología de Last Planner System*. Madrid: Consejo General de Arquitectura Técnica de España.
- Ramos, A. (2015). *Propuesta y análisis de alternativas constructivas para la mejora en el acabado de los muros anclados. Caso de proyecto de edificaciones en la ciudad de Lima*. Lima: PUCP.
- Raygada Rojas, L. (2012). *Aspectos constructivos, consideraciones de diseño y monitoreo de muros anclados en excavaciones profundas*. Lima.
- Raygada, L. (2020). *Sistemas de Contención en zonas urbanas*. Lima: CEFORE.
- Revista Costos. (2020). *Muros Anclados , Optimizando la Producción*. Obtenido de <https://noticias.costosperu.com/articulos/seccion-materiales-y-soluciones/muros-anclados-optimizando-la-produccion/amp/>
- Rodriguez, H. (2018). *Estabilización de taludes mediante anclajes temporales en la excavación de sótanos en el proyecto edificio multifamiliar SESSEN*. Lima: Flesan Anclajes.
- SC Arquitectos. (2015). *Home*. Obtenido de <https://www.scarquitectos.pe/>
- Tale Constructora. (2018). *Inmobiliarias en Lima*. Obtenido de <https://inmobiliariasenlima.com/tale-constructora-2/>
- Ugaz, J. (2019). *Estabilización de taludes mediante anclajes temporales en la excavación de sótanos en el proyecto edificio madre selva*. Lima: Flesan Anclajes.
- Urbania. (Agosto de 2017). *Urbania*. Obtenido de Urbania: <https://urbania.pe/inmueble/proyecto-residencial-ala-moana-chorrillos-barranco-lima-barranco-tale-inmobiliaria-8003168>
- Urbania. (2018). *Home*. Obtenido de <https://urbania.pe/inmueble/proyecto-residencial-costa-sur-chorrillos-barranco-lima-barranco-tale-inmobiliaria-8003620>

Vásquez, O. (2018). *Reglamento nacional de edificacionesg.050 seguridad durante la*

construcción. Obtenido de

http://www.pqsperu.com/Descargas/NORMAS%20LEGALES/G_050.pdf

Apéndice B. Planta típica de sótanos



Apéndice C. Panelado de muros anclados eje A-A

