

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PLANEACIÓN Y CONTROL “LAST
PLANNER” EN EL TRAMO 2B DEL CORREDOR PARCIAL DE ENVIGADO
PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD Y REDUCIR LA INCERTIDUMBRE
EN LA CONSTRUCCIÓN**

PATRICIA CASTAÑO JIMÉNEZ

UNIVERSIDAD EAFIT

MAESTRÍA EN INGENIERÍA – ÉNFASIS GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

2012

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PLANEACIÓN Y CONTROL “LAST
PLANNER” EN EL TRAMO 2B DEL CORREDOR PARCIAL DE ENVIGADO
PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD Y REDUCIR LA INCERTIDUMBRE
EN LA CONSTRUCCIÓN**

PATRICIA CASTAÑO JIMÉNEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de
Magíster en Ingeniería**

Asesor: LUIS FERNANDO BOTERO BOTERO

UNIVERSIDAD EAFIT

MAESTRÍA EN INGENIERÍA – ÉNFASIS GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

MEDELLÍN

2013

|

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Medellín 10 de ~~enero~~ Marzo de 2014

DEDICATORIA

A Dios quien dispuso todos los medios para hacer posible mis estudios, a mis familiares y amigos quienes me acompañaron durante todo este proceso.

AGRADECIMIENTOS

Al Profesor Luis Fernando Botero Botero, asesor del proyecto.

A la empresa Arquitectos e Ingenieros Asociados. A.I.A S.A

A la Dra. Claudia Patricia Giraldo Henao.

Contenido

INTRODUCCIÓN	<u>1816</u>
1. OBJETIVOS	<u>2018</u>
1.1 OBJETIVO GENERAL	<u>2018</u>
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<u>2018</u>
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	<u>2119</u>
3. JUSTIFICACIÓN	<u>2321</u>
4. MARCO TEÓRICO	<u>2523</u>
4.1 ORIGEN	<u>2523</u>
4.2 CONCEPTOS BÁSICOS	<u>2624</u>
4.2.1 PLANIFICACIÓN	<u>2624</u>
4.2.2 MÉTODOS PARA PROGRAMACIÓN Y CONTROL	<u>2725</u>
4.2.3 DIAGRAMA DE GANTT.	<u>2725</u>
4.2.3.1.1 Relaciones de dependencia	<u>2826</u>
4.2.3.2 Método de la Ruta Crítica	<u>3028</u>
4.2.3.2.1 Representación Gráfica	<u>3129</u>
	<u>3230</u>
4.2.3.2.2 Cálculo de la ruta Crítica	<u>3230</u>
4.2.3.3 Línea de Balance	<u>3331</u>
4.2.3.4 Programación Rítmica	<u>3432</u>
4.3 THE LAST PLANNER SYSTEM	<u>3533</u>
4.3.1 DESCRIPCIÓN	<u>3533</u>
4.4 NIVELES DE PLANIFICACIÓN	<u>3634</u>
4.4.1 PROGRAMA MAESTRO (MASTER SCHEDULE)	<u>3634</u>

4.4.2	PROGRAMA DE FASE	<u>3735</u>
4.4.3	PROGRAMA INTERMEDIO (LOOKAHEAD PLAN)	<u>3735</u>
4.4.4	ANÁLISIS DE RESTRICCIONES	<u>3937</u>
4.4.5	PROGRAMA SEMANAL (WEEKLY PLAN)	<u>4038</u>
4.5	MEDICIÓN PAC	<u>4139</u>
4.6	ESTADO DEL ARTE	<u>4240</u>
4.6.1	A NIVEL INTERNACIONAL	<u>4240</u>
4.6.2	EN LATINOAMÉRICA	<u>4341</u>
4.6.3	EN COLOMBIA	<u>4543</u>
4.6.3.1	Implementación en la empresa URBANSA S.A (Informe de Gestión 2012)	<u>4745</u>
4.6.3.1	Implementación en el proyecto “Akacia Casas Campestres” de Arquitectura y Concreto	<u>4947</u>
4.6.3.2	Proyecto Manzana 1 de ZFB Desarrolladora	<u>5048</u>
5.	METODOLOGÍA	<u>5351</u>
5.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	<u>5351</u>
5.1.1	FASE DE PLANIFICACIÓN	<u>5351</u>
5.1.1.1	Formato 1. Programación Intermedia	<u>5452</u>
5.1.1.2	Formato 2. Análisis de Restricciones	<u>5553</u>
5.1.1.3	Formato 3. Tareas	<u>5654</u>
5.1.1.4	Formato 4. Evaluación	<u>5755</u>
5.1.1.5	Formato 5. Calificación contratistas	<u>5856</u>
5.1.1.6	Formato 6. PAC	<u>5957</u>
5.1.1.7	Formato 7. Tabulación de causas de no cumplimiento	<u>6058</u>
5.1.1.8	Formato 8. Criterios para la calificación semanal	<u>6159</u>
5.1.1.8.1	Cumplimiento PAC	<u>6260</u>
5.1.1.8.2	Calidad	<u>6361</u>
5.1.1.8.3	Compromiso con la Obra	<u>6462</u>
5.1.1.8.4	Programa de Seguridad Industrial	<u>6563</u>
5.1.1.8.5	Programación	<u>6563</u>
5.1.1.8.6	Plan de Manejo Ambiental	<u>6664</u>

5.1.1.8.7	Formato 9. Reporte de observaciones para calificación semanal de contratistas	6765
5.1.1.8.8	Formato 10. Formato de anotaciones	6866
5.1.1.8.9	Tablero de Evaluación	6967
5.1.2	FORMACIÓN DE PERSONAL TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO	7068
5.1.3	PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN	7169
5.1.3.1	Descripción General del Proyecto	7169
5.1.3.1.1	Localización	7169
5.1.3.1.2	Características del Proyecto	7270
5.1.3.1.3	Antecedentes	7472
5.1.3.1.4	Contratación	7674
5.1.3.1.5	Características Técnicas del Proyecto	7775
5.1.3.1.6	Componentes socio - ambiental	7775
5.1.3.1.1	Componente Forestal	7977
5.1.3.1.2	Atención a la Comunidad	8179
5.1.3.1.3	Rechazo por parte de miembros de la comunidad	8179
5.1.3.1.1	Esquema de Trabajo	8381
5.1.3.2	Programa maestro	8482
5.1.3.3	Plan intermedio y análisis de restricciones	9189
5.1.3.3.1	Diseño	9290
5.1.3.3.2	Materiales	9290
5.1.3.3.3	Equipo	9290
5.1.3.3.4	Contrato	9290
5.1.3.3.5	Anticipo	9391
5.1.3.3.6	Predecesoras	9391
5.1.3.3.7	Permisos	9391
5.1.3.3.8	Socialización	9391
5.1.3.3.9	Siso	9391
5.1.3.3.10	Ambiental	9492
5.1.3.4	Programa Semanal	9593
5.1.3.5	Evaluación	9694
5.1.3.6	Recopilación de la información y análisis de resultados	9795

6. RESULTADOS	<u>9896</u>
6.1 EVOLUCIÓN DEL PAC SEMANAL	<u>9896</u>
6.2 CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO	<u>10199</u>
6.3 PARTICIPACIÓN EN EL NIVEL OPERATIVO	<u>104102</u>
6.3.1 ANÁLISIS PRIMERA PREGUNTA	<u>105103</u>
6.3.2 ANÁLISIS SEGUNDA PREGUNTA	<u>106104</u>
6.3.3 ANÁLISIS TERCERA PREGUNTA	<u>107105</u>
6.3.4 ACCIONES EMPRENDIDAS A PARTIR DE LA REALIZACIÓN DE LA ENCUESTA.	<u>108106</u>
7. CONSIDERACIONES SOBRE LA DINÁMICA DEL PROYECTO Y LA IMPLEMENTACIÓN DEL LPS	<u>110108</u>
8. CONCLUSIONES	<u>112110</u>
FUENTES DE CONSULTA	<u>113111</u>

GRÁFICAS

Gráfica 1 Relaciones de dependencia (Fin a Comienzo)	2927
Gráfica 2 Relación Comienzo a Comienzo	2927
Gráfica 3 Relación Fin a Fin.....	2927
Gráfica 4 Relación Comienzo a Fin	3028
Gráfica 5 Relación FC con retardo negativo	3028
Gráfica 6 Representación de un Diagrama de Flechas (Atill y Woodhead, 1995)	3129
Gráfica 7 Representación de un Diagrama Nodo Actividad (Atill y Woodhead, 1995).....	3230
Gráfica 8 Diagrama con tiempos y ruta crítica (Atill-Woodhead, 1995).....	3334
Gráfica 9 Ejemplo de programación con líneas de balance, para l construcción de un centro comercial.....	3432
Gráfica 10 Ejemplo de representación de una programación rítmica (Serpell y Alarcón, 2001).....	3533
Gráfica 11 Filosofía de planificación "lean". Fuente Alarcón 2011	3634
Gráfica 12 Filosofía de planificación usual. Fuente Alarcón 2011.....	3634
Gráfica 13 Esquema de implementación del LPS (Fuente: Leal, 2010).....	4442
Gráfica 14 Proceso de Planificación LP (Botero y Álvarez, 2004)	4543
Gráfica 15 Resultados PAC obras Medellín, 2003. (Botero y Álvarez, 2004)	4644
Gráfica 16 Evolución del PAC semanal en Medellín (Botero y Álvarez 204)	4644
Gráfica 17 Consolidado de acumulados PAC semanal 2009-20012 (Vega, 2013).....	4846
Gráfica 18 Evolución PAC semanal 20012 (Vega, 2013)	4947

Gráfica 19 Evolución del PAC Akacia Casas Campestres. (Arquitectura y Concreto, 2010).	5048
Gráfica 20 Evolución PAC Semanal ZFB.	5250
Gráfica 21 Causas de no cumplimiento	5250
Gráfica 22 Estrategia de implementación	5351
Gráfica 23 Formato de Programa Intermedio	5553
Gráfica 24 Formato de Restricciones.	5654
Gráfica 25 Formato de Tareas	5755
Gráfica 26 Formato de Evaluación.	5856
Gráfica 27 Formato Caritas PAC	5957
Gráfica 28 Formato PAC semanal	6058
Gráfica 29 Causas de no cumplimiento	6159
Gráfica 30 Formato Criterios para calificación semanal.	6260
Gráfica 31 Criterio de calificación: Cumplimiento PAC	6361
Gráfica 32 Criterio de calificación: Calidad	6462
Gráfica 33 Criterio de calificación: Compromiso con la Obra.	6462
Gráfica 34 Criterio de calificación: Programa Seguridad Industrial	6563
Gráfica 35 Criterio de calificación: Programación	6664
Gráfica 36 Criterio de calificación: Plan de Manejo Ambiental.	6765
Gráfica 37 Formato de reporte de observaciones.	6866
Gráfica 38 Formato de Anotaciones digital	6866
Gráfica 39 Formato de Anotaciones diligenciado.	6967
Gráfica 40 Sección inicial y sección futura (Fuente PMT).	7270
Gráfica 41 Esquema de implementación del proyecto.	8381
Gráfica 42 Esquema de Trabajo para la Versión 2 de Programación	8583

Gráfica 43 Esquema de Trabajo para la Versión 3 de Programación	<u>8886</u>
Gráfica 44 Evolución del PAC Semanal.....	<u>9896</u>
Gráfica 45 Causas de no cumplimiento	<u>102100</u>
Gráfica 46 Resultados Primera Pregunta de la Encuesta a Operativos....	<u>105103</u>
Gráfica 47 Resultados Segunda Pregunta de la Encuesta a Operativos..	<u>106104</u>
Gráfica 48 Resultados Tercera Pregunta de la Encuesta a Operativos	<u>107105</u>

IMÁGENES

Imagen 1 Publicación en la oficina principal	<u>6260</u>
Imagen 2 Tablero de Evaluación	<u>7068</u>
Imagen 3 Render del Proyecto (Fuente Archivos Metroplús)	<u>7169</u>
Imagen 4 Localización del Proyecto	<u>7270</u>
Imagen 5 Vista del programa Versión 3.....	<u>8583</u>
Imagen 6 División de la programación en tramos	<u>8684</u>
Imagen 7 Subdivisión de los tramos en capítulos	<u>8684</u>
Imagen 8 Subdivisión de capítulos	<u>8785</u>
Imagen 9 División de subcapítulos en tareas	<u>8785</u>
Imagen 10 División de la programación en tramos según V3.....	<u>8987</u>
Imagen 11 División de los tramos en pasos V3	<u>8987</u>
Imagen 12 División de los pasos en subcapítulos V3.....	<u>9088</u>
Imagen 13 División de subcapítulos en tareas V3	<u>9189</u>
Imagen 14 Tablero de Evaluación semana 27	<u>9795</u>

TABLAS

Tabla 1 Formación del personal administrativo	<u>7068</u>
Tabla 2 Proyectos Viales. Fuente Plan Vial metropolitano de 1986, PMMVA 2005. (Hoyos, 2013)	<u>7573</u>
Tabla 3 Datos Generales del Proyecto	<u>7775</u>
Tabla 4 Exigencias para el componente social (Fuente LP-03 de 2012)	<u>7977</u>
Tabla 5 Intervención arbórea	<u>8078</u>
Tabla 6 Control de liberación de restricciones	<u>9593</u>
Tabla 7 Tabulación de encuesta al personal operativo	<u>104102</u>

GLOSARIO

ACCIÓN POPULAR: mecanismo de protección de los intereses colectivos en Colombia, según lo previsto en el art 88 de la Constitución Política de Colombia.

CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO: factores que impiden el incumplimiento de la meta de avance proyectada en el plan semanal.

DIAGRAMA DE GANTT: gráfico de barras que muestra el lapso comprendido por las actividades de un proyecto, en una escala de tiempo.

DIAGRAMA DE RED: representación gráfica de las tareas de un proyecto y sus relaciones de dependencia.

LAST PLANNER: sistema de planificación y control también conocido como último planificador.

LICITACIÓN PÚBLICA: proceso administrativo para la selección del sujeto que ofrece las condiciones más favorables para la prestación de un servicio o un bien de carácter público.

MEDIDA CAUTELAR: Instrumentos con los cuales el ordenamiento protege, de manera provisional, y mientras dura el proceso, la integridad de un derecho que es controvertido en ese mismo proceso¹.

PAC (Porcentaje de Asignaciones completadas), la razón de cumplimiento de las metas previstas en el plan semanal.

PLAN MAESTRO: programa general del proyecto completo.

PLAN SEMANAL: plan o programa de corto plazo, donde se listan las tareas con su medida de avance proyectada para la semana siguiente.

PRECEDENCIA: actividad o tarea que antecede la ejecución de una actividad específica, cuyo avance, inicio o progreso afecta directamente la ejecución de ésta.

¹ <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2004/c-379-04.htm>

PROGRAMA INTERMEDIO: plan o programa con un horizonte de 6 a 8 semanas.

RUTA CRÍTICA: conjunto de tareas críticas, que determina la duración del proyecto.

RESUMEN

Desde su creación en 2000, El Last Planner System (LPS) ha sido implementado con éxito en el ámbito nacional e internacional, aumentando la confiabilidad y reduciendo la variabilidad en la construcción, lo cual es evidenciado en la literatura académica y en informes de gestión. En Colombia la aplicación de este sistema se ha concentrado en proyectos de edificación, existiendo poca evidencia en el área de infraestructura que se constituye en un sector clave para el desarrollo, la apertura económica y la competitividad de los países, al que Colombia le apuesta en forma decidida en sus políticas de planeación y desarrollo, y que requiere de mecanismos, sistemas y/o metodologías que mejoren la confiabilidad en la planificación con resultados que impacten la ejecución de los proyectos con la optimización de tiempos y recursos.

Como respuesta a ese gran reto en donde la eficiencia se vuelve premisa, esta investigación se centra en la implementación del LPS en una obra de infraestructura, con características y externalidades que exigen la consideración de variables poco convencionales en el análisis de restricciones y que además impactan los resultados que terminan siendo condicionados y afectados por factores externos que pese a la efectividad del sistema de planificación resultan imposibles de controlar. Este trabajo se constituye en un aporte a la academia y al sector de la construcción en Colombia, que históricamente ha tenido una participación significativa dentro del PIB de la nación siendo eje dinamizador de la economía, la generación de empleo y el mejoramiento de la calidad de vida.

Palabras Clave: Last Planner System, Infraestructura, Planificación, Control.

ABSTRACT

From its creation in 2000, the Last Planner System (LPS) has been implemented successfully in the national and international area, increasing reliability and reducing variability in construction, which is evidenced in the academic literature and management reports. In Colombia the implementation of this system has focused on building projects, there is little evidence in infrastructure area which is a key sector for development, the economic opening and competitiveness of countries, to which Colombia wagers decisively in their planning and development policies requiring mechanisms systems and/or methodologies that improve the reliability in planning with results that impact the projects realization with time and resources optimization. In response to this challenge where efficiency becomes premise, this research focuses on the implementation of the LPS in an infrastructure, with features and external factors that demand the consideration of unconventional variables in the analysis of restrictions, and which also impact the results that end up being conditioned and affected by external factors which are impossible to control despite all the effectiveness of the planning system. This work is a contribution to the Academy and the building industry in Colombia, which historically has had a significant participation in the GDP of the nation being a dynamic axis of the economy, the generation of employment and the improvement of the quality of life.

INTRODUCCIÓN

En el tercer trimestre del año 2013 la economía colombiana creció 5.1% con relación al mismo período de 2012, y el mayor crecimiento se atribuye al sector de la construcción con un 21,3%, en donde los desembolsos reales para la construcción de obras civiles registraron un aumento del 18% (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE), lo que demuestra una vez más la importancia de este sector en el desarrollo del país y la necesidad de implementar herramientas que reduzcan el amplio margen de variabilidad que lo caracteriza, los sobrecostos y el incumplimiento de los plazos.

Teniendo en cuenta lo anterior la investigación objeto de estudio tiene como objetivo la implementación del sistema de planificación y control Last Planner System desarrollado por Glenn Ballard en 2000 con base en los principios de “Construcción sin pérdidas” conocido como “Lean Construction”, en un proyecto de obra civil como un aporte a la gestión de la construcción y la planificación de obras de construcción específicamente el área de infraestructura.

En Colombia se encuentran algunos registros de implementación del sistema, los cuales se concentran en el área de edificación, destacándose el caso del estudio desarrollado en la ciudad de Medellín por Botero L. F y Álvarez M. E. (2003-2005) el cual se constituyó en un importante referente para la implementación del sistema en el país razón por la cual esta investigación abre una puerta más a otro sector de la economía de gran impacto en el PIB de las naciones.

La implementación del LPS se basa en la observación directa y la implementación de formatos de planificación, control y seguimiento, en la “Construcción del Tramo 2B del Corredor Parcial de Envigado, en un período de 29 semanas en donde se presentaron variables externas que incidieron en los resultados y en el desarrollo de la investigación como tal, lo cual puede observarse en la evolución del PAC semanal que tuvo caídas por debajo del 50% así como picos de hasta el 94%, que una vez analizados resumen la dinámica generada en la ejecución de un proyecto de infraestructura vial con

un alto grado de participación o influencia de la comunidad, cuya documentación constituye sin duda un aporte a la academia y un referente para la aplicación del sistema en la construcción de obras civiles.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar el Last Planner System en un proyecto de construcción de infraestructura para mejorar la confiabilidad en la planificación y reducir su incertidumbre...

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dar a conocer el sistema mediante un proceso de socialización y formación del personal técnico, administrativo y operativo de la obra.
- Desarrollar las etapas del sistema en el proyecto “Tramo 2B del Corredor Parcial de Envigado, realizando el plan maestro, plan intermedio, análisis de restricciones, programa semanal y evaluación, evaluando los resultados del mismo.
- Consolidar y analizar los resultados para validar el proceso de implementación.
- Estandarizar el sistema, para su implementación en los proyectos del área de infraestructura de AIA.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El incumplimiento de los plazos de construcción, y la necesidad de prórrogas o la búsqueda de justificaciones para aumentar estos plazos no sólo afecta la credibilidad de las empresas del sector exponiéndolas a sobrecostos que lesionan sus utilidades. Igualmente las multas en que se incurre terminan afectando la estructura financiera de las constructoras.

Aun cuando en la empresa se cuenta con estrictos procesos de planificación y gestión de proyectos, que se resumen en presupuestos, planos, especificaciones y cronogramas de obra, por sí solos estos elementos no garantizan el éxito del proyecto de construcción. Se requiere de un sistema integral de planeación y control de manera coordinada entre el área técnica, administrativa y financiera de tal forma que se garantice la optimización de recursos y cumplimiento de plazos en términos de calidad y satisfacción del cliente y en general de todos y cada uno de los actores del proceso.

Más que un control de obra que se limite a reportes periódicos con porcentajes de atraso o adelanto de las actividades de construcción, se requiere de un ejercicio participativo y propositivo que permita tomar medidas a tiempo y prever situaciones que puedan resolverse de manera oportuna y no a la luz de la amenaza de multas o sobrecostos.

Con la investigación objeto de estudio se busca responder a la pregunta ¿De qué manera impacta la implementación del Last Planner System el desarrollo de la Construcción del Tramo 2B del Corredor Parcial de Envigado?; para lo cual se plantean las siguientes hipótesis: 1. La implementación del Last Planner System reduce la variabilidad en la Construcción del Tramo 2B del Corredor Parcial de Envigado. 2. Dada la naturaleza del proyecto y sus externalidades, el Last Planner System no

impacta la ejecución del mismo en cuanto a tiempos y efectividad de la planeación.

3. JUSTIFICACIÓN

La misión de AIA, la describe como una empresa dedicada al diseño arquitectónico, la construcción y estructuración de proyectos de edificación e infraestructura, y resalta su compromiso con la satisfacción de las necesidades de los clientes en términos de eficiencia y oportunidad, visionándose a 2015 como una empresa líder en el mercado colombiano a través de la implementación de procesos innovadores que garanticen un crecimiento rentable y sostenible; y esto sólo se logra implementando estrategias que faciliten la planeación y control de los proyectos de construcción, introduciendo mejoras substanciales en los procesos de producción y en el tema de cumplimiento en términos de oportunidad, calidad y eficacia.

Es así como la implementación del sistema de planeación y control Last Planner implementado ya con éxito en países como Colombia, Chile, Costa Rica, Brasil, Inglaterra, Estados Unidos, entre otros, surge como una oportunidad para el crecimiento y fortalecimiento de la empresa en línea con su misión y visión de corto y mediano plazo.

Un sistema que permita reducir las pérdidas en la producción y facilite la ejecución de las actividades con un análisis cuidadoso de las restricciones que permita que realmente lo que se puede hacer se haga y genere una medición y valoración constante del cumplimiento con la participación de todos sus actores o involucrados se constituye en una herramienta potencial para mejorar la rentabilidad, conservar las mejores relaciones con los clientes y hacer frente a los retos que supone una competencia cada vez más versátil y globalizada.

La implementación del Last Planner System en un proyecto real constituye un aporte de gran valor para mejorar la confiabilidad y reducir la incertidumbre de la planeación en las obras de AIA, y del sector de la construcción, en tanto se tendrá como referente para la aplicación de este

sistema en otros proyectos de construcción, nutriendo el cúmulo de experiencias y casos exitosos en Colombia y en el mundo.

De esta manera tanto el sector productivo como la academia serán beneficiarios del proyecto de implementación, para el primero como referente y para el otro como experimentación de un modelo que ha sido objeto de estudio e investigación durante más de una década y que por sus características y aportes sugiere mayor difusión en el medio, incluyendo su enseñanza en los programas de pregrado en ingeniería civil, arquitectura y construcción.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 ORIGEN

El Sistema de Planificación y Control “Last Planner System (LPS) fue desarrollado por Herman Glenn Ballard en el año 1992, quien ha desarrollado diferentes artículos que datan desde el año 1993 en donde tuvo lugar su primera publicación en el marco de la fundación del “International Group for Lean Construction” (Ballard, 2000).

El LPS comenzó con un enfoque en el mejoramiento de la calidad de las asignaciones en los programas o planes de trabajo semanales, agregando un proceso de búsqueda hacia adelante “lookahead” (Ballard, 2000) que se podría describir como una previsión a futuro con el fin de controlar los flujos o planes de trabajo, tanto en construcción como en el campo del diseño.

Durante su primer desarrollo el objetivo del LPS pasó de mejorar la productividad a mejorar la confiabilidad en la planificación del trabajo obteniendo como resultado un cambio en el planteamiento inicial que partía de la gestión de la calidad y las iniciativas de mejora del rendimiento en la industria de la construcción. (Ballard, 2000).

En ese esfuerzo por desarrollar una herramienta de planeación y control en línea con los principios lean que inicialmente lograron revolucionar la producción siendo un gran ejemplo de ello el Sistema Toyota de Producción, y que posteriormente en su aplicación a la industria de la Construcción son desarrollados por Lauri Koskela (1999), Ballard, pasando de la teoría a la práctica y partiendo de estos principios como premisas y parámetros para mejorar la producción y la confiabilidad en la planeación, en un gran aporte a la gestión y la planificación en la industria de la Construcción, provee de una herramienta eficaz que enfoca el control hacia una mirada antes de y no como un diagnóstico después de que simplemente arroja indicadores de lo que debió hacer, pero no se logró.

4.2 CONCEPTOS BÁSICOS

4.2.1 Planificación

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, se define la planificación de dos maneras: la primera como “la acción y efecto de planificar”, que a su vez se define como “Trazar los planos para la ejecución de una obra, hacer plan o proyecto de una acción y /o someter a planificación”; y la segunda entendida como el “*plan general, metódicamente organizado y frecuentemente de gran amplitud, para obtener un objetivo determinado, tal como el desarrollo armónico de una ciudad, el desarrollo económico, la investigación científica, el funcionamiento de una industria*”.

Según La American Management Association, “*La planificación consiste en determinar **qué** se debe hacer **cómo** debe hacerse, **quién** es el responsable de que se haga y **por qué**”; siendo estos los razonamientos claves al emprender un proyecto y de cuyas respuestas se construye el plan, que es a su vez la ruta de navegación para la ejecución de un proyecto*

En una definición con un sentido inclinado hacia la parte procedimental, según Antill y Wodhead, se tiene que la planificación constituye el “*proceso de seleccionar el método y el orden de trabajo a adoptar para el proyecto entre todos los caminos y secuencias por los que pudiera realizarse*” (Atill y Woodhead, 1995).

Partiendo de lo anterior podría resumirse el concepto en la elaboración de un plan o estructuración de un proyecto para conseguir un objetivo, que para el caso del presente trabajo se constituye en la construcción de una obra civil, involucrando variables de tiempo, costos y recursos, las cuales se

interrelacionan en un conjunto de actividades o tareas generales y específicas, las cuales llevan a la materialización del objetivo.

Esa relación directa entre la planificación y el cumplimiento del objetivo, teniendo en cuenta que ésta constituye el medio para lograrlo, hace que la planificación sea un elemento clave en la ejecución de cualquier tipo de proyecto. Ballard, afirma que una buena planificación mejora la productividad mediante la reducción de las demoras, programando mejores secuencias, coordinando las dependencias entre actividades y asignando la mano de obra para el trabajo disponible, concluyendo de esta manera que una de las formas más efectivas para mejorar la productividad es mejorar la planificación. (Ballard, 1994).

4.2.2 Métodos para Programación y Control

Existen diversos métodos para programación y control de proyectos que facilitan el análisis y organización de la información, la presentación de los resultados y en general del plan de trabajo que se describe en función de las actividades, tiempo, cantidades, recursos materiales y de trabajo, así como costos, según el nivel de detalle exigido o propuesto por el equipo de planificación del proyecto. (Serpell y Alarcón, 2001). Dependiendo de las características del proyecto, los resultados esperados y las exigencias de control establecidos para el mismo, se usa uno u otro método de planificación, entre los que se destacan, el diagrama de Gantt, el método de la ruta crítica, las líneas de balance y la programación rítmica.

4.2.3 Diagrama de Gantt.

El diagrama de Gantt, también llamado Carta Gantt fue desarrollado por Henry Gantt alrededor del año 1900, y es catalogada como la herramienta de planificación más fácil de usar, (Serpell y Alarcón, 2001). Consiste en una representación gráfica de las actividades o tareas de un proyecto en una escala de tiempo, en donde las actividades se listan sobre el eje vertical, la escala de tiempo se dibuja sobre el eje horizontal y la duración de las tareas se representan en forma de barras horizontales paralelas a la escala de tiempo en donde puede visualizarse su inicio y su fin.

Esta herramienta goza de gran aceptación en el sector de la construcción y es común esta representación para la programación de las obras, en tanto es la representación gráfica más fácil de visualizar y comprender, sin embargo una de sus desventajas radica en que a mayor nivel de detalle en la planificación se dificulta su visualización y por ende aquella característica que la hace ventajosa pierde peso y en muchas ocasiones termina convirtiéndose simplemente de la decoración de la oficina de obra.

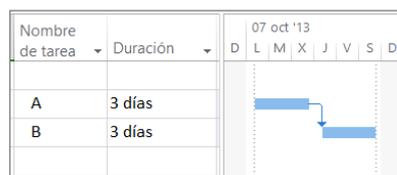
Teniendo en cuenta que una de las principales desventajas del diagrama de Gantt es que no se muestran en forma efectiva las dependencias entre actividades (Serpell y Alarcón, 2001), se tiene la carta de Gantt ligada o diagrama de barras ligadas, que permite observar las relaciones de dependencia entre las actividades; sin embargo en proyectos con cientos de actividades es difícil observar con claridad la secuencia o flujo de trabajo con base en las líneas de dependencia.

El diagrama de Gantt permite hacer seguimiento y control el cual se representa por una barra de progreso, la cual se representa sobre la misma barra de tiempo de la tarea con un sombreado, tono o trama que indique el tiempo transcurrido de ejecución o avance de la actividad; o una barra adicional bajo la barra de tiempo inicial, cuya longitud indica el progreso de la tarea.

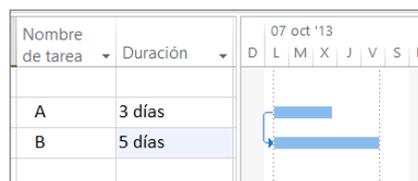
4.2.3.1.1 Relaciones de dependencia

En la carta de Gantt Ligada, las relaciones de dependencia o vínculo de tareas se representan por una flecha rectilínea que parte de una tarea A una tarea B, siendo A la actividad denominada predecesora y B la actividad o tarea sucesora.

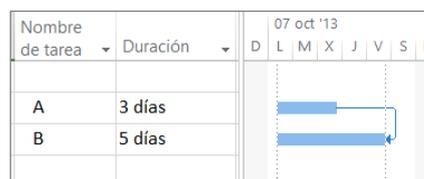
Existen cuatro tipos de vínculos o relaciones de dependencia: *Fin a comienzo (FC)*, en donde el fin de la tarea A se vincula con el inicio de la tarea B (ver gráfica 1); *Comienzo a Comienzo (CC)*, en donde el vínculo parte del inicio de la tarea A y llega al inicio de la tarea B (ver gráfica 2); *Fin a Fin (FF)*, en donde el fin de la tarea A se une al fin de la tarea B (ver gráfica 3).; y, *Comienzo a Fin (CF)*, en donde el comienzo de la tarea a se vincula al fin de la tarea B. (ver gráfica 4).



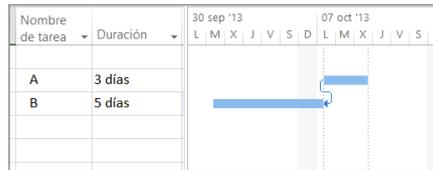
Gráfica 1 Relaciones de dependencia (Fin a Comienzo)



Gráfica 2 Relación Comienzo a Comienzo

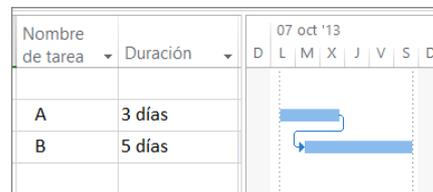


Gráfica 3 Relación Fin a Fin



Gráfica 4 Relación Comienzo a Fin

Entre las relaciones de dependencia pueden representarse retardos o posposiciones, que pueden ser positivas o negativas. Por ejemplo, la tarea B comienza dos días antes de terminar la tarea A, esto es una posposición negativa, es decir una relación $FC = -2$.



Gráfica 5 Relación FC con retardo negativo

4.2.3.2 Método de la Ruta Crítica

El método de la ruta crítica es una técnica para la planeación y dirección de proyectos que consiste en la representación del plan de un proyecto a través de un diagrama esquemático o red que figura la secuencia e interrelación de los componentes de proyecto y el análisis lógico, determinando el programa general de operación (Atill-Woodhead, 1995)

Este método tuvo su origen entre 1956 y 1958 en Estados Unidos en dos casos que requerían de precisión en la planeación de costos y tiempos, el primero de ellos, la contratación para el programa de cohetes Polaris de la U.S Navy, en donde dadas las particularidades del proceso de manufactura requería de una estimación de duraciones basada en probabilidades, para lo cual se hicieron estimaciones matemáticas basados en la determinación del tiempo optimista, pesimista y el más probable, teniendo como consecuencia el procedimiento denominado PERT (Técnica de Evaluación y Revisión del

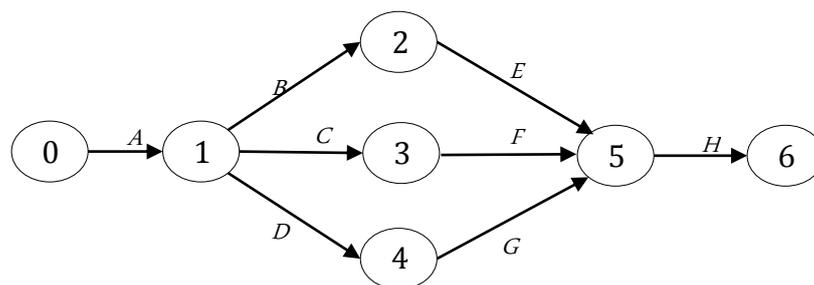
Programa), al que posteriormente se le incluyó la variable de costo en lo que se denominó PERTCO (PERT más costo) (Atill-Woodhead, 1995).

El segundo caso o problema de estudio, la construcción de plantas químicas de la empresa E.I du Pont de Nemours Company, requería de precisión en la estimación de costo y tiempo, por lo cual se desarrolló un método que incluía el diseño, la construcción y el mantenimiento, basado en estimaciones realistas de costo y tiempo, el cual recibió el nombre de PPS (Planeación y Programación del Proyecto) (Atill-Woodhead, 1995).

4.2.3.2.1 Representación Gráfica

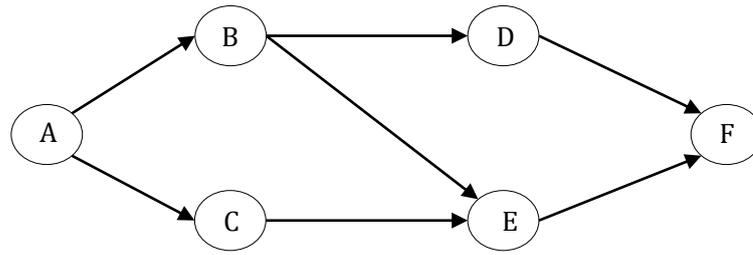
La representación gráfica de los modelos de ruta crítica consiste en una red o diagrama lógico en donde las actividades del proyecto y las relaciones entre ellas se muestran a través de conjunto de símbolos, como son los diagramas flecha-actividad y los diagramas nodo-actividad (Serpell y Alarcón, 2001).

En el diagrama flecha-actividad, cada línea o flecha representa una actividad, los círculos llamados nodos representan eventos que son los hitos de control, inicio o fin de la actividad (Serpell y Alarcón, 2001); y las relaciones entre actividades son las relaciones de una flecha con las demás (Atill y Woodhead, 1995). Ver Gráfica 6



Gráfica 6 Representación de un Diagrama de Flechas (Atill y Woodhead, 1995)

En el diagrama nodo-actividad, los nodos representan las actividades del proyecto y las flechas representan las relaciones de precedencia entre actividades (Serpell y Alarcón, 2001).



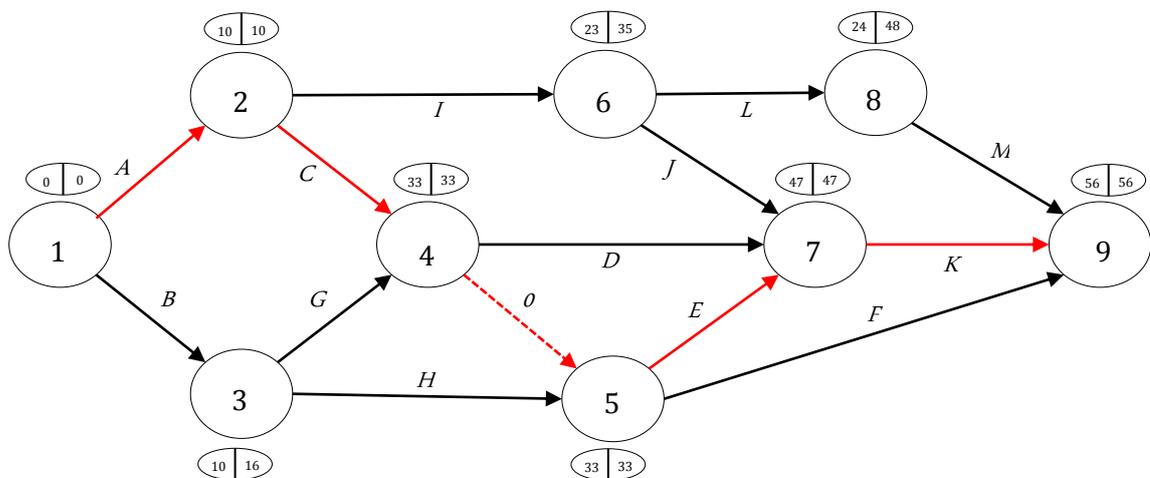
Gráfica 7 Representación de un Diagrama Nodo Actividad (Atill y Woodhead, 1995)

4.2.3.2 Cálculo de la ruta Crítica

La ruta crítica puede definirse como el conjunto de actividades cuya secuencia y duración determina la duración total del proyecto, y cualquier atraso o demora en estas tareas que reciben en el nombre de tareas críticas afectan directamente la terminación del proyecto.

Para calcular la ruta crítica se debe identificar las tareas o actividades críticas las cuales deben cumplir con dos condiciones fundamentales; la primera es que éstas deben comenzar y terminar en un evento crítico, y la segunda que la duración de la actividad (t_{ij}) debe ser igual a la diferencia de los eventos inicial (j) y final (i), es decir $T_j - T_i = t_{ij}$ (Atill y Woodhead, 1995).

En la gráfica 8 se muestra el diagrama con la ruta crítica integrada por los nodos 1-2-4-5-7-9 que cumplen los parámetros antes mencionados.



4.3.3 Líneas de Balance

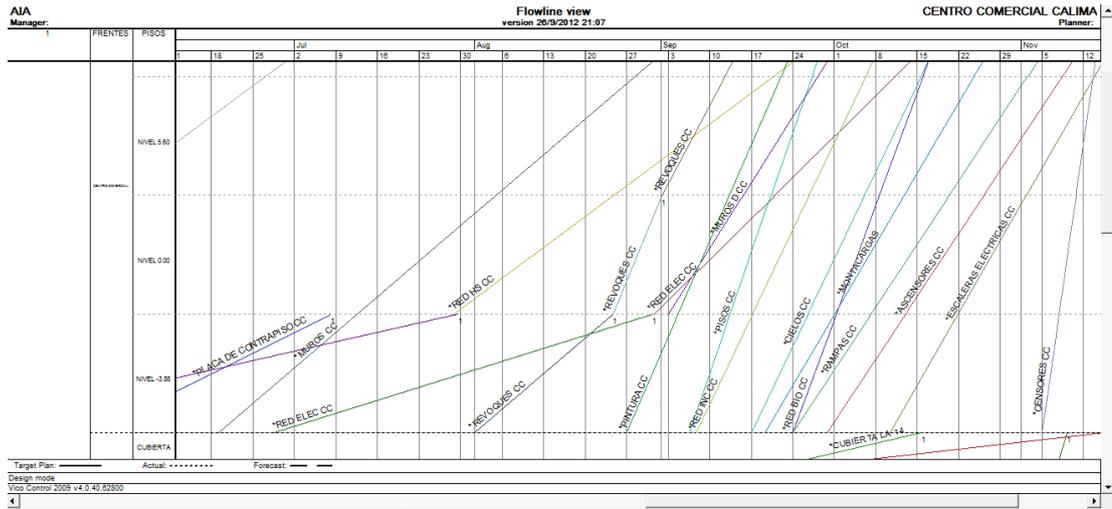
Gráfica 8 Diagrama con tiempos y ruta crítica (Atill-Woodhead, 1995)

El método de la línea de balance, fue desarrollado para el control de operaciones repetitivas en la industria de la manufactura y en construcción ha sido empleada para la programación de obras que se caracterizan por una producción en serie o tareas repetitivas como es el caso, de las obras de infraestructura vial, proyectos de viviendas, edificaciones en altura, y en general, aquellas en donde se desarrollen procesos en serie (Serpell y Alarcón, 2001).

Con la utilización de este método se busca balancear la velocidad de avance o progreso de las actividades y programarlas de tal forma que se eliminen las interferencias entre éstas; lo cual se consigue ajustando la velocidad de producción de cada actividad.

Las líneas de balance se representan en un plano bidimensional, en donde el eje vertical corresponde al progreso y el eje horizontal indica el tiempo (Serpell y Alarcón, 2001).

La distancia horizontal entre las líneas representa la holgura en tiempo. En la gráfica 9 se ilustra un ejemplo de líneas de balance para la construcción de un centro comercial, con la ayuda del software Vico Control.



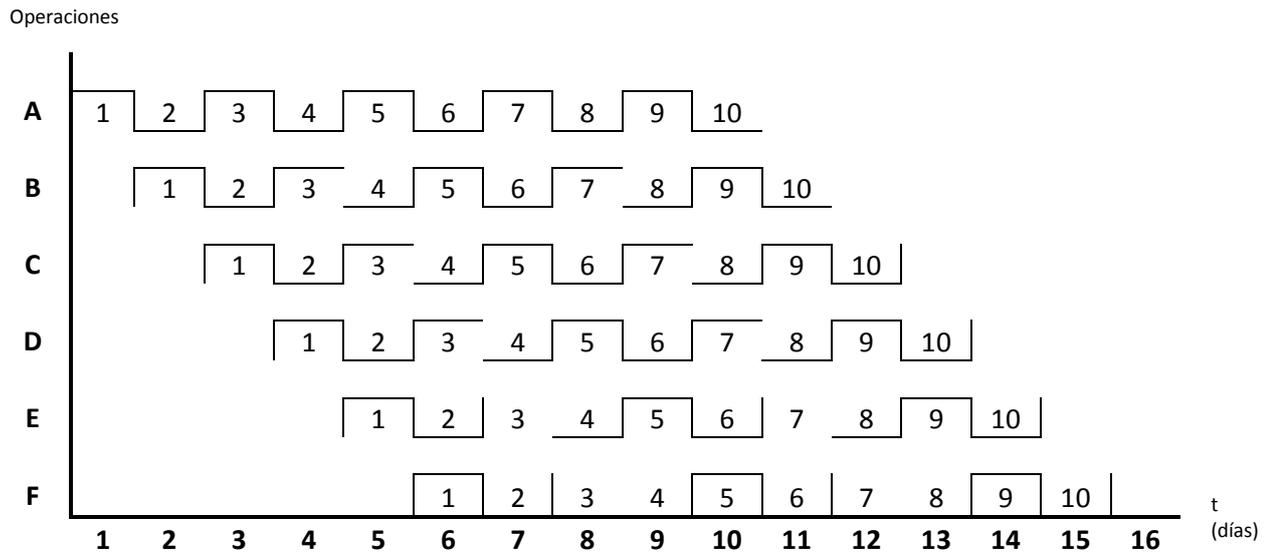
Gráfica 9 Ejemplo de programación con líneas de balance, para l construcción de un centro comercial.

4.2.3.4 Programación Rítmica

Este método o técnica de programación es empleado en proyectos con tareas repetitivas como los mencionados en la técnica de líneas de balance, en donde los procesos pueden desarrollarse en series de producción.

En la programación rítmica las actividades u operaciones repetitivas se realizan en un tiempo común que recibe el nombre de ritmo, eliminando de esta manera las holguras que se producen en las tareas de menor duración, y convirtiendo todas las actividades en tareas críticas formando un proceso continuo. (Serpell y Alarcón, 2001).

En la gráfica N. 10 se muestra un ejemplo de la representación gráfica de una programación rítmica en donde se realizará la construcción de 10 elementos de obra, que constan cada uno de 6 operaciones que tardan 1 día en ejecutarse, de esta manera A,B,C,D,E y F son las operaciones y de 1 a 10 los elementos de obra.



Gráfica 10 Ejemplo de representación de una programación rítmica (Serpell y Alarcón, 2001)

4.3 THE LAST PLANNER SYSTEM

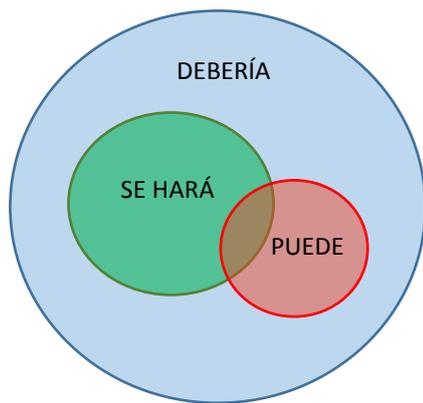
4.3.1 DESCRIPCIÓN

El Last Planner System es un sistema de planificación y control de la producción, aplicado en proyectos de construcción para mejorar la planificación y el rendimiento de la producción (Ballard, 2011), que involucra cuatro procesos: programa maestro, programa intermedio, análisis de restricciones y el programa semanal.

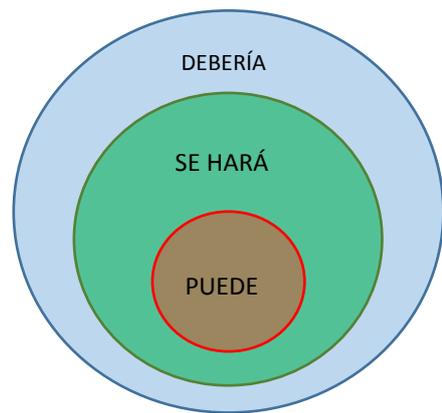
Ballard llamó último planeador a la persona o grupo de personas encargadas de realizar las asignaciones en un proyecto (Ballard, 2000), que podrían definirse además como las tareas que serán realizadas en el corto plazo (programa semanal).

El LPS como filosofía, provee un conjunto de procedimientos y herramientas para reducir la variabilidad y la incertidumbre en la construcción, en donde se parte de lo que se “DEBERIA” hacer; se da especial importancia a lo que se “PUEDE” hacer y finalmente se llega al hacer o a lo que realmente se hará, en

contraposición a la planificación tradicional en donde se parte de igual forma del “DEBERÍA” pasa directamente al “HACER” y en el proceso se encuentra que ese hacer se ve limitado por lo que realmente se “PUEDE” ejecutar, generando interrupciones, reprocesos y/o demoras que afectan el cumplimiento de la programación (Alarcón, 2011). En las figuras 10 y 11 se ilustran estos conceptos.



Gráfica 12 Filosofía de planificación usual. Fuente Alarcón 2011



Gráfica 11 Filosofía de planificación "lean". Fuente Alarcón 2011

4.4 NIVELES DE PLANIFICACIÓN

4.4.1 Programa Maestro (Master Schedule)

El Programa Maestro, es el conjunto de actividades, o tareas que deberían hacerse, en un período de tiempo o plazo de ejecución determinado y ésta conformado por todas y cada una de las actividades del proyecto, (Alarcón,2011); es lo que comúnmente se conoce como cronograma de obra o programación de obra, integrado por un esquema detallado de trabajo, también conocido como EDT, en donde se agrupan y subdividen las tareas en fases, se muestran las secuencias de trabajo, estableciendo las dependencias entre tareas, así como las holguras, los hitos para determinar plazos de entregas parciales en el caso de aquellos proyectos en que son aplicables y, la

asignación de los recursos físicos y materiales necesarios para la ejecución de los trabajos.

Para la presentación de este programa se usan software específicos que facilitan la organización y visualización de la información, permitiendo además generar informes de control y seguimiento; entre los que se destacan programas como Microsoft Project, Primavera Project Planning, Vico Control, entre otros; los cuales han evolucionado y presentan cada vez más herramientas de control y utilidades en sus diferentes versiones.

4.4.2 Programa de Fase

El programa de fase es el segundo nivel de planificación y se hace necesario cuando los proyectos son largos y complejos (Alarcón, 2011), consiste en una subdivisión del programa maestro, para dar cumplimiento a los hitos establecidos en éste, los cuales se establecen en algunos casos, sobre todo cuando se hace entrega de trabajos por etapas o fases.

4.4.3 Programa Intermedio (Lookahead Plan)

Corresponde al segundo nivel de la jerarquía en la planificación, y le sigue a la planificación inicial (Botero, 2005), es desarrollada con el fin controlar los flujos de trabajo y cumple la función de señalar lo que se DEBERÍA HACER en un futuro cercano (Nieto, 2009).

Se definen como funciones del proceso “Lookahead” las siguientes (Ballard, 2000),

- Formular la secuencia del flujo de trabajo.
- Ajustar el flujo de trabajo y su capacidad.

- Descomponer las actividades del Programa Maestro en paquetes de programas y operaciones.
- Desarrollar métodos detallados para la ejecución del trabajo.
- Mantener un inventario de trabajo ejecutable (Nieto, 2009).
- Actualizar y revisar los programas del nivel superior.

Para llevar a cabo el ejercicio de las funciones anteriores se definen las asignaciones para cada actividad, se hace el análisis de restricciones, lo cual lleva en esa mirada hacia delante (lookahead) para determinar las asignaciones semanales que son aquellas tareas que se consideran podrán ser realizadas en el siguiente nivel de planificación que es la programación semanal, la cual se detalla en el numeral 4.4.5.

El intervalo o período de tiempo que abarca la programación intermedia en el proceso “lookahead” va de un número de 3 a 12 semanas (Ballard, 2000), el cual está determinado por las características del proyecto y la decisión del equipo de trabajo.

La razón de ser e importancia de la programación intermedia radica en que es allí donde se identifican las tareas o actividades que realmente pueden hacerse, así como las restricciones que en su momento pueden llevar a atrasos en la ejecución del proyecto.

La programación intermedia es una mirada hacia adelante en una ventana de tiempo en donde las asignaciones son sometidas a un análisis que va abriendo paso hacia la ejecución, en la medida que va viabilizando la realización de las actividades y generando las alertas tempranas de esos elementos que podrían interferir en el desarrollo normal de las tareas, con el fin de contrarrestarlas y tomar las medidas necesarias para evitar atrasos en la programación, siendo esto lo contrario a la costumbre arraigada donde se piensa que “ en el camino se van ajustando las cargas” que no es más que cerrar los ojos a lo previsible y simplemente se traduce en esperar a que el problema aparezca para hallar su

solución con las consecuencias que por lo general son desfavorables e impactan el costo y los rendimientos de los trabajos.

4.4.4 Análisis de Restricciones

Una vez se identifican las asignaciones o tareas en la programación intermedia, éstas son sometidas al análisis de restricciones (Ballard, 2000), que constituye en la identificación de las limitaciones que de no ser superadas imposibilitan la ejecución de las tareas, y que pueden estar determinadas por insuficiencia en los diseños o falta de detalles, permisos y trámites legales, prerequisites o predecesoras, disponibilidad de recursos materiales, de trabajo y/o económicos, y en general aquellas que son particulares o específicas dependiendo del proyecto.

Al establecer las restricciones para cada una de las asignaciones, se determina el estado de la actividad el cual resulta de la posibilidad de eliminar estas restricciones antes del comienzo programado de la actividad (Nieto, 2009), lo cual permite controlar el flujo de trabajo, teniendo en cuenta que podrían presentarse actividades que pese a estar programadas no pudieran ejecutarse o iniciarse en el tiempo previsto.

El análisis de restricciones se realiza de manera continua, es decir semanalmente cada vez que se actualiza la programación intermedia, en el intervalo o ventana de tiempo definido.

El análisis de restricciones exige la gestión por parte de los proveedores de bienes y servicios y proporciona al coordinador una alerta temprana de los problemas con el tiempo suficiente para planificar. (Ballard, 2000).

Sin embargo no basta con realizar el análisis de restricciones determinar el estado de la actividad frente a éstas, sino que se hace necesario dar un paso adelante en lo que se denomina la preparación de las restricciones que es el punto donde se toman las acciones necesarias para eliminar las restricciones o

limitaciones de las actividades, para que así puedan comenzar en el momento determinado (Nieto, 2009).

Nieto, sugiere tres etapas dentro de la preparación de restricciones, la primera que define como **confirmar el tiempo de respuesta** que consiste en determinar el último responsable de eliminar la restricción y el tiempo de respuesta más probable para comenzar la siguiente actividad; la segunda, que constituye **la identificación de necesidades específicas**, y la tercera que consiste en **la reasignación de recursos**.

La preparación de las restricciones es fundamental ya que permite visualizar el estado de las restricciones y su eliminación, lo cual permitirá la liberación de las actividades o la reprogramación del flujo de trabajo en los casos donde ciertas externalidades impidan la eliminación de estas restricciones en el tiempo requerido.

Las actividades con alta probabilidad de ejecución, cuyas restricciones hayan sido eliminadas constituyen el denominado inventario de trabajo ejecutable (ITE), (Nieto, 2009) y son las que finalmente conformaran el programa semanal.

4.4.5 Programa Semanal (Weekly Plan)

El programa semanal está conformado por el conjunto de actividades que se harán la semana siguiente y está condicionada por el cumplimiento de las metas fijadas la semana anterior, las tareas previstas en el programa intermedio y el análisis de restricciones (Alarcón, 2011). Las actividades relacionadas en el programa semanal hacen parte del inventario de trabajo ejecutable, de lo contrario se tendrían actividades que por tener restricciones aún sin ser liberadas podrían alterar el flujo de trabajo y generar el incumplimiento de las asignaciones.

La programación semanal es realizada por los **últimos planificadores** que son aquellos responsables de la ejecución de las actividades; de lo contrario se convertirá en un plan o escrito más de un sistema de planificación o un sistema

de calidad en donde se hacen las cosas simplemente por un requisito y no por su funcionalidad.

Botero, 2004, señala algunas características en la realización de planes acertados como son:

- *La correcta selección de la secuencia del trabajo, de acuerdo con el plan maestro establecido, las estrategias de ejecución y la constructabilidad*
- *La correcta cantidad de trabajo seleccionada, teniendo en cuenta la capacidad de trabajo de las cuadrillas que ejecutarán las actividades.*
- *La definición exacta del trabajo por realizar y que puede hacerse, es decir, la garantía de que todos los prerrequisitos se han ejecutado y que se cuenta con recursos disponibles para tal fin.*

El programa semanal constituye el plan de vuelo, la ruta de navegación, el conjunto de actividades a desarrollar en el corto plazo. Está integrada por las unidades de producción más pequeñas o las tareas más detalladas que han sido previamente analizadas y viabilizadas y que una a una llevarán a la ejecución del plan general, de ese plan maestro de donde se desprendieron cada uno de los niveles de planificación.

4.5 MEDICIÓN PAC

El Porcentaje de Asignaciones Completadas (PAC), del inglés Percent Plan Complete (PPC), es el número completado de actividades previstas, dividido por el número total de actividades previstas, expresado como un porcentaje. (Ballard, 1994).

El PAC constituye un parámetro de control y medición del sistema de planificación, evidenciado a través de los resultados en la ejecución de las actividades que integran el plan.

A través de la medición del PAC se logra identificar, la asertividad del plan en aspectos tales como, la secuencia de las actividades, las cantidades de obra programadas, y la viabilidad en la ejecución de las actividades o tareas,

determinada por los recursos y la eliminación de restricciones o variables que puedan afectar el inicio y/o desarrollo normal de las mismas.

El PAC proporciona la razón de cumplimiento de las metas de ejecución previstas para la semana: cuantas tareas se cumplieron o alcanzaron con respecto al número de tareas que se habían establecido como posibles en el programa semanal.

4.6 ESTADO DEL ARTE

4.6.1 A NIVEL INTERNACIONAL

En la Publicación del año 2000, titulada “THE LAST PLANNER SYSTEM OF PRODUCTION CONTROL”, realizada por el autor del LPS, HERMAN GLENN BALLARD, se describe el proceso de implementación del sistema, en cinco casos de estudio, los cuales se documentaron, analizaron y concluyeron, dando respuesta además a las preguntas de investigación planteadas en esta disertación; y siendo además los primeros casos en documentarse.

El primer caso de estudio descrito fue el Proyecto CCSR, el cual constituyó una extensión de la implementación del LPS en la coordinación de las múltiples actividades de un proyecto de construcción, en donde la principal mejora estuvo relacionada con el análisis de restricciones; el segundo caso de estudio, “The Next Estage Project, como una aplicación del sistema para diseñar el control de la producción; como tercer caso se presentó el “Pacific Contracting” que mostró los esfuerzos de un contratista por mejorar el rendimiento en el flujo de trabajo; en el cuarto caso “Old Chemistry Building Renovation Project” se mostró el mejoramiento del flujo de trabajo teniendo un mayor cuidado en el entrenamiento y conocimiento del equipo de trabajo; y el caso número cinco, “Zeneca Project” en donde se contó con un significativo entrenamiento de los participantes y las últimas ideas y técnicas del LPS, en su momento. (Ballard, 2000).

Ballard and Howell (2004) en su artículo AN UPDATE ON LAST PLANNER, hablan de la forma como a partir del año 1992 se inició la implementación del sistema y cómo esta implementación había aumentado tras la publicación de "Producción Blindaje en el año 1998" en diferentes países entre los que destacaban según su conocimiento los Estados Unidos, Reino Unido, Dinamarca, Finlandia, Indonesia, Australia, Venezuela, Brasil, Chile, Ecuador y Perú, resaltando como en un caso peruano se había alcanzado un aumento del 90% en la productividad de un contratista.

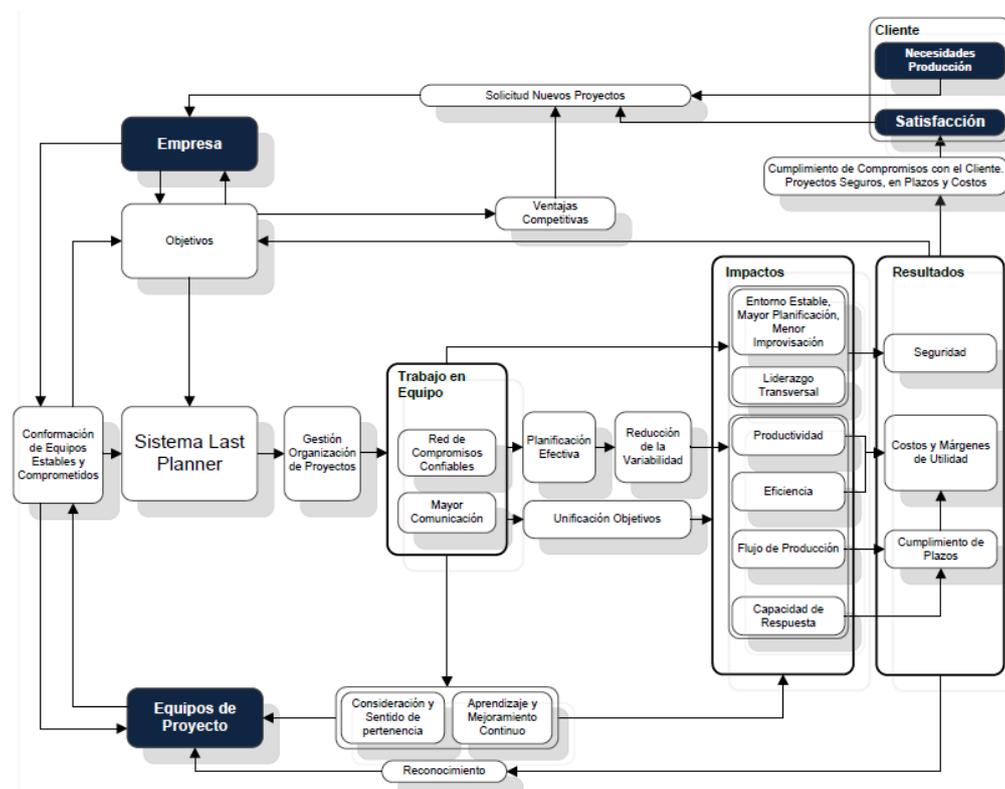
4.6.2 EN LATINOAMÉRICA

Tal y como se describe en apartes anteriores, documentado por Ballard y Howell (2004), se evidencia la implementación del LPS desde sus orígenes, en países latinoamericanos como son, Venezuela, Brasil, Chile, Ecuador y Perú; sin mencionar los casos de implementación en Colombia, República Dominicana, Argentina y Costa Rica.

En Perú, se tienen casos de estudio como el desarrollado por Daniel Miranda Casanova, en su tesis de ingeniería en donde se realizó la implementación del LPS en una habilitación urbana, en donde se resaltó la importancia del programa semanal para la ejecución de las actividades y se destaca además cómo el compromiso y colaboración de los miembros del equipo son fundamentales para lograr una implementación exitosa del sistema (Miranda, 2012).

En Chile se destaca la tesis de maestría, realizada por Mauricio Andrés Leal Flórez, cuyo título es "**IMPACTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN OBRAS DE MONTAJE INDUSTRIAL EN MINERÍA**"; en donde se desarrolló la implementación del LPS en tres proyectos de montaje industrial para minería en los que se demostró cómo "*La implementación de LPS agrega valor al servicio entregado por la empresa entregando sustentabilidad a la operación y ventajas competitivas en el mercado*" (Leal,

2010) generando además un interesante esquema de implementación como se muestra en la siguiente gráfica.



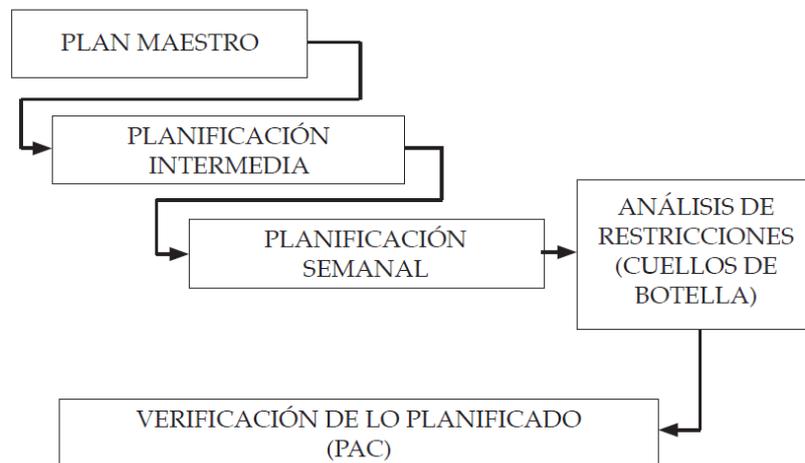
Gráfica 13 Esquema de implementación del LPS (Fuente: Leal, 2010)

En Ecuador, Fiallo y Revelo (2002) desarrollaron la implementación del LPS en un conjunto residencial en la ciudad de Quito, en donde se destaca una mejora en el PAC del 41% en la primera semana hasta un 91% en la quinta semana, con un promedio durante el período de ejecución del 62%, siendo este trabajo un antecedente para la implementación en trabajos futuros como el caso de la tesis de ingeniería titulada “LECCIONES SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM” que tuvo como caso de estudio la construcción de un conjunto residencial de 5211.24m² ubicado al norte de la ciudad de Loja, en el cual se obtuvo un PAC promedio del 86% y se logró incrementar el rendimiento de las cuadrillas generando ahorros en mano de obra. (Ocampo, 2011)

4.6.3 EN COLOMBIA

En Colombia se tiene como primer caso de estudio la implementación del sistema en compañías constructoras de la ciudad de Medellín, en el año 2003, dirigida y documentada por Luis Fernando Botero Botero y Martha Eugenia Álvarez Villa, en donde los resultados obtenidos mostraron una tendencia de mejoramiento cada vez que se aplica el sistema, de acuerdo al PAC, (Botero y Álvarez, 2004).

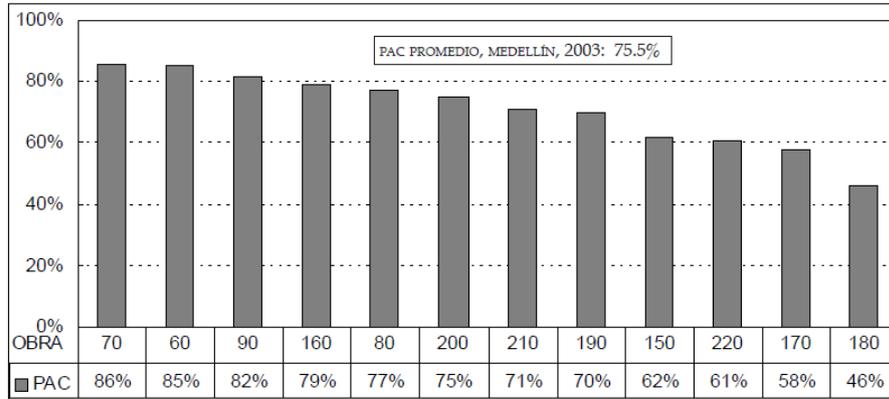
El estudio contó con la participación de siete constructoras de gran peso en el mercado inmobiliario de la ciudad de Medellín e incluso algunas de ellas con participación nacional e internacional; se seleccionaron 12 obras representativas, en las que se implementó el sistema de planificación Last Planner, en cuyo proceso de aplicación se siguieron cuatro pasos: revisión del programa maestro, elaboración de la planificación intermedia en un horizonte de 5 semanas, con el respectivo análisis de restricciones; elaboración del plan semanal y reuniones e verificación y cumplimiento del programa semanal.



Gráfica 14 Proceso de Planificación LP (Botero y Álvarez, 2004)

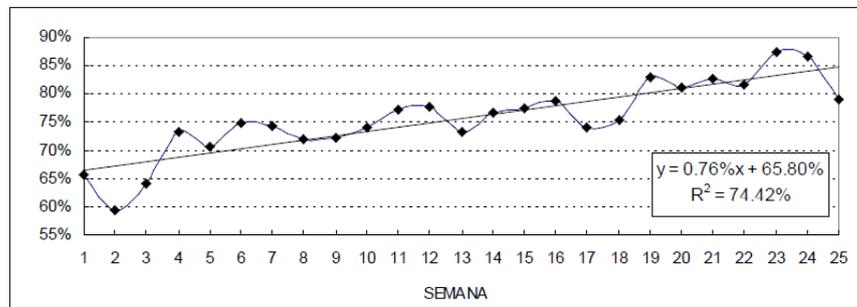
Dentro de los resultados del estudio, se tiene un PAC promedio del 75,5%, siendo los mejores desempeños los reflejados por la obra 60 con un PAC del

86%, los desempeños más bajos – por debajo del 70% - constituyeron sólo el 33% de los resultados.



Gráfica 15 Resultados PAC obras Medellín, 2003. (Botero y Álvarez, 2004)

En la medida en que se avanzó en la implementación, pudo evidenciarse la disminución de la incertidumbre en la planeación, con un aumento visible de la confiabilidad como se muestra en la gráfica 16.



Gráfica 16 Evolución del PAC semanal en Medellín (Botero y Álvarez 204)

Este primer trabajo arrojó dentro de sus conclusiones arrojó que “*El estudio realizado muestra un incremento en el cumplimiento de lo planificado desde el 65% en la primera semana de implementación del sistema hasta el 85% en la semana 25*”, lo cual en su momento permitió concluir sobre las bondades del sistema y su incidencia en el mejoramiento de la confiabilidad y reducir la incertidumbre de la planificación. (Botero y Álvarez, 2004).

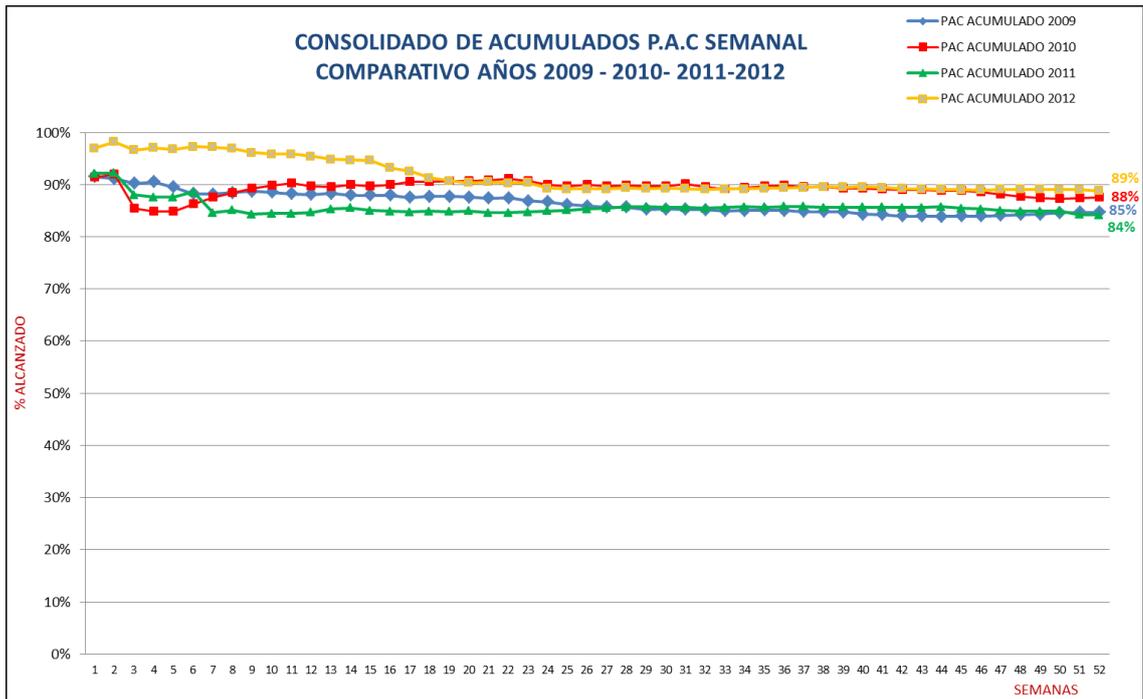
A lo largo de los últimos años se han incrementado los casos de implementación del LPS en proyectos de construcción, algunos de los cuales han sido documentados a través de tesis de pregrado y postgrado de las universidades más importantes del país, así como en informes de gestión internos de algunas empresas como es el caso de URBANSA S.A, ZFB Desarrolladora, Concreto y Arquitectura y Concreto.

Entre las tesis de pregrado y postgrado, se destacan casos como la tesis titulada “Aplicación de la Metodología de Planeación Last Planner en el mejoramiento de la productividad, efectividad y eficiencia en el sistema constructivo aportado (Lean Construction)” por Elberth Delgado Orduz de la Universidad Industrial de Santander; el artículo académico “Mejoramiento de gestión en la construcción mediante el sistema “último planificador”” por R.A Perdomo de la Universidad de los Andes

4.6.3.1 Implementación en la empresa URBANSA S.A (Informe de Gestión 2012)

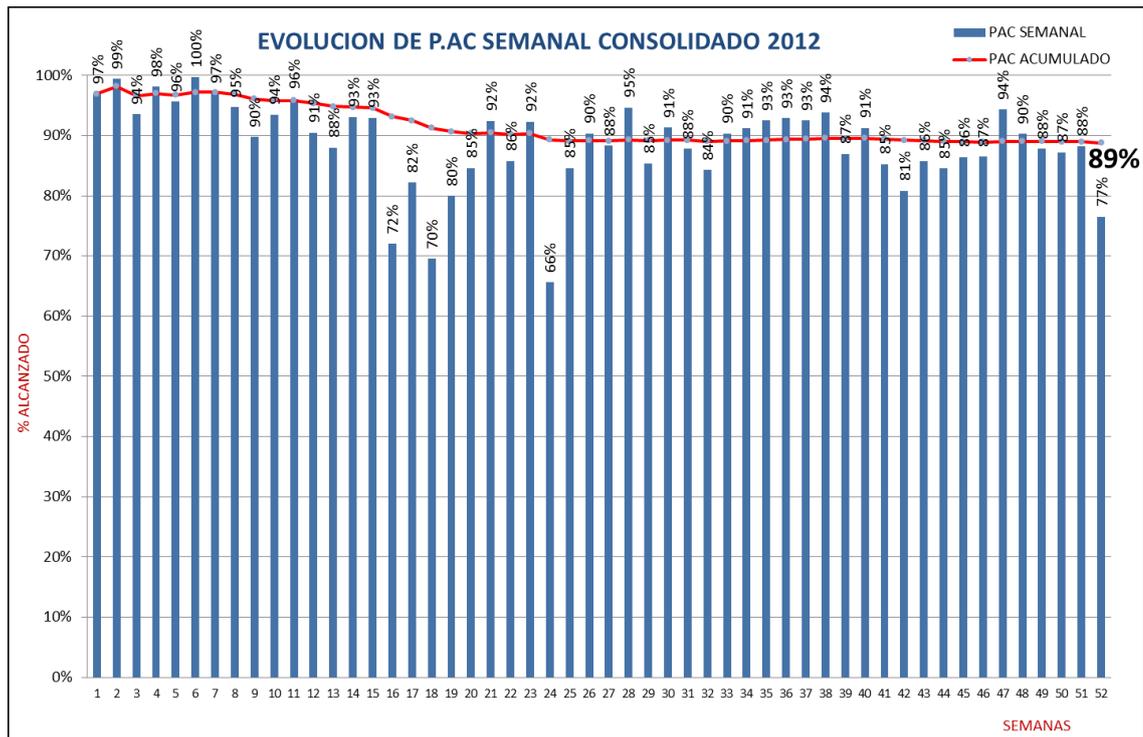
Urbansa S.A. es una empresa dedicada a la promoción, gerencia, construcción y venta de desarrollos inmobiliarios, con sede principal en la ciudad de Bogotá; la cual puede destacarse como la empresa que mejores desempeños ha logrado en la implementación del Last Planner System en sus proyectos (Botero, 2013).

En su Informe de Gestión 2012, Urbansa S.A, presenta una evidente evolución del PAC, que pasó del 84% en 2011 aun 89% en 2012. (Ver Gráfica 17)



Gráfica 17 Consolidado de acumulados PAC semanal 2009-20012 (Vega, 2013)

En el año 2012 la empresa presenta una evolución del PAC, con picos de 95 al 100% en las semanas de 1 a 8 y la semana 29, como se observa en la gráfica 15, ubicando los picos más bajos entre el 66% y 72% en las semanas 15, 18 y 24, los cuales siendo los porcentajes más bajos de todo el año, se ubican dentro de la media general de las empresas, siendo la excelencia su mayor constante.



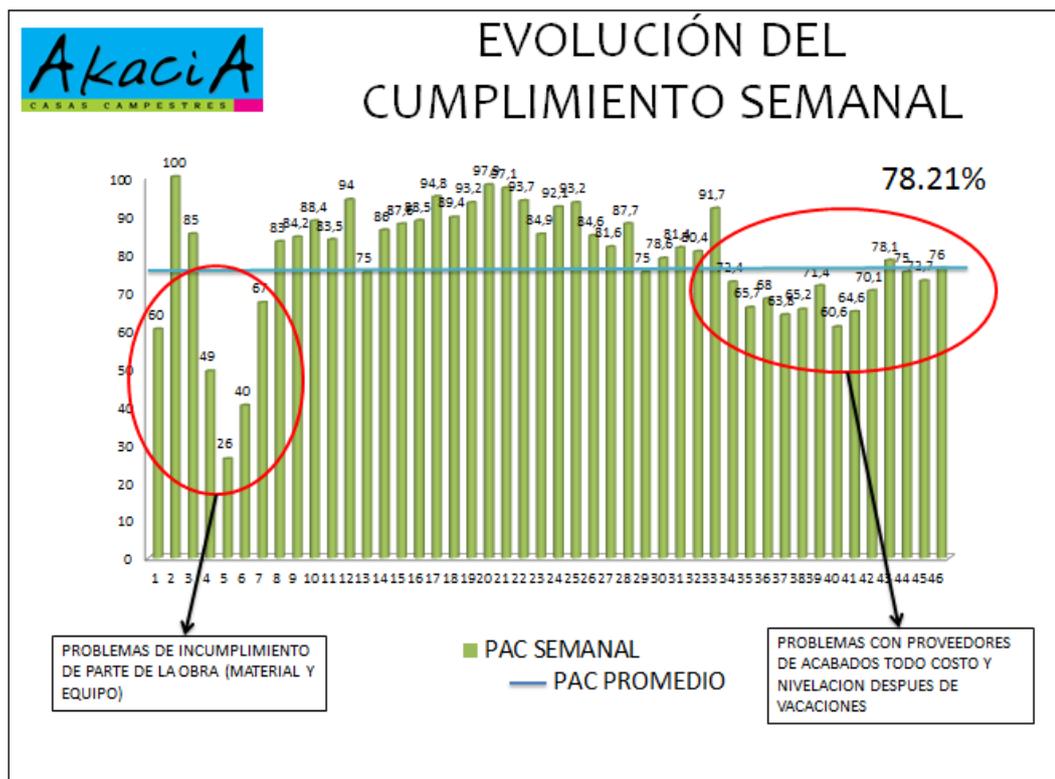
Gráfica 18 Evolución PAC semanal 2012 (Vega, 2013)

4.6.3.1 Implementación en el proyecto “Akacia Casas Campestres” de Arquitectura y Concreto

En Akacia Casas Campestres, una obra desarrollada por la empresa Arquitectura y concreto entre diciembre de 2008 y mayo de 2010, fueron implementados los principios de “Lean Construction”, destacando la importancia de la programación y las reuniones semanales con personal administrativo y contratistas, como una herramienta que favorece la toma de decisiones de manera oportuna y el compromiso por parte de los actores del proceso en el cumplimiento de las actividades y por ende de los plazos establecidos en la programación.(Arquitectura y Concreto, 2010)

En la gráfica N. 16 se observa la evolución del PAC en la ejecución de la obra, la cual refleja su dinámica y las dificultades presentadas en el proceso, en las que se comprometió el PAC, así como su nivelación al ser superados los obstáculos y/o restricciones, lo cual se resume en un promedio del 78.71%, con

picos entre el 94% y 100%; caídas entre el 26% y 49% en el caso más crítico y entre el 60% y 70% en las semanas 35 a la 42, como se muestra en la gráfica; estos dos últimos escenarios dados por incumplimiento por parte de la obra en materiales y equipos, de proveedores en el área de acabados y de eventos cíclicos como es el caso de las temporadas vacacionales que inciden en el rendimiento del personal y el aprovisionamiento de insumos.



Gráfica 19 Evolución del PAC Akacia Casas Campestres. (Arquitectura y Concreto, 2010).

4.6.3.2 Proyecto Manzana 1 de ZFB Desarrolladora

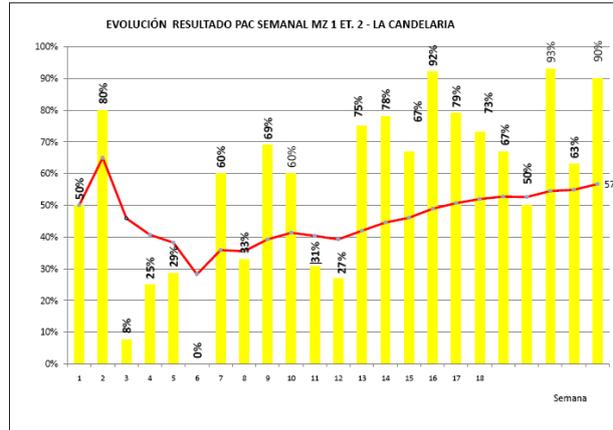
El proyecto Manzana 1 de ZFB Desarrolladora, ejecutado en la zona franca La Candelaria en la ciudad de Cartagena, en el departamento de Bolívar, consta de 8 bodegas de 3 niveles cada una, con posibilidad de unir las en una sola área de operación y distribución de hasta 23107m²; comprende muros de cerramiento en mampostería complementados con paneles en lámina, pisos en

porcelanato para las áreas de oficinas, puertas en madera, ventanería metálica, plataformas niveladoras en áreas de muelles, estructura metálica, muros divisorios y fachada principal en paneles de fibrocemento y panel yeso; así como tanque subterráneo, planta de tratamiento y subestación eléctrica para cada 4 bodegas. (ZFB, 2013)

Durante la ejecución de la obra fueron identificadas debilidades que luego transformaron en fortalezas, a través de la implementación de principios lean, entre los que se destacan, los ejercicios de planificación semanal con participación de los contratistas y en general de los responsables del proceso de construcción, con el fin de cumplir las metas de corto plazo.

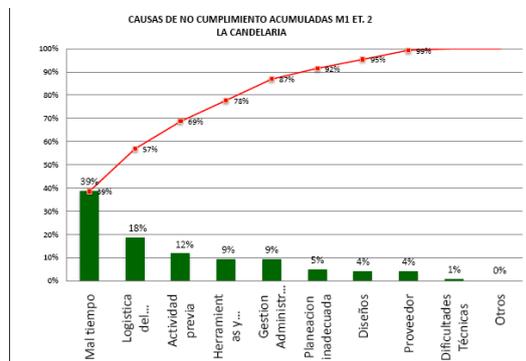
La firma relata en su informe denominado “Ejercicio 1 Benchmarking Interno”, la importancia de contar con un completo programa intermedio el cual se usó para el seguimiento y levantamiento de restricciones, así como el programa semanal que fue implementado a través de la reunión periódica con los contratistas, en donde se resalta la efectividad de ésta para facilitar el proceso de planeación y concertación en temas de calidad, funcionalidad y constructabilidad. (ZFB, 2013)

Se observa en la gráfica un PAC promedio del 57%, el cual se ve drásticamente afectado por los valores registrados en la semana 3 y 6 que oscilan entre 0 y 8%, sin embargo se observa, cómo el 60% de los resultados están entre el 60% y el 92%; describiendo un avance significativo en los resultados de las reuniones semanales, en donde el cumplimiento de metas en su mayoría está por encima del 60%. (Gráfica N. 20)



Gráfica 20 Evolución PAC Semanal ZFB

En las causas de no cumplimiento (Gráfica N. 21), se observa cómo el mal tiempo se constituye en la causa de mayor incumplimiento con un 39%, frente a un 18% relacionado con la logística, pasando por un 12% en la actividad previa y 1% dificultades técnicas, entre otros como diseños, herramientas, planeación, y proveedores.



Gráfica 21 Causas de no cumplimiento

5. METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación desarrollada es experimental, considerando los siguientes procesos:



Gráfica 22 Estrategia de implementación

5.1.1 Fase de planificación

Esta fase se realizó el mejoramiento de formatos existentes, diseño de formatos complementarios, formulación de hojas de cálculo, definición de los criterios de evaluación para la calificación de contratistas, material didáctico para los procesos de formación, diseño de tableros para publicación de los resultados semanales;

Cabe anotar que la empresa contaba con formatos básicos para la aplicación del sistema y dada la oportunidad y necesidad de implementar el Last Planner System en la Obra “Centro Comercial Calima” se dio un paso importante en la complementación y diseño de formatos, los cuales se tomaron como punto de partida para la implementación del sistema de planificación y control en la Construcción del Tramo 2B del Corredor Parcial de Envigado.

5.1.1.1 Formato 1. Programación Intermedia

Este formato contiene un cuadro inicial con la identificación del formato, nombre de la obra, responsable y período analizado, posteriormente se encuentran los campos que relacionan la actividad, con su respectiva duración, fecha de comienzo y fecha de fin, un área donde se ilustra el cronograma en barras desde la semana 1 hasta la semana 7, los campos de restricciones donde se valora el estado en de liberación de cada una de éstas para las actividades correspondientes, un campo de estado de actividad que resulta de promediar el estado de todas las restricciones para cada actividad, un campo de observaciones y un cuadro en la parte superior donde se relacionan a los responsables de las restricciones.

En general este formato permite identificar el estado de la actividad en cuanto a restricciones, en un lapso de 6-7 semanas en donde pueden tomarse alternativas para la ejecución de los trabajos tratando de evitar atrasos e improvisaciones en el cumplimiento del programa general de la obra.

CONTROL DE RESTRICCIONES EN LA PROGRAMACION													
FECHA DE CORTE		28-09-13											
RESUMEN	RESTRICCION	RESPONSABLE	FECHA ESTIMADA DE LLEGADA	FECHA LIMITE DE ELIMINACI	FECHA DE INICIO DE ACTIVIDAD EN PROGRAMA INICIAL	FECHA DE TERMINACION EN PROGRAMA INICIAL	FECHA DE LIBERACION DE RESTRICCION	ATRASO INICIO DE ACTIVIDAD EN PROGRAMA INICIAL (SEMANAS)	DIAS FALTANTES PARA TERMINAR ACTIVIDAD	% DE ELIMINACI	% REAL	ATRASO DE ELIMINACION (SEMANAS)	COM
1	Permiso de ocupación de Cauce	METROPLUS	26/06/2012	09/06/13	10/06/13	15/08/13	13/08/13		FIN	-54,42	100%	0%	-9,00
2	Suspensión de talas	METROPLUS		15/06/13	17/06/13	12/07/13		-15,06	-78,42	0%	100%		-14,77
3	Contrato de mano de obra	JORGE DUSSAN	03/07/2012	09/06/13	11/06/13	17/03/12		FIN	-376,42	100%	0%		-15,63
4	Diseño de alcoces en urbanismo	INTERVENTORIA		31/10/13	02/11/13	13/06/14		SE	297,98	0%	100%		SE
5	Apoyos de neopreno de 400 X 400 X 25 mm reforzado con 1platina de 18", dureza 80, de acuerdo a diseño	JORGE DUSSAN	23/06/2012	24/09/13	26/09/13	19/10/13		-0,63	20,98	0%	100%		-0,35
6	Apoyos de neopreno de 350 X 350 X 25 mm reforzado con 1platina de 18", dureza 80, de acuerdo a diseño.	JORGE DUSSAN		24/09/13	26/09/13	19/10/13		-0,63	20,98	0%	100%		-0,35
7	Contrato de Reforzamiento puente existente Tejido de carbono (e=0,17mm), anclon=145, L=4,00, ángulo de inclinación de las fibras de 45 grados, para refuerzo de vigas existentes (para su colocación redondear esquinas de las vigas), según	JORGE DUSSAN	28/09/2013	21/03/13	23/03/13	16/11/13		-1,06	48,98	0%	100%		-0,77
8	Lámina Sika Carbodor, 300 x 1,4mm, L=9,00 m, para refuerzo de vigas existentes, incluye preparación y nivelación de la superficie, adhesivos epóxicos, anclajes y protección con revoco. Según diseño.	JORGE DUSSAN		21/03/13	23/03/13	16/11/13		-1,06	48,98	0%	100%		-0,77
9	Anclajes horizontales de paravala de refuerzo a estibos existentes en varillas No. 4 a 0,30, L= 1,00m. De acuerdo a diseño, incluye epóxico.	JORGE DUSSAN		21/03/13	23/03/13	16/11/13		-1,06	48,98	0%	100%		-0,77
10	Fibra en tramos 1-2-3	INTERVENTORIA		22/07/13	24/07/13	10/09/13	04/09/13	-9,77	-18,42	0%	100%		-6,00
11	Permiso de ocupación de Cauce.	METROPLUS		14/06/13	16/08/13	03/10/13	25/03/13	FIN	10,98	100%	0%		-5,71
12	Cambios de diseño	METROPLUS		14/08/13	16/08/13	12/04/14		-6,49	195,98	0%	100%		-6,20
13	Suspensión de talas	METROPLUS		22/06/13	22/06/13	23/07/13		-14,35	-67,42	0%	100%		-14,95
14	Checke de refuerzo en repotenciación por mayores cargas debido a la estructura existente (fibra de carbono)	METROPLUS		09/06/13	11-06-11	30-11-11	01/09/13	-15,92	62,98	0%	100%		-11,71
15	Rediseño del emplame entre los tableros nuevos y existentes			09/06/13	11-06-11	30-11-11	02/09/13	-15,92	62,98	0%	100%		-11,86
16	Reubicación de Pilas 5-9 y 10 por realineamiento de amolación del			09/06/13	11-06-11	30-11-11		-15,92	62,98	0%	100%		-15,63

Gráfica 24 Formato de Restricciones

5.1.1.3 Formato 3. Tareas

El formato 3 “Tareas” cuyo encabezado se titula “Actividades a realizar según Last Planner para Próxima semana”, relaciona el período que comprende la semana de trabajo a programar y la fecha de fijación de metas, el cuerpo del formato está conformado por el listado de tareas con su respectiva numeración, área, ubicación, contratista y el % de avance solicitado y real, donde se relaciona la meta fijada para el avance en la semana, la cual se da en porcentaje y/o en cantidad de obra, como resultado del proceso de concertación de metas en la reunión semanal, la revisión del programa intermedio, la toma de decisiones frente a la ejecución de las tareas que presentan restricciones.

ACTIVIDADES A REALIZAR SEGUN LAST PLANNER PARA PROXIMA SEMANA				Nº DEL INFORME	
AIA		del 27/09/2013 al 04/10/2013	Metas fijadas el: viernes 27 sep/2013		
No.	AREA	UBICACIÓN	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	% AVANCE AI	MULADO REAL
1	ESTRUCTURAS	AMP PUENTE	Excavación para pilas de fundación de p 1,20m.	40m	
2	ESTRUCTURAS	AMP PUENTE	Suministro, transporte, corte, figuración y colocación de acero de refuerzo de luz 4,20 mts.	55%	
3	ALCANTARILLADO	TRAMO 1	Instalación tubería y accesorios	12m	
4	GAS	TRAMO 1	Instalación tubería y accesorios	50m	
5	VIAS	TRAMO 1	Excavación	100%	
6	VIAS	TRAMO 1	Subbase sin picosacar	100%	
7	VIAS	TRAMO 1	Subbase procesada	100%	
8	ESPACIO PUBLICO	TRAMO 1	Terminación de Alcorques (son 11un)	11un	
9	ESPACIO PUBLICO	TRAMO 2	Terminación de Alcorques (son 11un)	4un	
10	ESPACIO PUBLICO	TRAMO 2	Subbase para andenes	100m= 75m3	
11	TELECOMUNICACIONES	TRAMO 3	Canalización red primaria	90m= 70%	
12	TELECOMUNICACIONES	TRAMO 3	Cajas (2un)	2un	
13	TELECOMUNICACIONES	TRAMO 3	Alambrado excavación, losa inferior, trazado	100%	
14	VIAS	TRAMO 3	Excavación	40m3	
15	VIAS	TRAMO 3	Subbase picosacar	17m3	
16	VIAS	TRAMO 3	Subbase picosacar	17m3	
17	ESPACIO PUBLICO	TRAMO 3	Excavación para Organización de alcorques (11un)	5un	
18	ESPACIO PUBLICO	TRAMO 3	Conformación de subrasante	30m	
19	TODO EL PROYECTO	CEBA	Filtros	100%	
20	INT. ARBOREA	CEBA	Riego de arboles	100%	
21	INT. ARBOREA	CEBA	Fertilización	100%	
22	INT. ARBOREA	CEBA	Siembr de arbol (termita y iborense)	100%	
23	PNA	CEBA	ceramientos trabajos y reparación de cerramiento dañado	100%	
24	PNA	CEBA	capacitación al personal sobre legislación ambiental	100%	
25	PNA	CEBA	Planificación de las medidas ambientales para la intervención de la Q. Honda	100%	
26	PNA	CEBA	Elaboración de informe socioambiental	100%	
ACTIVIDADES PROGRAMADAS					26
Se le da copia de este informe a:					
Director de Obra					
Residente de Obra					

Gráfica 25 Formato de Tareas

5.1.1.4 Formato 4. Evaluación

El formato 4 denominado “Evaluación” se identifica en la parte superior con el título “Evaluación Metas Fijadas en Last Planner de la semana anterior”, relaciona la fecha del informe o período de tiempo evaluado, el rendimiento o PAC y la fecha de corte para la evaluación. El formato contiene el número de tareas evaluadas con su ubicación, descripción, resultado, porcentaje acumulado de avance solicitado y real, una casilla donde se consigna el logro o alcance de la meta valorado en 1 para el caso de cumplimiento y 0 para el caso de no cumplimiento de meta; de igual forma se relacionan las causas de no cumplimiento predeterminadas como son: diseño, material, equipo, mano de obra, predecesora, programación, lluvia y otros, con un campo adicional de observaciones oportuno para el caso de “otros” como causa de no cumplimiento.

Como resultado de esta evaluación se obtiene el PAC (Porcentaje de Asignaciones completadas) y permite llevar una relación de causas de no cumplimiento que se gráfica y cuantifica en el formato 7 que se describe más adelante.

AIA		EVALUACION METAS FIJADAS EN LAST PLANNER DE LA SEMANA ANTERIOR				Numero de Informe:											
FECHA DEL INFORME		viernes 20 sep/2013 jueves 26 sep/2013		RENDIMIENTO		44%											
						Evaluación : viernes 27 sep/2013											
No.	AREA	UBICACIÓN	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	RESPONSABLE	ESTADO Y ANALISIS SEGUN LAST PLANNER										OBSERVACIONES		
					% AVANCE ACUMULADO		LOGRO: 1- SI 0- NO	DISEÑOS	MATERIA	EQUIPO	M. OBRA	PREDED	PROGRA	LLUVIA		OTRAS	
SOLIC.	REAL																
1	ESTRUCTURAS	AMP PLENTE	Manejo de aguas.	MA ING. CONSTRUCTORES	35%	100%	1										
2	ESTRUCTURAS	AMP PLENTE	Demolicion de concreto reforzado de cualquier tipo.	AIA	100%	70%	0										1
3	ESTRUCTURAS	AMP PLENTE	Eicavacion para pilas de fundación, de e 1.20m.	MA ING. CONSTRUCTORES	40ml	40ml	1										
4	ESTRUCTURAS	AMP PLENTE	Suministro, transporte, corte, figuración y colocación de acero de refuerzo de fy = 420 MPa.	MA ING. CONSTRUCTORES	75%	0%	0			1							Por cambio de mes el proveedor no logro despachar el acero y lo despacha la proxima
5	ALCANTARILLADO	TRAMO 1	Instalacion tubería y accesorios	INGENIERIA UTIL	14m	14m	1										Cambio el diseño y la cantidad disminuyo de 21.4m a 14m
6	TELECOMUNICACIONES	TRAMO 1	Construcción cámara	INMEL	1un	0un	0						1				
7	VIAS	TRAMO 1	Subbase sin procesar	VIAS S. A	15 m3	0m3	0							1			Sumideros
8	VIAS	TRAMO 1	Subbase procesada	VIAS S. A	15 m3	0m3	0							1			Sumideros
9	VIAS	TRAMO 1	Filtros	VIAS S. A	64ml	40ml	0							1			Se programaron mal los contratistas.
10	ESPACIO PUBLICO	TRAMO 1	Terminación de Alcorques (son Tun)	MA ING. CONSTRUCTORES	10 und	2Und	1										
11	ESPACIO PUBLICO	TRAMO 1	Subbase (0.1 300'15)	MA ING. CONSTRUCTORES	45m²	0m3	0	1						1			
12	ESPACIO PUBLICO	TRAMO 1	Llave de controlamiento	MA ING. CONSTRUCTORES	20m	0m	0	1						1			
13	GAS	TRAMO 2	Retiro de tuberías y accesorios	INGENIERIA UTIL	300m	300m	1										
14	ESPACIO PUBLICO	TRAMO 2	Construcción de alcorques	MA ING. CONSTRUCTORES	7un	7un	1										
15	ESPACIO PUBLICO	TRAMO 2	Subbase para andenes	MA ING. CONSTRUCTORES	300m	70m	0							1			
16	TELECOMUNICACIONES	TRAMO 3	Canalización red primaria	INMEL	100%	90%	0							1			El tramo no está listo para excavación
17	TELECOMUNICACIONES	TRAMO 3	Red Secundaria	INMEL	100%	100%	1										
18	TELECOMUNICACIONES	TRAMO 3	Cable	INMEL	1un	0un	0							1			
19	TELECOMUNICACIONES	TRAMO 3	Cámara abocina 2720 (excavación, losa, trazado)	INMEL	1un	0un	0							1			
20	VIAS	TRAMO 3	Excavacion	VIAS S. A	85m²=100%	40m²	0							1			Ing utili no termino a tiempo
21	VIAS	TRAMO 3	Subbase sin procesar	VIAS S. A	25m²=100%	25m²=100%	1										
22	VIAS	TRAMO 3	Subbase procesada	VIAS S. A	20m²=100%	20m²=100%	1										
23	VIAS	TRAMO 3	Filtros	VIAS S. A	20m	20m	1										
24	ESPACIO PUBLICO	TRAMO 3	Construcción de alcorques (11un)	MA ING. CONSTRUCTORES	11un	3.00	0							1			
25	ESPACIO PUBLICO	TRAMO 3	Construcción de alcorques (40m)	MA ING. CONSTRUCTORES	50m	40m	0							1			

Gráfica 26 Formato de Evaluación

5.1.1.5 Formato 5. Calificación contratistas

Este formato 5 contiene en su identificación, el título de “Evaluación metas fijadas en Last Planner de la semana anterior y procesos del subcontratista”, las fechas que enmarcan el plazo de evaluación o semana de evaluación y el rendimiento que corresponde al PAC semanal.

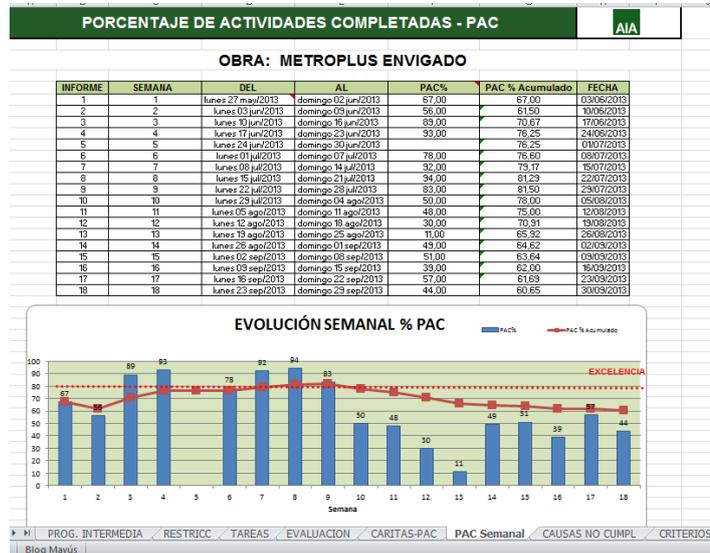
En la tabla de datos se relaciona a cada uno de los contratistas y los ítems evaluados que son en su orden: programación, calidad, compromiso con la obra, seguridad industrial, PIPMA (Programa de implementación del plan de manejo ambiental), PAC, puntaje PAC y el Total o puntaje total.

Este formato se construye a partir de la evaluación soportada en los formatos 9 y 10, Reporte de observaciones para calificación semanal de contratistas y Formato de observaciones, con base en los criterios de evaluación del proyecto descritos en el formato 8.

Este formato muestra los resultados consolidados de la evaluación de cada contratista para cada uno de los criterios de calificación.

Con el fin de facilitar el manejo de la información, las hojas de cálculo se encuentran formuladas e integradas de tal manera que los formatos 7 y 8 alimentan la evaluación de metal para cada criterio, el puntaje PAC es el resultado de dividir el valor PAC entre 10, en tanto la calificación de cada

color azul, y se muestra el valor acumulado así como una línea punteada sobre el 80% como meta de excelencia.



Gráfica 28 Formato PAC semanal

5.1.1.7 Formato 7. Tabulación de causas de no cumplimiento

El formato 7 se construye a partir del formato 4 evaluación y muestra el consolidado de causas de no cumplimiento para cada semana, permitiendo viusalizar de forma gráfica el pac de cada semana así como las causas de no cumplimiento relacionadas en la evaluación correspondiente.

El objetivo de este formato es detectar las causas de mayor impacto en el incumplimiento de metas con el fin de tomar las acciones para éste y futuros proyectos que permitan mejorar el cumplimiento de metas.

AIA				CRITERIOS PARA LA CALIFICACIÓN SEMANAL			
1. CUMPLIMIENTO PAC (40%)							
CRITERIO A EVALUAR				10	5	0	
Porcentaje de actividades completadas. En este ítem se mide el cumplimiento de las actividades programadas.	Si el PAC es >= 80%	Si el PAC es 51% > 79%	Si el PAC es 0% > 50%				
2. CALIDAD (10%)							
CRITERIO A EVALUAR				10	5	0	
Calidad de cada una de las actividades, tanto del producto, como del proceso. Como el apoyo de la residente se analizará la calidad del cumplimiento de las especificaciones técnicas de cada contratista	Se presenten observaciones frente a la calidad de las obras ejecutadas durante la semana.	Se presenten hasta 2 observaciones frente a la calidad de las obras ejecutadas durante la semana.	Se presenten más de 2 observaciones frente a la calidad de las obras ejecutadas durante la semana.				
3. COMPROMISO CON LA OBRA (10%)							
CRITERIO A EVALUAR				10	5	0	
Cumplimiento de documentación y trámite de contratación.	Cumple con la entrega oportuna de documentación y trámite de contratación.	Incumple con el tiempo y/o entrega de documentación de contratación (hasta 2 observaciones)	Se presenten más de 2 observaciones frente a la entrega de documentación.				
Participación en comité	Participa en el comité semanal		No participa en el comité semanal				
4. PROGRAMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL (10%)							
CRITERIO A EVALUAR				10	5	0	
Garantizar el Uso de elementos de protección personal y equitación de la zona de personal (ARP, EPS, examen médico, hoja de vida) (EPP)	Se presenten 0 observaciones a llamar de atención al personal del contratista durante el "Mes de la EPP" de acuerdo con las reglas preparadas de la actividad ejecutada.	Se presenten menor de "5" observaciones a llamar de atención al personal del contratista durante el "Mes de la EPP" de acuerdo con las reglas preparadas de la actividad ejecutada.	Se presenten más de "5" observaciones a llamar de atención al personal del contratista durante el "Mes de la EPP" de acuerdo con las reglas preparadas de la actividad ejecutada.				

Gráfica 30 Formato Criterios para calificación semanal

El formato de Criterios para calificación semanal, el programa intermedio y el plan semanal se publicaron en la oficina principal con el fin de familiarizar al personal, como se muestra en la Imagen N. 1.



Imagen 1 Publicación en la oficina principal

5.1.1.8.1 Cumplimiento PAC

Para la calificación del porcentaje de asignaciones completadas PAC, que mide el cumplimiento de las actividades programadas, la tabla de puntajes define:

Si el PAC es $\geq 80\%$, se obtienen 10 puntos y la carita de color verde.

Si el PAC está comprendido entre 51% y 79% , se obtienen 5 puntos y la carita de color amarillo.

Si el PAC es $0\% > 50\%$, se obtiene 0 puntos y la carita de color rojo.

1. CUMPLIMIENTO PAC (40%)			
CRITERIO A EVALUAR			
	10	5	0
Porcentaje de asignaciones completadas. En este ítem se mide el cumplimiento de las actividades programadas.	Si el PAC es $\geq 80\%$	Si el PAC es $51\% > 79\%$	Si el PAC es $0\% > 50\%$

Gráfica 31 Criterio de calificación: Cumplimiento PAC

5.1.1.8.2 Calidad

Este criterio se refiere a la calidad de las actividades, tanto en el producto terminado como en la ejecución del proceso constructivo, para la valoración de éste, se toma como base las especificaciones técnicas, listas de chequeo y en general los parámetros del sistema de gestión de calidad de la empresa para el control de las actividades y los materiales de construcción; la tabla de puntajes establece:

Cuando “No se presentan observaciones frente a la calidad de las obras ejecutadas durante la semana”, se obtiene 10 puntos y la carita verde.

Cuando “Se presentan hasta 2 observaciones frente a la calidad de las obras ejecutadas durante la semana”, se obtiene 5 puntos y la carita de color amarillo.

Cuando “Se presentan más de 2 observaciones frente a la calidad de las obras ejecutadas durante la semana”, se obtiene 0 puntos y la carita de color rojo.

2 CALIDAD (10%)			
CRITERIO A EVALUAR			
	10	5	0
Calidad de cada una de las actividades, tanto del producto, como del proceso. Con el apoyo de los residentes se analizará la calidad del cumplimiento de las especificaciones técnicas de cada contratista	No se presentan observaciones frente a la calidad de las obras ejecutadas durante la semana.	Se presentan hasta 2 observaciones frente a la calidad de las obras ejecutadas durante la semana.	Se presentan más de 2 observaciones frente a la calidad de las obras ejecutadas durante la semana.

Gráfica 32 Criterio de calificación: Calidad

5.1.1.8.3 Compromiso con la Obra

El compromiso con la obra está determinado por dos parámetros que son el cumplimiento con la entrega oportuna de documentación y trámites de contratación, y la participación en el comité semanal.

Los puntajes para este criterio se valoran de la siguiente manera:

Si el contratista cumple con la entrega oportuna de documentos y trámites de contratación: contrato, pólizas, actas de cobro, pagos de seguridad social, permisos y además participa en el comité semanal o reunión semanal de contratistas, obtiene 10 puntos y la carita de color verde.

Si el contratista presenta hasta dos anotaciones en cuanto a la entrega oportuna de documentos y trámites de contratación, obtiene 5 puntos y la carita de color rojo.

Si el contratista presenta más de dos anotaciones cuanto a la entrega oportuna de documentos y trámites de contratación, y además, no asiste a la reunión de contratistas, obtiene 0 puntos y la carita de color rojo.

3.COMPROMISO CON LA OBRA(10%)			
CRITERIO A EVALUAR			
	10	5	0
Cumplimiento de documentación y trámites de contratación.	Cumple con la entrega oportuna de documentos y trámites de contratación: contrato, pólizas, actas de cobro, pagos de seguridad social, permisos.	Incumple con el tiempo y/o entrega de documentos de contratación (hasta 2 anotaciones)	Se presentan más de 2 observaciones frente a la entrega de documentación
Participación en comités	Participa en el comité semanal		No participa en el comité semanal

Gráfica 33 Criterio de calificación: Compromiso con la Obra

5.1.1.8.4 Programa de Seguridad Industrial

El programa de seguridad industrial basa su calificación en dos aspectos, el primero, Garantizar el Uso de elementos de protección personal (EPP) y requisitos de ingreso de personal (ARP, EPS, examen médico, hoja de vida); y el segundo está relacionado con la accidentalidad y se mide con el índice de severidad. La tabla de puntajes establece:

Si el contratista presenta cero anotaciones o llamados de atención frente al uso de los EPP y además de esto no se presentan accidentes, obtiene 10 puntos y la carita de color verde.

Si el contratista presenta menos de 5 observaciones en cuanto al uso de los EPP y/o presenta accidentes con incapacidad de 1 a 15 días, tiene 5 puntos y la carita de color amarillo.

Si el contratista presenta más de 5 anotaciones frente al uso de los EPP y/o uno o más accidentes con incapacidad mayor a 15 días, tiene cero puntos y por ende la carita de color rojo.

4. PROGRAMA DE SEGURIDAD INDUSTRIAL (10%)			
CRITERIO A EVALUAR			
	10	5	0
Garantizar el Uso de elementos de protección personal y requisitos de ingreso de personal (ARP, EPS, examen médico, hoja de vida) (EPP)	Se presentaron "0" anotaciones o llamados de atención al personal del contratista durante al semana por el "No uso de los EPP's" de acuerdo con los riesgos propios de la actividad ejecutada.	Se presentaron menos de "5" observaciones o llamados de atención al personal del contratista durante al semana por el "No uso de los EPP's" de acuerdo con los riesgos propios de la actividad ejecutada.	Se presentaron más de "5" observaciones o llamados de atención al personal del contratista durante al semana por el "No uso de los EPP's" de acuerdo con los riesgos propios de la actividad ejecutada.
Índice de severidad	No se presentaron accidentes	Se presentaron accidentes que generaron incapacidad de 1-15 días	Se presentaron accidentes con incapacidad mayor de 15 días

Gráfica 34 Criterio de calificación: Programa Seguridad Industrial

5.1.1.8.5 Programación

Para el cumplimiento de la programación se estableció la siguiente tabla de puntajes:

Si el contratista cumple con los tiempos y fechas previstos en el cronograma, obtiene 10 puntos y la carita verde.

Si el contratista presenta un atraso menor o igual a 5 días de trabajo, obtiene 5 puntos y la carita amarilla.

Si el contratista presenta un atraso mayor a 5 días de trabajo, obtiene cero puntos y la carita de color rojo.

5. PROGRAMACIÓN (10%)			
CRITERIO A EVALUAR			
	10	5	0
Cumplimiento del programa de obra	Cumple con los tiempos y fechas previstos en el cronograma	Presenta un atraso menor o igual a 5 días de trabajo	Presenta un atraso mayor a 5 días de trabajo

Gráfica 35 Criterio de calificación: Programación

5.1.1.8.6 Plan de Manejo Ambiental

Para este aspecto se evalúan los 7 aspectos que componen el Plan de Manejo Ambiental de la obra como son:

1. Manejo y disposición de residuos de construcción.
2. Manejo de campamento e instalaciones temporales.
3. Almacenamiento y manejo de materiales de construcción.
4. Manejo de residuos líquidos, combustibles, aceites y sustancias químicas.
5. Calidad de aire y ruido.
6. Aseo de la obra.
7. Manejo de Aguas Superficiales.

El puntaje para este aspecto se obtiene de la siguiente manera:

Cuando “No se presentan observaciones frente a la calidad de las obras ejecutadas durante la semana”, se obtiene 10 puntos y la carita verde.

Cuando “Se presentan hasta 2 observaciones frente a la calidad de las obras ejecutadas durante la semana”, se obtiene 5 puntos y la carita de color amarillo.

Cuando “Se presentan más de 2 observaciones frente a la calidad de las obras ejecutadas durante la semana”, se obtiene 0 puntos y la carita de color rojo.

6. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL(20%)			
CRITERIO A EVALUAR			
	10	5	0
En este ítem se evalúa componente ambiental. 1. Manejo y disposición de residuos de construcción. 2. Manejo de campamento e instalaciones temporales. 3. Almacenamiento y manejo de materiales de construcción. 4. Manejo de reiduos líquidos, combustibles, aceites y sustancias químicas. 5. Calidad de aire y ruido. 6. Aseo de la obra. 7. Manejo de Aguas Superficiales.	Se presentaron "0" anotaciones o llamados de atención al contratista durante la semana por incumplimiento de los programas de manejo ambiental	Se presentaron hasta "2" observaciones o llamados de atención al contratista durante la semana por incumplimiento de los programas de manejo ambiental	Se presentaron "3" o más observaciones o llamados de atención al contratista durante la semana por incumplimiento de los programas de manejo ambiental

Gráfica 36 Criterio de calificación: Plan de Manejo Ambiental

5.1.1.8.7 Formato 9. Reporte de observaciones para calificación semanal de contratistas

En este formato se realiza el registro de las anotaciones que tuvieron lugar durante la semana evaluada, con base en los criterios de evaluación del formato N. 8. Esta hoja de cálculo se diligencia con base en los aspectos relacionados en el formato de anotaciones; se encuentra formulada de tal manera que al ingresar el número de anotaciones se obtiene el puntaje correspondiente a cada uno de los parámetros evaluados y está vinculada con el formato N. 5 en donde se consigna el puntaje total para cada uno de los contratistas.

Por ejemplo, como se observa en la Gráfica 17, el contratista “Ingeniería útil” tiene 3 anotaciones en el aspecto de Uso de elementos de protección personal del parámetro “Seguridad Industrial”, obteniendo una calificación de 7.5 que a su vez se refleja en el formato 5 y en la carita de color amarillo.

AIA																			
REPORTE DE OBSERVACIONES PARA CALIFICACIÓN SEMANAL DE CONTRATISTA																			
CONTRATISTA	PROGRAMACIÓN			CALIDAD			COMPROMISO CON LA OBRA				SEGURIDAD INDUSTRIAL				PLAN DE MANEJO AMBIENTAL				
	# DE OBSERVACIONES	PUNTAJE	COMENTARIOS	# DE OBSERVACIONES	PUNTAJE	COMENTARIOS	# DE OBSERVACIONES	PUNTAJE DUCS	PUNTOS ASIST	Puntos Totales	COMENTARIOS	EPP: Puntos EPP	Índice de Gravedad IG	Puntaje IG	Puntos Totales SIGD	COMENTARIOS	# DE OBSERVACIONES	Puntaje	COMENTARIOS
AIA	100%	10			10			10	10	10		10	10	10			10		
AZAHARE	100%	10			10			10	10	10		10	10	10			10		
INDURAL	0%	0			10			10	10	10		10	10	10			10		
INGENIERIA UTIL	100%	10			10			10	10	10		3	5	10	7,5		10		
INMEL	20%	0		2	5			10	10	10		10	10	10			10		
MAIMS CONSTRUCTORES	45%	0			10			10	10	10		10	10	10			10		
MARIA DEL CARMEN YANCES	0%	0			10			10	10	10		10	10	10			10		
PAVIMENTAR	0%	0			10			10	10	10		10	10	10			10		
RAÚL ÁLVAREZ	0%	0			10			10	10	10		10	10	10			10		
VIAS S.A	43%	0			10			10	10	10		10	10	10			10		

Gráfica 37 Formato de reporte de observaciones

5.1.1.8.8 Formato 10. Formato de anotaciones

El formato 10 de anotaciones a diferencia de los formatos anteriores, se diligencia en forma física y es el soporte para el formato N. 9.

En las columnas se encuentran los parámetros y los aspectos a evaluar, para marcar con una x según corresponda y en la parte inferior se tiene el espacio para las observaciones donde se explica el concepto de la anotación.

FORMATO DE ANOTACIONES						
Obra				Periodo		
Contratista				Responsable		Firma
CATEGORÍA	CALIDAD	COMPROMISO CON LA OBRA	SEGURIDAD INDUSTRIAL		PIPMA	
	Se encuentran deficiencias en:	Incumple con los siguientes aspectos:	Uso inadecuado de los de los EPP	Accidentalidad	Incumplimiento del PIPMA en los siguientes aspectos:	
A S P E C T O S	Materiales	Reunión Semanal	Casco	Incapacidad de 0-15 días	1. Manejo y disposición de residuos de construcción.	
	Equipos	Entrega de pagos SS	Botas	Incapacidad > 15 días	2. Manejo de campamento e instalaciones	
	Proceso constructivo	Entrega de Pólizas	Gafas		3. Almacenamiento y manejo de materiales de construcción.	
	Producto	Entrega a tiempo de cortes	Tapabocas		4. Manejo de residuos líquidos, combustibles, aceites y químicos	
		Inconsistencias en facturación	Protección auditiva		5. Calidad de aire y ruido.	
O B S E R V A C I O N E S			uniforme		6. Aseo de la obra.	
			Trabajo en Alturas		7. Manejo de Aguas Superficiales	

Gráfica 38 Formato de Anotaciones digital

FORMATO DE ANOTACIONES					
Obra <u>Metropolis</u>		Periodo <u>23-28/01</u>		Firma _____	
Contratista <u>Jug (H)</u>		Responsable _____		Firma _____	
CONTENIDO	CALIDAD	COMPROMISO CON LA OBRA	SEGURIDAD INDUSTRIAL		PIPMA
	Se encuentran deficiencias en:	Incumple con los siguientes aspectos	Uso inadecuado de los de los EPP	Accidentalidad	Incumplimiento del PIPMA en los siguientes aspectos:
A S P E C T O S	Materiales	Reunión Semanal	Casco	Incapacidad de 0-15 días	1. Manejo y disposición de residuos de construcción.
	Equipos	Entrega de pagos SS	Botas	Incapacidad > 15 días	2. Manejo de campamento e instalaciones
	Proceso constructivo	Entrega de Pólizas	Gafas	<u>Servicio de</u>	3. Almacenamiento y manejo de materiales de construcción.
	Producto	Entrega a tiempo de cortes	Tapabocas	<u>Permiso de Trab</u>	4. Manejo de residuos líquidos, combustibles, aceites y químicos
		Inconsistencias en facturación	Protección auditiva		5. Calidad de aire y ruido.
		uniforme		6. Aseo de la obra.	
		Trabajo en Alturas		7. Manejo de Aguas Superficiales.	
O B S E R V A C I O N E S			<u>No se ha realizado</u>		
			<u>Trabajo en Alturas</u>		
			<u>Protección auditiva</u>		
			<u>Servicio de</u>		
			<u>Permiso de Trab</u>		
			<u>Antes de iniciar labores</u>		
			<u>en las obras</u>		

Gráfica 39 Formato de Anotaciones diligenciado

5.1.1.8.9 Tablero de Evaluación

La empresa cuenta con un tablero de evaluación, estandarizado e incluido dentro del programa de Gestión de la Calidad. Este tablero está fabricado en madera, los campos en blanco son borrables y los campos color café son en corcho para colgar las caritas las cuales se sujetan con pequeños punzones con cabeza.

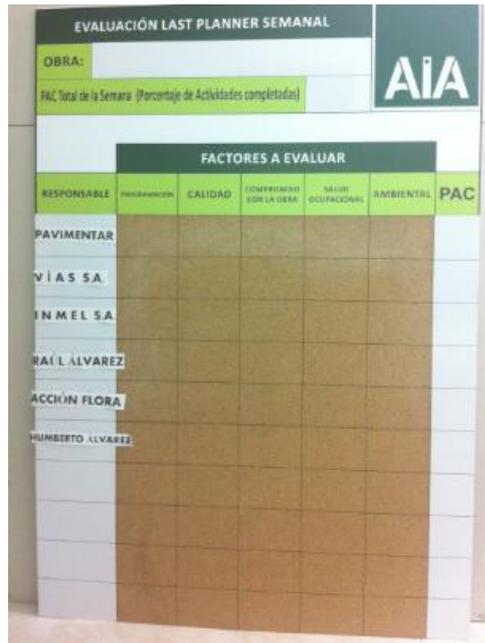


Imagen 2 Tablero de Evaluación

5.1.2 Formación de Personal Técnico y administrativo

Para la implementación del sistema en el proyecto de aplicación, se realizó un proceso de sensibilización y formación con el fin de involucrar a todos los actores del proceso y aumentar la confiabilidad de los resultados, el cual contó con tres tipos de encuentros dirigidos al personal de la obra.

DESCRIPCIÓN	DURACIÓN	PARTICIPANTES	OBJETIVO
Charla de sensibilización principios lean	45 minutos	Director de obra Residentes y auxiliares técnicos Residentes administrativos Residente y auxiliar siso.	Sensibilizar al personal técnico y administrativo frente a la implementación de los principios lean en la construcción
Presentación de Last Planner y procedimiento de implementación en la obra	1 hora	Director de obra Residentes y auxiliares técnicos Residentes administrativos Residente y auxiliar siso.	Dar a conocer el sistema de planificación y control Last Planner, así como el procedimiento para la implementación.
Socialización de Last Planner y procedimiento de implementación en la obra	45 minutos	Subcontratistas	Mostrar en forma didáctica el proceso de implementación del Last Planner en la obra.

Tabla 1 Formación del personal administrativo

5.1.3 Programa de Implementación

5.1.3.1 Descripción General del Proyecto

El tramo 2B del corredor parcial de Envigado con una longitud de 900 m aproximadamente, es el segundo tramo en construcción de los tres tramos que hace parte de la Pretronal de Envigado que consta de un total de 3,8 km de longitud y 7 estaciones centrales, iniciando en la Avenida El Poblado (Carrera 43^a) con calle 21 sur, y continúa hasta la calle 50 sur.

Las obras a realizar comprenden la ampliación de la vía a seis carriles, tres en cada sentido, la ampliación del puente sobre la quebrada Ayurá, la ampliación de 2 coberturas que reciben en nombre de Honda y Ayurá, la construcción de la plataforma y accesos a la estación central ubicada en la calle 26 sur; así como la construcción, retiro y/o traslado de redes.

En la imagen N. 3 se observa la proyección del estado final de la obra para el sector de la calle 26 donde se ubicará la estación central.



Imagen 3 Render del Proyecto (Fuente Archivos Metroplús)

5.1.3.1.1 Localización

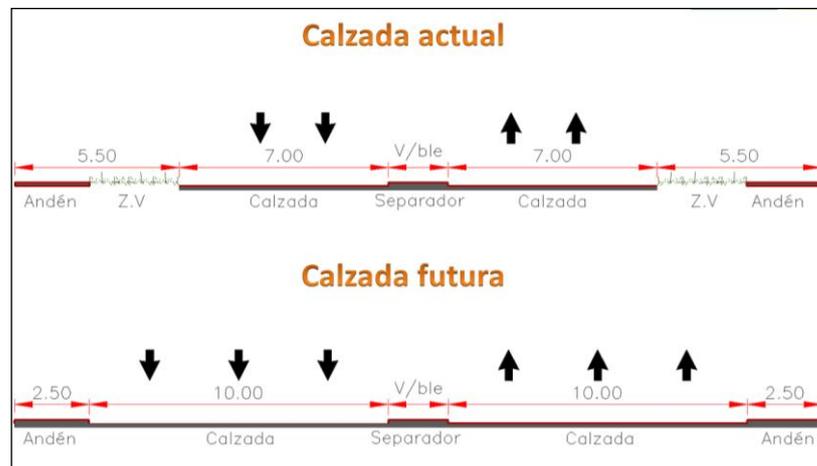
El Tramo 2B del Corredor Parcial de Envigado para el sistema integrado de transporte masivo Metroplús, se localiza en el Municipio de Envigado, en la carrera 43 (Av. El Poblado) entre las calles 29A sur y 21 sur.



Imagen 4 Localización del Proyecto

5.1.3.1.2 Características del Proyecto

Para la conformación del corredor parcial de Envigado, Tramo de la Carrera 43A entre Calles 29A sur y 21 sur, con una longitud de 0,9 Km aproximadamente, se construirán dos sistemas viales, uno para atender el tránsito de vehículos mixtos, conformado geométricamente por dos (2) carriles por sentido y ubicados a ambos lados del corredor y un segundo para la circulación exclusiva de los buses del sistema METROPLÚS, con un carril de circulación en cada sentido de circulación (ver gráfica 40)



Gráfica 40 Sección inicial y sección futura (Fuente PMT)

Lo anterior comprende entre otras las siguientes actividades (Fuente, Pliegos y Especificaciones del Proyecto):

- Reconstrucción de 900 metros lineales de carriles en pavimentos flexible para los carriles del solo bus y para los de tráfico mixto.
- Construcción de los andenes de las vías a reconstruir según los planos de diseño. El ancho de los andenes normalmente será de 2,50 m.
- Construcción de las cimentaciones de la estación que se encuentra en el tramo.
- Reconstrucción, construcción, reubicación de las redes de servicios públicos que sean requeridas en las áreas de intervención según los planos de diseño.
- Excavaciones manuales y mecánicas.
- Nivelación y conformación de sub-rasantes, incluyendo rellenos en material seleccionado.
- Construcción de sub-bases granulares, bases granulares, bases estabilizadas y bases asfálticas.
- Construcción de los subdrenajes (filtros) necesarios para la estabilidad de la vía.
- Construcción de los carriles mixtos en pavimento flexible.
- Construcción en pavimento flexible (modificado con polímero) para los carriles del Sistema
- Construcción de pavimento rígido en zona de estaciones.
- Construcción de separadores y sus obras complementarias.
- Realización de obras para la adecuación de desvíos y parcheos.
- Empalme de bocacalles en espacio público y en calzadas existentes, dependiendo de las rasantes.
- Construcción de obras de estabilización y protección que se requieran para cuidar los predios aledaños al proyecto.
- Construcción de andenes, plazoletas y demás obras complementarias de espacio público.
- Construcción de obras de paisajismo que incluyan las operaciones estructurantes, en lo que respecta a arquitectura y mobiliario urbano, así como el manejo, siembra y traslado de las especies a implantar.

- Instalación de la señalización y demarcación horizontal y vertical en las calzadas de tráfico mixto, andenes, separadores, separación entre calzadas de tráfico mixto y calzadas del SITM.
- Construcción de las obras civiles para el sistema de iluminación de las calzadas de tráfico mixto, andenes, plazoletas, separadores y demás áreas del proyecto.
- Construcción de la infraestructura del sistema de semaforización, donde lo requiera el proyecto, en lo que respecta a canalizaciones, pedestales y puntos de entrada para instalación de controladores y gabinetes.
- Construcción de las obras y estructuras que se requieran para el correcto funcionamiento del proyecto y sus áreas colindantes.
- Construcción de las obras de redes, de acuerdo con lo previsto en las especificaciones de este tipo de redes y la implementación inmediata de los planes de contingencia necesarios para mantener la continuidad de cualquiera de los servicios públicos, en los casos en que como consecuencia de la ejecución de los trabajos objeto de esta contratación, se presenten interrupciones en los mismos.
- Implementación de las actividades de manejo ambiental, en concordancia con las previsiones de los Anexos del Plan de Manejo Ambiental.
- Reposición de los pavimentos y espacio público y otros bienes que no forman parte de las obras a construir, pero que por necesidad de las obras del Sistema Integrado de Transporte Masivo, sufrieren algún deterioro durante la construcción del proyecto.
- Tala y trasplante de árboles existentes en el separador central.
- Reforzamiento y ampliación de puente existente sobre la Quebrada Ayurá, y construcción de cobertura para mejorar la capacidad hidráulica en la Quebrada Ayurá.
- Se realizará construcción de cobertura sobre la Quebrada Honda.
- Realizar actas de vecindad en el área de influencia del proyecto.

5.1.3.1.3 Antecedentes

La definición del corredor parcial de Envigado parte del Plan Maestro de Movilidad para el área metropolitana del Valle de Aburrá de 2005, el cual retoma los proyectos viales relacionados en el Plan Vial Metropolitano de 1986.

MUNICIPIO	PROPUESTA DEL PLAN VIAL METROPOLITANO 1986	COMENTARIOS DEL PMMVA 2005
MEDELLÍN	Avenida El Poblado - Avenida Oriental - Carrera 48 (empalme con la Autopista Medellín-Bogotá) con proyecto de Ampliación	Contemplado como un corredor de Metroplús
		Se realizaron adecuaciones sectorizadas y se contempla como uno de los ejes viales de Metroplús de la avenida el Poblado
ENVIGADO	Principales Proyectos viales: Avenida El Poblado - Envigado - Sabaneta (Ampliación)	Contemplado como un corredor de Metroplús
		Línea de Metroplús de Envigado (Av. El Poblado, desde el límite con Sabaneta hasta la Calle 30

Tabla 2 Proyectos Viales. Fuente Plan Vial metropolitano de 1986, PMMVA 2005. (Hoyos, 2013)

En las etapas previas a la ejecución se adelantaron estudios de factibilidad y rentabilidad, técnico – económico, socio – ambiental y físico – espacial, para definir la estrategia, el sistema integral de transporte masivo, el cronograma y los organismos de ejecución; lo anterior mediante convenios administrativos, de cuyos resultados se definieron los documentos CONPES² 3307 de 2004 y 3349 de 2005 que definieron los lineamientos para la estructuración y financiamiento del sistema; adicionalmente con los documentos CONPES 3260,3307,3349,3452 y 3573 se formularon políticas nacionales de carácter operacional, legal, institucional y financiero de los SMTP (Sistemas Masivos de Transporte de Pasajeros). (Hoyos, 2013).

El proyecto Metroplús en general, se encuentra incluido en el Plan Nacional de Desarrollo de 2002-2006 (Ley 812 de 2003), el Plan Nacional de Desarrollo de 2006-2010 (Ley 1151 de 2007) y en el Plan Nacional de Desarrollo de 2010-2014 (Ley 1450 de 2011); así como en los planes de desarrollo de los municipios de Envigado y Medellín para los períodos comprendidos entre 2004 y 2015. (Hoyos, 2013).

La elaboración de los diseños se llevó a cabo bajo la modalidad de licitación pública la cual fue adjudicada al Consorcio CCC-ETA, y la interventoría, por

² Documentos que desarrollan los lineamientos generales trazados en un Plan Nacional de Desarrollo.

esta misma modalidad fue contratada con el Consorcio Unión Temporal Ingeocilcón Ltda. - Hernán Pineda García. (Hoyos, 2013).

Posteriormente se hicieron ajustes al diseño en junio de 2010 contratados con el Consorcio Metroplús Tramo 1, y el 9 de septiembre de se celebró el contrato 09 de septiembre de 2010 para la *CONSTRUCCIÓN DEL CORREDOR PARCIAL DE ENVIGADO. TRAMO DE LA CARRERA 43ª (AVENIDA EL POBLADO) ENTRE CALLES 39 SUR Y 50 SUR. LONGITUD 1.7 KM. PARA EL SISTEMA DE TRANSPORTE MASIVO METROPLÚS DEL VALLE DE ABURRÁ*; el cual fue ejecutado entre 2010 y 2012.

5.1.3.1.4 Contratación

Para la ejecución de las obras del Tramo 2B, la entidad contratante contando con los diseños, estudios, especificaciones técnicas, presupuesto y los permisos emitidos por la autoridad ambiental publicó y desarrolló la Licitación Pública N. 03 d 2012 que tuvo por objeto “*CONSTRUCCIÓN CORREDOR PARCIAL DE ENVIGADO. TRAMO DE LA CARRERA 43ª (AVENIDA EL POBLADO) ENTRE CALLES 29 A SUR Y 21 SUR. LONGITUD 0.9 KM. APROX. PARA EL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE MASIVO DEL VALLE DE ABURRÁ*”, en el cual se invitaron a participar a las veedurías ciudadanas y a la comunidad en general que se encontraba interesada en el proyecto; y del cual se tuvo como resultado la adjudicación a la sociedad Arquitectos e Ingenieros Asociados S.A. (A.I.A), ver datos generales del proyecto. (Hoyos, 2013).

DATOS GENERALES DEL PROYECTO	
CONTRATANTE	Metroplús S.A.
CONTRATO N°	Contrato de Obra No 24 de 2013
CONTRATISTA	Arquitectos e Ingenieros Asociados S.A.
INTERVENTORÍA	Consorcio Metroplús
MODALIDAD	Precios Unitarios Fijos
VALOR	\$17.840.582.090
PLAZO	14 meses
INICIO	26 de Abril de 2013

Tabla 3 Datos Generales del Proyecto

5.1.3.1.5 Características Técnicas del Proyecto

5.1.3.1.6 Componentes socio - ambiental

En el tramo 2B de Envigado, el componente socio – ambiental que incluye el componente forestal, fue objeto de una variable primaria desde la elaboración de los diseños, con el fin de mitigar, prevenir y compensar los impactos negativos ocasionados durante el proceso constructivo; llevando a cabo socializaciones, reuniones, recorridos de campo, estudios, revisión y análisis de documentos entre los actores del proyecto o partes interesadas. De esta manera se desarrolló una línea de base integrada, entre otros, por el Plan de Manejo Ambiental (PMA) que incluyó *“todos los aspectos físicos, abióticos, bióticos y socio – espacial, con sus componentes de geología, litología, formaciones superficiales, contexto geográfico, conformación del territorio, tipos de poblamiento, referentes naturales e históricos, valores patrimoniales, población, salud, educación, salud, economía, situación de empleo y desempleo, vulnerabilidad social, niveles de organización, presencia empresarial en el sector, barrios de las zonas de influencia directa, unidades residenciales y comerciales, usos del suelo y nivel socioeconómico de la zona”*. (Hoyos, 2013).

Para el seguimiento y control del Plan de Manejo Ambiental, se definió un esquema de seguimiento compuesto por la interventoría ambiental, las normas ambientales y un programa compuesto por informes y retroalimentación comunitaria e institucional; esto sumado a la seguimiento y control realizado por la autoridad ambiental, el Ministerio de Transporte y el Municipio.

La interventoría ambiental evalúa la gestión de los lineamientos dispuestos en el PMA mediante la calificación de las listas de chequeo y en caso de que el contratista no obtenga como mínimo el 85% en esta evaluación o incumpla con

sus obligaciones ambientales, seguridad industrial, salud ocupacional, de gestión social o Plan de Manejo de Tránsito (PMT); acarreará multas económicas que corresponden a un SMMLV por cada día de retardo en la corrección del incumplimiento.

En cuanto al área social, según las obligaciones contractuales del proyecto, debía cumplirse con una serie de actividades y recursos durante la ejecución de la obra, en incluso anteriores al inicio de los trabajos, como se muestra a continuación.

GESTIÓN SOCIAL Y DE COMUNICACIÓN EN OBRA	Unidad	Cantidad
PROGRAMA DE INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN A LA COMUNIDAD		
Plegable informativo de la obra: Plegable de 3 cuerpos, tamaño 28 x 21,5 cm, abierto, papel propalcote mate de 115 gramos, full color (4x4). Incluye diseño, producción y distribución.	Un	10.000,0
Volantes de obra: papel propalcote mate de 90 gramos, impreso por ambas caras a cuatro tintas, refilados, en tamaño media carta.	Un	30.000,0
Circulares Informativas: impresión en laser de circulares de obra.	Un	10.000,0
Carteleras informativas: madera o corcho de 1 metro x 90 cms, incluye actualización mensual.	Un	10,0
Valla informativa de obra: tamaño 4 metros x 8 metros, incluye permisos y compra o alquiler de estructuras, impresión en alta de lona a 4 tintas, instalación y desinstalación. La valla debe permanecer durante todo el tiempo del contrato.	Un	1,0
Vallas Institucionales: tamaño 4 metros x 8 metros, incluye permisos y compra o alquiler de estructuras, impresión en alta de lona a 4 tintas, instalación y desinstalación y actualización del diseño e impresión cada 6 meses de la lona. Las vallas deben permanecer durante todo el tiempo del contrato.	Un	2,0
Punto de Atención al ciudadano (dotación).	Global	1,0
Pendón Institucional: producción de dos pendones (2x1 metro) impresión de lona en alta resolución con sistema de colgado.	Un	2,0
Video de 3 min aproximadamente de finalización de obra (antes y después de la obra: debe incluir tomas fotográficas y de video antes, durante y después del proceso constructivo).	Un	1,0
Punto de Atención al ciudadano (persona que atiende).	GI	14,0
PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA		
Reuniones con la comunidad (Inicio, avance, finalización, Comités Ciudadanos de obra, otras informativas).	Un	25,0
PROGRAMA DE SOSTENIBILIDAD		

Eventos de sostenibilidad: pequeños eventos de tipo pedagógico con un componente de comunicación BTL (formas no masivas de comunicación para mercadeo dirigidas a segmentos de mercado específicos).	Un	5,0
Piezas de sostenibilidad: material POP, pieza troquelada o artículo publicitario con un mensaje sobre el cuidado de la obra, que tenga la característica de ser conservable y de gran usabilidad.	Un	4.000,0
Talleres de sostenibilidad con los diferentes públicos del área de influencia. Incluye materiales	Un	14,0
Material informativo impreso (separador de libros u otro similar) para los tratamientos silviculturales y los certificados de las siembras. Incluye dos diseños diferentes.	Un	10.000,0
Pasacalles	Un	9,0
Impresión de renders en lonas: 2x2 metros, policromía, incluido sistema de amarrado.	Un	10,0
Marcación de árboles de permanencia y de traslados (70 y 30). Placa en acrílico o poliestileno incluye la instalación.	Un	100,0
PROGRAMA RESTITUCIÓN DE BIENES AFECTADOS		
Actas de vecindad y cierre (Área de influencia directa y cuando se requiera realizar en el área de influencia indirecta)	Todas	1,0

Tabla 4 Exigencias para el componente social (Fuente LP-03 de 2012)

5.1.3.1.1 Componente Forestal

Dada la importancia de la intervención arbórea y su impacto, fueron realizadas modificaciones al diseño, como lo es el caso del sector de la Casa Museo Otraparte en donde por solicitud de la comunidad estas modificaciones incluyen la conservación de 3 árboles de importancia histórica y cultural para los habitantes del sector y que hace necesaria la tala de 20 árboles del separador central.

Después de lo anterior, y la realización del inventario del componente arbóreo del tramo, se solicitó el permiso de aprovechamiento de árboles a la entidad ambiental competente, el cual fue otorgado a través de la Resolución N. 130AS 1210 7152 del 17 de octubre de 2012, permiso que abarca el aprovechamiento hasta la calle 31ª sur, aunque el tramo 2B tiene como límite la calle 29ª sur y

que contempla los tratamientos relacionados en la tabla 5, con una reposición además de 522 árboles a sembrar dentro y fuera del corredor.

TRATAMIENTOS APROBADOS POR LA ENTIDAD AMBIENTAL	TOTAL
Permanecen sin poda y mantenimiento	114
Permanecen y se debe hacer poda y mantenimiento	160
<i>Total árboles que permanecen en el corredor</i>	274
Retiro	218
<i>Total árboles para tala</i>	218
Traslado	40
<i>Total árboles para trasplante</i>	40
<i>Total General</i>	532

Tabla 5 Intervención arbórea

Pese a la autorización de retiro de 172 árboles (los que corresponden al tramo 2B desde la calle 21sur a la calle 29ª sur), se disminuyó la tala a 130 individuos arbóreos, con el fin de disminuir el impacto ambiental del paisaje y mantener la mayor permanencia de éstos en el corredor.

Con el propósito de mitigar y disminuir los impactos ocasionados en la etapa de Construcción del proyecto, la entidad contratante realizó las siguientes consideraciones frente al componente forestal entre los que se destacan:

- Reducción de un total de 172 a 132 los árboles para tala.
- Aumento de la compensación, pasando de 500 árboles a 2000 individuos a plantar, es decir 15 nuevos árboles por cada árbol talado, superando la exigencia de 3 árboles nuevos por cada individuo retirado que era lo dispuesto por la autoridad ambiental.

- Plantación de especies con mayor copa con alturas entre 3 a 4m, cuando lo previsto eran individuos de 2m de altura.
- Aumento de las coberturas vegetales y del tamaño de los alcorques.

5.1.3.1.2 Atención a la Comunidad

Para el proyecto se generaron diferentes escenarios de participación de la comunidad, planteados antes y durante la ejecución de las obras como son: conversatorios ambientales, recorridos guiados, reuniones de socialización, reuniones de inicio (realizadas en Mayo 23, 25 y 30), reuniones de avance, visitas de atención, presentación general y socialización, presentación del Plan de Manejo Ambiental y atención permanente en el PAC (Punto de Atención al Ciudadano) a cargo del contratista como una de sus obligaciones contractuales.

Se promovió la conformación del Comité Ciudadano de Obra integrado por residentes y comerciantes de los sectores de influencia del proyecto quienes en reuniones mensuales reciben información sobre el avance de las obras, se capacitan en temas de participación ciudadana, sostenibilidad y exponen las inquietudes y sugerencias de sus vecinos.

5.1.3.1.3 Rechazo por parte de miembros de la comunidad

Una vez realizada la socialización de las primeras intervenciones arbóreas que correspondía al trasplante de 5 árboles (4 guayacanes + 1 Chiminango), la comunidad empezó a manifestar su oposición, a través de marchas y protestas, dificultando las intervenciones e impidiendo algunas de ellas. Se presentaron hostigamientos y amenazas al personal operativo de la obra.

Algunos de los manifestantes se establecieron en el campamento principal de la obra ubicado en el costado oriental de la Q. Ayurá a lo que denominaron "Campamento verde" y se constituyó en el centro de operaciones del movimiento en contra de la ejecución de las obras.

La oposición de los manifestantes tomó cada vez más fuerza a través del uso de las redes sociales y la divulgación de información parcializada a través de éstas y de los medios de comunicación.

El 19 de Junio se suspendieron las talas en forma temporal, por solicitud de la Personera Municipal, hasta tanto no se llevaran a cabo las mesas de diálogo con la comunidad y el Alcalde del municipio.

Después de las reuniones realizadas el 20 y 21 de junio, en las que no se llegó a ningún acuerdo y manifestada la imposibilidad técnica y jurídica de suspender definitivamente las talas, se dio por terminada la suspensión temporal antes mencionada.

Con el fin de adelantar los trabajos y brindar seguridad al personal operativo y administrativo de la obra, el 29 de julio se realizó la tala de 7 individuos arbóreos, lo anterior con presencia del SMAD.

En medio del rechazo manifestado por la comunidad frente a la ejecución del proyecto, cinco miembros de ésta presentaron ante el Tribunal Administrativo de Antioquia una acción popular, demandando a la autoridad ambiental, a la entidad contratante, al municipio y al contratista del proyecto; aduciendo la protección de los intereses colectivos establecidos en el artículo 4 de la ley 472 de 1998 en su numerales a, c, d, m y e; en la cual, se solicita a manera de petición especial sea decretada una medida cautelar de urgencia en virtud del artículo 234 de la ley 1437, que suspendería los efectos de la resolución expedida por la autoridad ambiental en la cual se otorga el permiso de aprovechamiento de árboles aislados a la entidad contratante.

Esta acción popular es admitida con prontitud, implicando la aceptación de la competencia de la demanda y decretando una medida cautelar que impide la tala de los árboles del corredor, la cual es notificada el 4 de julio, fecha a partir de la cual se genera la imposibilidad de talar los árboles que según el trazado del proyecto debían talarse para la ampliación de la vía, lo cual conlleva a un alto grado de incertidumbre en la ejecución de los trabajos, el desarrollo de la programación, la planeación de los recursos, y en general la logística de la obra.

5.1.3.2 Programa maestro

Corresponde a la elaboración y ajuste de la programación general del proyecto, la cual consta de diferentes versiones, teniendo en cuenta las condiciones del cliente; fueron desarrolladas usando el Diagrama de Gantt o Carta Gantt con barras ligadas y ruta crítica.

Versión 1: Se desarrolló el programa de obra a nivel de ítems del presupuesto en cumplimiento de las exigencias contractuales dadas por el cliente en el Pliego de Condiciones del proceso licitatorio, en donde la discriminación de las actividades estaba dada por áreas y los ítems se convertían en extensas barras que impedían visualizar el proyecto de una forma clara, ordenada, en fases y en secuencia lógica (ver anexo)

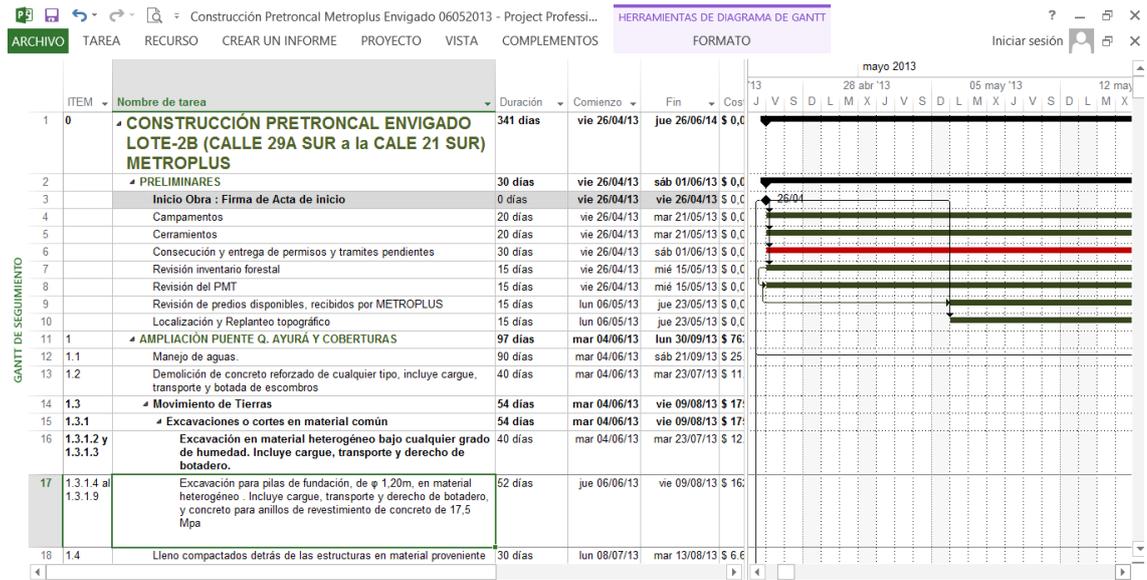
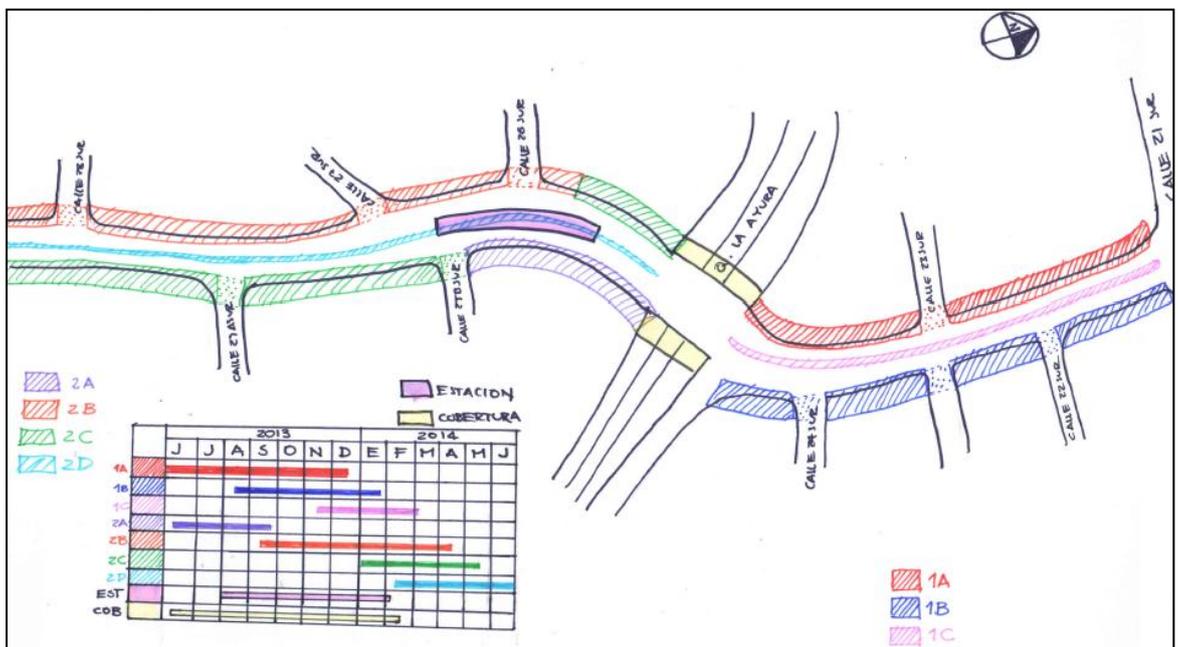


Imagen 5 Vista del programa Versión 3

Versión 2: Dada la complejidad de la versión 1, se realizó –previa concertación de las partes- la esquematización del proyecto en frentes de trabajo y tramos de ejecución para el caso de la ampliación de la vía. Ver Gráfica 38



Gráfica 42 Esquema de Trabajo para la Versión 2 de Programación

Para esta versión se descompuso el programa en 7 tramos adicionales a los capítulos de Preliminares, Ampliación del puente y coberturas, coberturas y estación como se muestra en la vista de tareas de resumen (Imagen N. 6)



Imagen 6 División de la programación en tramos

Cada tramo se dividió en los subcapítulos: preliminares, demoliciones y movimiento de tierras, redes, vía, andén, PMA y PMT.



Imagen 7 Subdivisión de los tramos en capítulos

A su vez estos capítulos se subdividieron en sub-capítulos y posteriormente en tareas como se muestra en las siguientes imágenes.

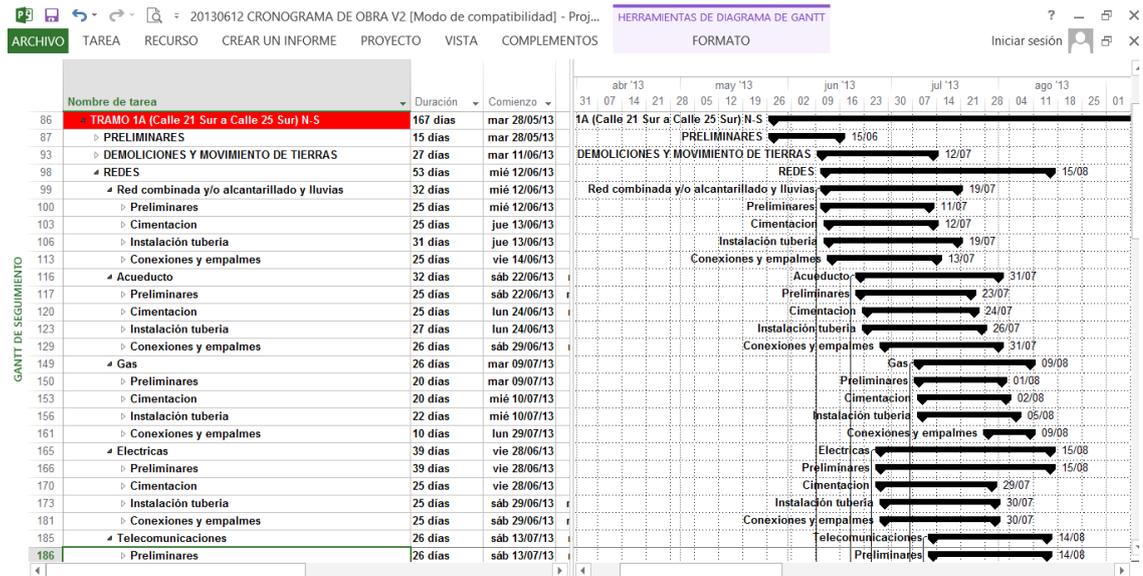


Imagen 8 Subdivisión de capítulos

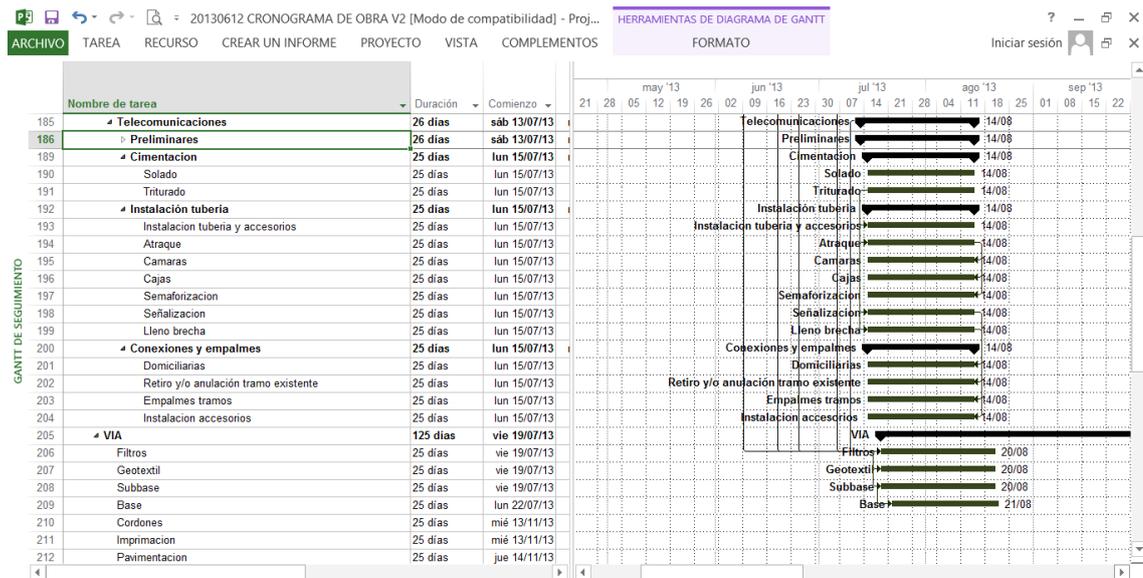
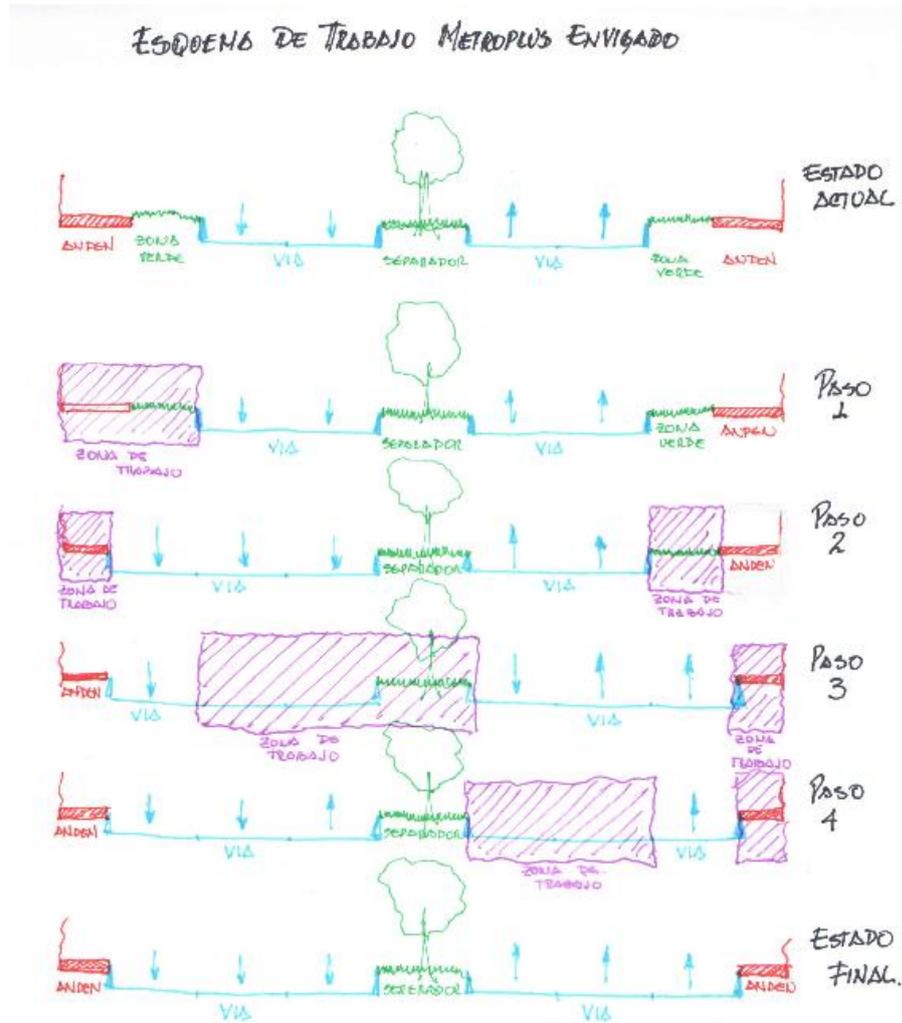


Imagen 9 División de subcapítulos en tareas

Si bien este programa fue desarrollado con base en el Plan de Manejo de Tránsito diseñado para el proyecto y con la participación del director de obra y sus residentes, fue necesario plantear un nuevo esquema de trabajo dando lugar a la versión 3 del 18 de junio de 2013 la cual fue aprobada por la interventoría el 12 de agosto de 2013.

Versión 3: Esta versión plantea un nuevo esquema de trabajo en donde los 7 tramos adicionales de la versión 2 se convierten en tres tramos los cuales se dividen en cuatro pasos, como se muestra en el esquema. (Ver gráfica N. 40).



Gráfica 43 Esquema de Trabajo para la Versión 3 de Programación

Los tramos hacen referencia a trayectos de vía, así:

TRAMO 1, desde la Calle 21 Sur hasta la Calle 25 Sur

TRAMO 2, desde la Calle 25 Sur hasta la Calle 25B Sur

TRAMO 3, desde la Calle 25B Sur hasta la calle Transversal 29 sur

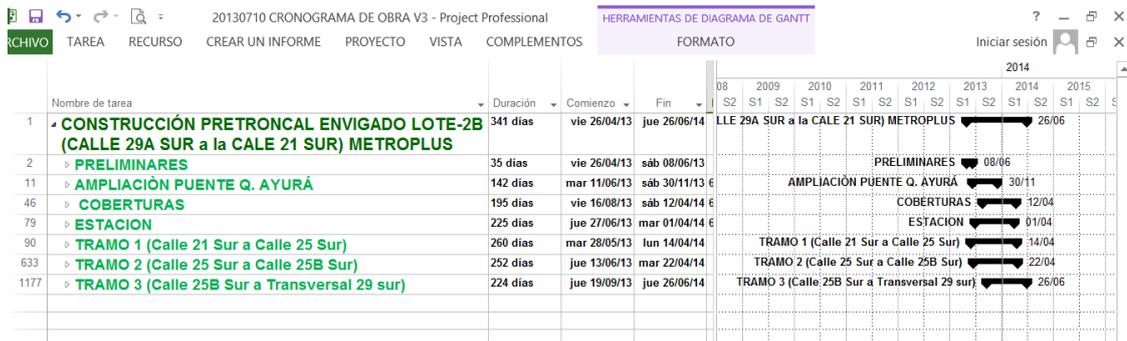


Imagen 10 División de la programación en tramos según V3

Cada uno de los tramos se divide en cuatro pasos los cuales a su vez se subdividen en capítulos, como se observa en la imagen N. 11.

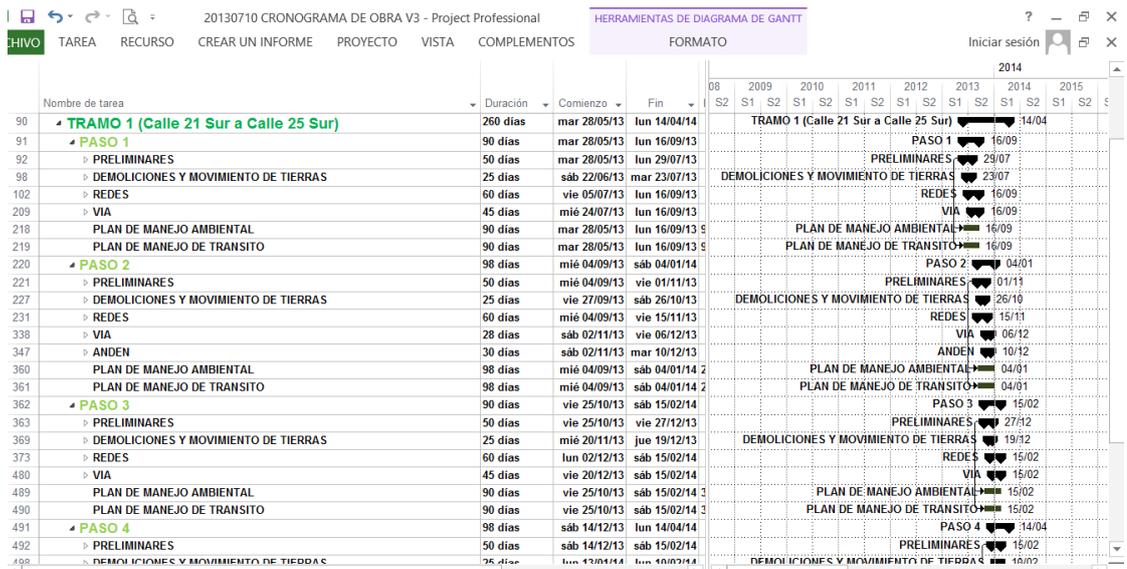


Imagen 11 División de los tramos en pasos V3



Imagen 12 División de los pasos en subcapítulos V3

En el paso 1 se interviene el costado occidental construyendo el tercer carril y las redes correspondientes al tramo en cuestión (Redes eléctricas, telecomunicaciones, semaforización, redes de gas, acueducto y alcantarillado)

En el paso 2, se construye el espacio público en el costado occidental y se interviene el costado oriental para la ampliación del tercer carril.

En el paso 3, se interviene el carril mixto del costado occidental y el separador central; así como las redes correspondientes al costado oriental.

Y, en el paso 4, se interviene el carril mixto y el espacio público del costado oriental.

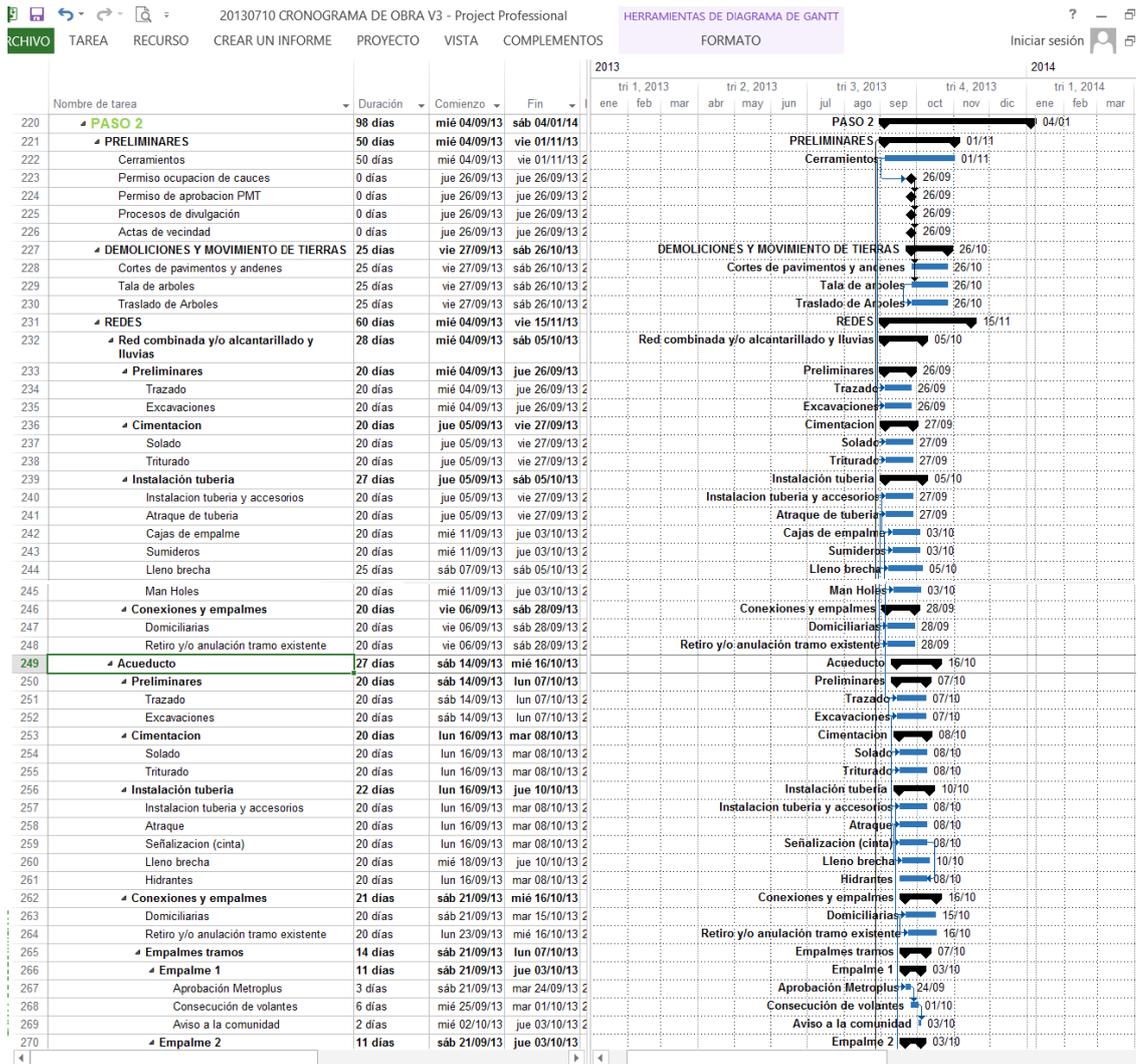


Imagen 13 División de subcapítulos en tareas V3

5.1.3.3 Plan intermedio y análisis de restricciones

Corresponde a la programación intermedia en la que se relacionan las actividades en un período comprendido entre 4 o 6 semanas y el análisis de las restricciones para cada una de ellas, en lo que se refiere a diseños, recursos materiales, mano de obra, contratación, anticipo y predecesoras.

Este plan fue construido con base en la versión 3 de programación en el formato N. 1 descrito en el numeral 5.1.1.1, incluyendo las siguientes restricciones: diseño, materiales, equipos contrato, anticipo, predecesoras, permisos, socialización, siso y ambiental.

Las 10 restricciones a analizar fueron presentadas, determinadas y discutidas con el equipo de residentes de la obra, quienes eran los encargados de dar el porcentaje de liberación de la restricción de acuerdo a su especialidad. Se destacan las restricciones particulares como son los permisos, la socialización, y los componentes siso y ambiental, teniendo en cuenta que por la naturaleza del proyecto, el no contar con un permiso a tiempo, o la no realización de los procesos de socialización exigidos por el contratante, conlleva a la imposibilidad de ejecución de una actividad o al incurrimento en sanciones, multas, y/o deficiencias en la calificación del PMA y el PMT.

5.1.3.3.1 Diseño

Esta restricción implica la existencia y pertinencia de los diseños y especificaciones para la ejecución de la actividad, incluyendo los detalles constructivos necesarios para el desarrollo de los trabajos.

5.1.3.3.2 Materiales

Está directamente relacionada con la disponibilidad de los materiales requeridos para la ejecución de la actividad.

5.1.3.3.3 Equipo

Se refiere a la disponibilidad de los equipos necesarios para la realización de la actividad.

5.1.3.3.4 Contrato

Antes de iniciar los trabajos es indispensable contar con el contrato debidamente legalizado, ya sea de suministro, todo costo o mano de obra, estos últimos bajo la modalidad de precios unitarios fijos no reajustables.

El proceso de contratación todo costo y mano de obra se desarrollaron mediante licitación privada con el fin de seleccionar el subcontratista idóneo para la ejecución de los trabajos, siendo espejo de los pliegos y requerimientos contractuales del proyecto completo.

5.1.3.3.5 Anticipo

Corresponde a la gestión y entrega del anticipo pactado con los subcontratistas según el caso.

5.1.3.3.6 Predecesoras

Esta restricción está determinada por la ejecución de las actividades que preceden y restringen el comienzo o afectan directamente la ejecución de la actividad objeto del análisis.

5.1.3.3.7 Permisos

Esta restricción incide directamente en la posibilidad de ejecución de las actividades, y constituye una de las restricciones más importantes. Existen permisos que deben ser tramitados y aportados por el cliente o entidad contratante como son, el permiso de aprovechamiento de árboles aislados y los permisos de ocupación de cauces, tanto de la quebrada Ayurá como de la quebrada La Honda; y permisos que deben ser tramitados por el constructor o contratista entre los que se destacan, el permiso de trabajo nocturno, para el caso en que los trabajos se extiendan sobre las horas de la noche, y los permisos de trabajo en alturas, en este caso para las excavaciones profundas.

5.1.3.3.8 Socialización

Las actividades de tala, trasplante, inicio de obra, apertura de frentes de trabajo, suspensión temporal de servicios públicos, debían contar con socialización previa a los vecinos o personas afectadas por la actividad. Lo cual era requisito indispensable para el inicio y/o desarrollo de los trabajos.

5.1.3.3.9 Siso

Esta restricción comprende cuatro aspectos: la afiliación del personal al sistema de seguridad social (salud, pensión y riesgos profesionales), la disponibilidad de los elementos de protección personal según la labor a ejecutar, la participación y validación del proceso de inducción que realiza la obra al personal que ingresa a laborar y el certificado de trabajo en alturas.

5.1.3.3.10 Ambiental

Esta restricción abarca las medidas necesarias para el manejo de los siguientes aspectos.

- Manejo de Residuos Sólidos y Líquidos.
- Humectación de vías.
- Protección sumideros.
- Campamento y provisionales (baños).

Para el control de la liberación de restricciones se llevó el registro de éstas con base en el programa intermedio como se muestra en la Tabla 6, en donde además se observa que algunas de las restricciones no fueron liberadas durante el período de implementación del sistema,

CONTROL DE RESTRICCIONES EN LA PROGRAMACION												
FECHA DE CORTE				13-12-13								
N.		RESTRICCIÓN	RESPONSABLE	FECHA LIMITE DE ELIMINACIÓN	FECHA DE INICIO DE ACTIVIDAD EN PROGRAMA INICIAL	FECHA DE TERMINACION EN PROGRAMA INICIAL	FECHA DE LIBERACION RESTRICCIÓN	ATRASO INICIO DE ACTIVIDAD EN PROGRAMA INICIAL (SEMANAS)	DIAS FALTANTES PARA TERMINAR ACTIVIDAD	% DE ELIMINACIÓN	% FALT.	ATRASO DE ELIMINACIÓN (SEMANAS)
1	AMPLIACIÓN DEL PUENTE	Permiso de ocupación de Cauce	METROPLUS	09/06/13	11/06/13	05/08/13	13/08/13	FIN	-130,00	100%	0%	-9,00
2		Suspensión de talas	CONSEJO DE ESTADO	15/06/13	17/06/13	12/07/13		-25,86	-154,00	0%	100%	-25,57
3		Contrato de mano de obra	JORGE DUSSAN	09/06/13	11/06/13	17/09/12		FIN	-452,00	100%	0%	-26,43
4		Rediseño de alcorques en urbanismo	INTERVENTORIA	31/10/13	02/11/13	13/06/14		-6,14	182,00	0%	100%	-5,86
5		Apoyos de neopreno	JORGE DUSSAN	24/09/13	26/09/13	19/10/13		-11,43	-55,00	0%	100%	-11,14
11	COBERTURA A LA HONDA	Permiso de ocupación de Cauce.	METROPLUS	14/08/13	16/08/13	09/10/13		-17,29	-65,00	0%	100%	-17,00
12		Cambios de diseño	METROPLUS	14/08/13	16/08/13	12/04/14		-17,29	120,00	0%	100%	-17,00
13		Suspensión de talas	METROPLUS	20/06/13	22/06/13	23/07/13		-25,14	-143,00	0%	100%	-24,86
14	AMPLIACIÓN DEL PUENTE	Chequeo de refuerzo en repotenciación por mayores cargas debido a la estructura existente (fibra de carbono)	METROPLUS	09/06/13	11-06-13	30-11-13	01/09/13	-26,71	-13,00	0%	100%	-11,71
15		Rediseño del empalme entre los tableros nuevos y existentes	METROPLUS	09/06/13	11-06-13	30-11-13	02/09/13	-26,71	-13,00	0%	100%	-11,86
16		Reubicación de Pilas 5-9 y 10 por realineamiento de ampliación del puente	METROPLUS	09/06/13	11-06-13	30-11-13		-26,71	-13,00	0%	100%	-26,43

17		Rediseño de repotenciación en estribo nuevo debido a falta de área de apoyo en zapata de estribo existente y Rediseño de vigas aéreas en ampliación del puente	METROPLUS	09/06/13	11-06-13	30-11-13		FIN	-13,00	100%	0%	-26,43
18		Entrega de diseño final para determinar el nivel de rasante, niveles de implantes de pilas, niveles estribos, vigas y tableros.	METROPLUS	09/06/13	11-06-13	30-11-13		-25,86	-13,00	300%	-200%	-26,43
19	COBERTURA AYURÁ	Suspensión de talas	CONSEJO DE ESTADO	20/06/13	22-06-13	23-07-13		-24,00	-143,00	400%	-300%	-24,86
20	ESTACIÓN	Diseño estructural de losa	METROPLUS	31/10/13	02-11-13	24-02-14		-4,71	73,00	500%	-400%	-5,86
21		Suspensión de talas	CONSEJO DE ESTADO	25/06/13	27-06-13	23-07-13	01-12-13	-22,71	-143,00	600%	-500%	-22,43
22	FRENTE 1	Traslado de redes para retiro de postes	OTRAS ENTIDADES	14/07/13	16-07-13	17-08-13	01-12-13	-19,71	-118,00	700%	-600%	-19,71
23		Definición de diseño red de acueducto	EPM	14/07/13	16-07-13	17-08-13	01-12-13	-19,43	-118,00	800%	-700%	-19,71
24	FRENTE 2	Suspensión de talas	CONSEJO DE ESTADO	20/06/13	22-06-13	23-07-13		-22,57	-143,00	900%	-800%	-24,86
25	FRENTE 3	Suspensión de talas	CONSEJO DE ESTADO	20/06/13	22-06-13	23-07-13		-22,29	-143,00	1000%	-900%	-24,86
26		Continuidad de filtros por suspensión de talas										

Tabla 6 Control de liberación de restricciones

5.1.3.4 Programa Semanal

Corresponde al programa semanal, detallado para concertar y socializar en la reunión semanal de contratistas, la cual se institucionalizó para los viernes en horas de la mañana.

Durante las primeras 13 semanas de implementación del Last Planner System, la metodología desarrollada para la construcción y concertación del programa semanal fue la siguiente: en primer lugar se filtraban las tareas del plan maestro correspondientes a las semanas de análisis del programa intermedio, y posteriormente se hacía el listado detallado y la meta de cumplimiento o avance requerido de las tareas a realizar durante la semana siguiente, previa revisión y análisis de las restricciones; todo esto con la participación de los residentes y el director de obra quienes finalmente tomaban las decisiones concernientes a la programación de las tareas, con liberación o no del 100% de las restricciones. Esta labor se realizaba los días jueves, cuando se preparaban y consolidaban toda la información requerida para la reunión de contratistas, desarrollada los viernes, en donde posterior a la evaluación de actividades y

criterios de calificación, se hacía la entrega del programa semanal, el cual era revisado, discutido y concertado por cada uno de los participantes de la reunión, dando como resultado el programa semanal definitivo con los ajustes y/o modificaciones que se hayan dado en el proceso de concertación.

Después de la semana 13, en la que se tuvo un caída en el PAC, por sugerencia del director operativo de la obra se cambió la metodología, descrita en el párrafo anterior. Esta propuesta consistía en construir el listado de tareas y hacer la evaluación del PAC durante la reunión con la participación de los residentes y/o encargados de los subcontratistas; esto con el fin de generar una mayor apropiación del ejercicio y mejorar los resultados, para esto entonces, se hacía la revisión previa de las tareas y las restricciones, el avance de obra durante la semana, y, posterior a la evaluación se concertaban las tareas y las metas de la siguiente semana, las cuales se analizaban para cada frente de trabajo; lo cual fue altamente positivo para la evolución del PAC y generó mayor participación e interacción entre los participantes de la reunión o comité semanal de contratistas. Una vez concertadas las tareas se procedía a digitar la información, que era enviada a más tardar en horas de la tarde de ese mismo día, a todos los residentes y subcontratistas.

5.1.3.5 Evaluación

Con base en los criterios de evaluación establecidos y el PAC se realizó la evaluación semanal para cada uno de los parámetros o criterios de calificación, y teniendo en cuenta el avance de las tareas se hacía la valoración del PAC;

Durante las primeras trece semanas, antes de cambiar la dinámica de la reunión semanal, la evaluación de las tareas de la semana era realizada por el director operativo y la persona encargada de la programación y el Last Planner, un día antes de la reunión, en la que se socializada tanto el cumplimiento del PAC y la calificación de los parámetros de calidad, programación, compromiso con la obra, seguridad industrial y plan de manejo ambiental.

Después de la semana 13 la evaluación de metas para cada una de las tareas de la semana anterior, se hacía durante la reunión semanal de contratistas, en donde cada uno de los responsables aportaba el avance real, avalado por los residentes técnicos y personal directivo, dando además las razones o causas de no cumplimiento para los casos en que no se lograba el avance requerido.

EVALUACION LAST PLANNER SEMANAL						
OBRA: Metroplus Tramo 2B						AIA
PAC Total de la Semana (Porcentaje de Actividades completadas) 79%						
FACTORES A EVALUAR						
RESPONSABLE	PROGRAMACIÓN	CALIDAD	COMPROMISO CON LA OBRA	SALUD OCUPACIONAL	AMBIENTAL	PAC
AIA	😊	😊	😊	😊	😊	100
Azahave	😊	😊	😊	😊	😊	100
Indurat	😐	😊	😊	😊	😊	88
ing Util	😐	😊	😊	😊	😊	83
Inmed	😊	😊	😊	😊	😊	100
MA Const.	😐	😊	😊	😊	😊	90
Vras	😊	😊	😊	😊	😊	100
Luis Alon	😊	😊	😊	😐	😊	80

Imagen 14 Tablero de Evaluación semana 27

5.1.3.6 Recopilación de la información y análisis de resultados

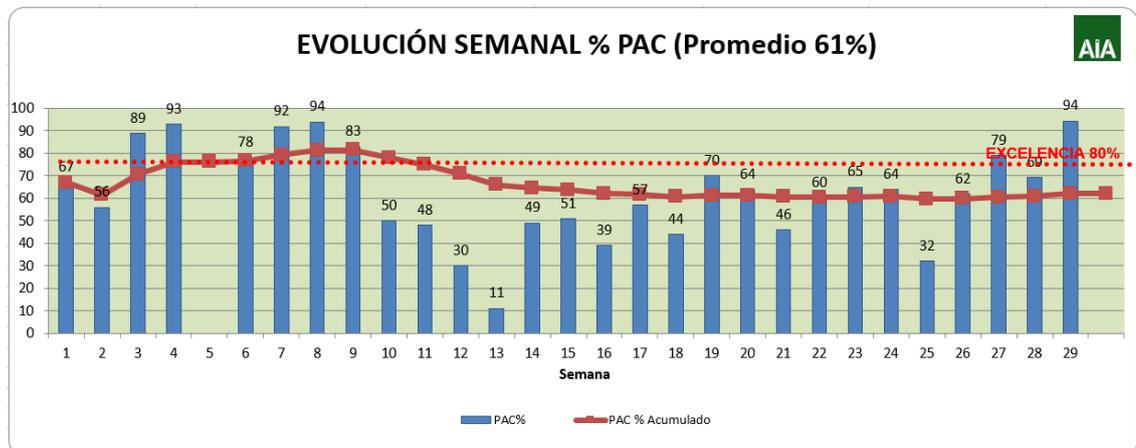
Semanalmente se realizó la recopilación de la información estableciendo parámetros de comparación y medición que permitieron lo anterior con la participación de los residentes y personal directivo de la obra.

6. RESULTADOS

La recolección de la información se realizó a través de la observación estructurada, teniendo como instrumentos: formatos, registro fotográfico, y encuestas.

6.1 EVOLUCIÓN DEL PAC SEMANAL

La implementación del sistema de planificación Last Planner, en la construcción del Tramo 2B del corredor parcial de Envigado, fue realizada desde el 27 de mayo de 2013 hasta el 13 de diciembre de 2013, abarcando un número de 29 semanas, en donde la evolución del PAC se resumen en un PAC promedio del 61%, afectado por picos demasiados bajos como es el caso de la semana 13 en donde se registró un PAC del 11% y las semanas 12 y 30 con resultados por debajo del 35%, los cuales incidieron notablemente en el promedio, teniendo en cuenta que el 57% de los resultados estuvieron por encima del 60% con picos de hasta el 94%, y el 14% de los resultados estuvo entre el 50% y el 59%.



Gráfica 44 Evolución del PAC Semanal

Para el análisis no se tiene en cuenta la semana 5, en tanto en esta semana por cuestiones logísticas no fue posible la toma de datos ni la realización de la reunión semanal de contratistas que correspondía al 28 de junio, momento en el cual se encontraba en una situación tensa dada la oposición de la comunidad y la preparación de la actividad de tala programada para el 29 de junio que comprometía la seguridad del personal operativo y administrativo para el que tuvo que contarse con pie de fuerza de la policía nacional y miembros del SMAD.

En la semana 1 y 2 se observa un PAC por encima del 50%, marcado por el inicio de obra, los procesos de contratación, el establecimiento de los campamentos. Cabe anotar que el acta de inicio e obra fue firmada por las partes el 2 de abril, pero la obra no tuvo su inicio el 6 de junio; durante el mes de mayo se hicieron las licitaciones de los contratos de mano de obra y todo costo, negociaciones de materiales, ingreso y conformación del equipo de residentes con los perfiles exigidos por la entidad contratante y en general la logística previa al inicio de los trabajos.

De las semanas N. 3 a la semana N. 9 se observa un PAC entre el 78% y el 94%, que mostraba la efectividad en la planeación y la reducción de la incertidumbre en los planes a corto plazo, se programaron las actividades con base en el análisis de restricciones.

De la semana 10 a la semana 13 se evidencia una caída del PAC , con resultados del 50% al 11%, en donde se programaron actividades que pese a no estar liberadas completamente según el análisis de restricciones eran incluidas en el plan semanal, basadas en la hipótesis de que éstas posiblemente fuesen resueltas previo el inicio de las actividades, sin embargo el tiempo resultaba demasiado corto para liberar las restricciones que en su mayoría se referían a falta de diseños y/o deficiencias en los detalles y especificaciones para los procesos constructivos.

De igual forma las externalidades como, suspensión de talas, la oposición de la comunidad, la incertidumbre frente al futuro del proyecto en donde se

comprometía la continuidad del proyecto, generando una actitud de reserva en los contratistas en cuanto a la vinculación de personal.

De otro lado se dio el caso, en repetidas ocasiones, que una vez iniciadas las tareas, éstas eran suspendidas por la interventoría del proyecto ante cambios en las especificaciones o inconsistencias en los diseños.

Después de la suspensión de talas y las dificultades presentadas para la ejecución de los trasplantes, se realizaron variaciones en la ejecución del esquema de trabajo y los atrasos en la programación empezaron a ser cada vez más evidentes en tanto no se podía seguir el curso normal de ejecución dadas las nuevas condiciones del proyecto.

Teniendo en cuenta las características del proyecto y la caída del PAC en las semanas 10, 11, 12 y 13, se hizo el cambio en la metodología de la evaluación y construcción del plan semanal, tal y como se describió en el ítem 5.1.3.4, se obtuvo como resultado un mejoramiento del PAC en las semanas 14 y 15, con una nueva caída en la semana 16 a un PAC de 39% que estuvo directamente relacionado con la incertidumbre generada por la probabilidad de que el 16 de septiembre se conociera el fallo del consejo de estado, el cual podría levantar la medida cautelas favoreciendo el desarrollo y ejecución del proyecto, o, en el peor de los casos la ratificación de esta medida implicando la imposibilidad de continuar con los trabajos. Constituyendo lo anterior, una externalidad totalmente difícil de controlar en la planificación, por más eficiente que pudiera resultar una herramienta de planificación y control.

Después de la semana 17 a la 24 se evidencia un mejoramiento en la evolución del PAC, el cual presenta altibajos pero logra mantener un PAC promedio del 64%, contando los datos de ese rango.

En la semana 32 vuelve a presentarse una caída en el PAC, que puede sustentarse en la posibilidad de suspensión de la obra lo cual se empezó a vislumbrar en la primera semana de noviembre ante las dificultades de ejecución, la imposibilidad de abrir nuevos frentes de trabajo, la suspensión de las obras correspondientes a la quebrada la Honda que en primer lugar se vio afectada por las demoras en la entrega del permiso de ocupación del cauce y

que una vez iniciada el 25 de octubre, tres días después tuvo que detenerse al encontrar una tubería no prevista que impedía la continuidad de los trabajos, siendo un tropiezo más para el proyecto.

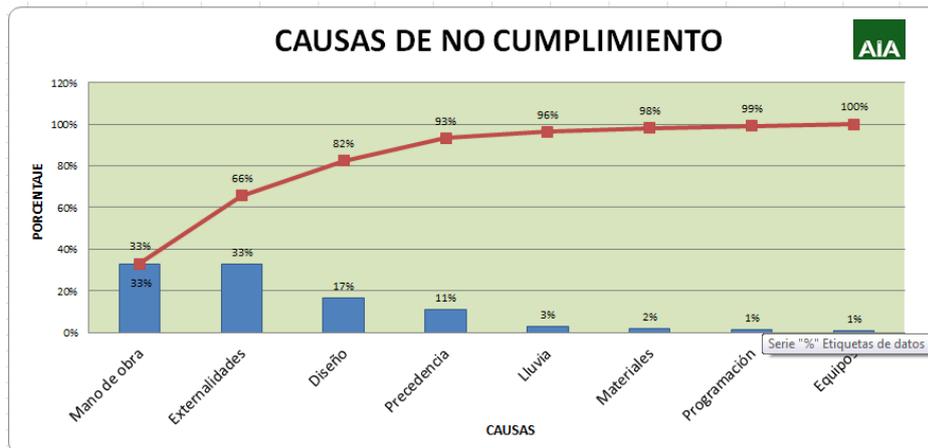
A medida que pasaba el tiempo los espacios de trabajo eran más reducidos y mayor la desmotivación por parte de los subcontratistas, a causa de una ejecución llena de imprevistos, sin mencionar los sobrecostos en que se estaba incurriendo, los cuales en gastos administrativos por parte del contratista ascendían a los mil millones de pesos aproximadamente.

Los resultados de la semana de la semana 26 a la 29 presentaron una notable recuperación en el PAC partiendo del 62% hasta un 94% en la semana 29, dado por la notificación de la suspensión temporal de la obra proyectada para el 30 de diciembre implicando la terminación de los trabajos iniciados, el desmonte de campamentos, y el cobro de los trabajos ejecutados.

6.2 CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO

Las causas de no cumplimiento se clasificaron en; mano de obra, diseños, precedencia, lluvia, materiales, programación, equipos y otros, éste último para cuando la circunstancia que ocasionó el incumplimiento no podía clasificarse dentro de las anteriores.

Como las causas con mayor peso dentro de los resultados, se encuentran las correspondientes a mano de obra y Externalidades, ambas con un valor de 33% cada una.



Gráfica 45 Causas de no cumplimiento

En cuanto a la mano de obra, este porcentaje está directamente relacionado con las dificultades propias del proyecto, en donde los factores externos en los que se destaca la oposición de la comunidad, la incertidumbre frente a un posible fallo del consejo de estado en contra o a favor de la continuidad del proyecto, las amenazas y continuos hostigamientos al personal operativo que tuvo lugar entre julio y agosto, la dificultad para abrir nuevos frentes de trabajo, y los cambios de diseño y especificaciones de última hora, entre otros, generaron una inestabilidad en la ejecución de la obra en donde la vinculación de personal constituía un riesgo para los subcontratistas y los frentes abiertos no eran lo suficientemente grandes de tal manera que facilitarían la ejecución de los trabajos y permitieran la simultaneidad en la ejecución, en tanto el personal podría interferirse entre sí para la ejecución de los trabajos, ocasionando además condiciones inseguras de trabajo.

La otra causa con mayor incidencia es la denominada “externalidades”, que recoge todas esas circunstancias que se han mencionado anteriormente como son: la oposición de la comunidad al desarrollo del proyecto, las demoras presentadas en la entrega de los permisos de ocupación de cauce de las quebradas, por parte de la entidad contratante, que a su vez dependía de otras instituciones, las inconsistencias o variaciones de las especificaciones técnicas, como en el caso de los alcorques en donde se inició la actividad pero tuvo que

suspenderse e incluso hacer reprocesos por modificaciones de última hora, imprevistos como la presencia de tuberías en servicio que no fueron contempladas dentro del proyecto pero que debían reemplazarse y/o retirarse en tanto comprometían la estabilidad de la obra, la aparición de obras extras y/o trabajos no previstos que implicaban trámites de cotizaciones, generación de nuevos análisis, actas de modificación de precios y el aval de la interventoría y el contratante; la intervención de otras instituciones que tenían participación indirecta en el proyecto como las empresas prestadoras de servicios públicos; la incertidumbre frente al futuro del proyecto, la imposibilidad de seguir un esquema de trabajo que permitiera una ejecución industrializada de la obra, la cual generó sobrecostos para el contratista y sus subcontratistas, una ejecución lenta que se veía reflejada en cortes de facturación que no compensaban los gastos administrativos, afectando el flujo de caja y ocasionando retrasos en la programación; y el vandalismo por parte de desconocidos que generaban daños en los cerramientos y en las instalaciones de obra.

Aunque los problemas de diseño tuvieron una alta incidencia en la ejecución del proyecto, estos ocupan la tercera causa de incumplimiento en los resultados generales, en tanto en la mayoría de los casos éstas se filtraban en el análisis de restricciones impidiendo que éstas hicieran parte del plan semanal, sin embargo, algunas de estas restricciones eran indeterminables y se presentaban durante la ejecución del plan semanal, en donde era necesario retrasar o parar una actividad hasta tanto no se hiciera una aclaración o modificación a los diseños que en muchas ocasiones resultaron insuficientes para la ejecución de los procesos constructivos.

Las precedencias ocupando un cuarto nivel en las causas de no cumplimiento del proyecto, se tiene como consecuencia de las causas o aspectos relacionados en los apartes anteriores, por ejemplo, al encontrarse una tubería no prevista se afectaban las labores de redes en su secuencia, las cuales permitían un avance y liberación de espacios de trabajo para la construcción de la estructura de vías o espacio público, que por ende se veían afectadas.

Las demás causas de no cumplimiento: lluvia, materiales, programación y equipo, fueron mínimas pero también afectaron en su momento la ejecución de los trabajos.

6.3 PARTICIPACIÓN EN EL NIVEL OPERATIVO

Con el fin de valorar el conocimiento y la participación de los trabajadores en la implementación del sistema fue realizada una encuesta a los empleados del nivel operativo de la obra, la cual tuvo lugar el 17 de octubre de 2013 en el punto de encuentro de la Quebrada la Ayurá donde se localiza uno de los campamentos principales.

La encuesta fue aplicada a 51 trabajadores, obteniendo los siguientes resultados:

TABULACIÓN DE ENCUESTA

PREGUNTA/RESPUESTA	He escuchado esas palabras pero no sé qué significan.	No he escuchado ni tengo conocimiento del tema	He escuchado esas palabras y creo saber qué significan	TOTAL
1. ¿Sabe usted qué es "Last Planner System"?	9	36	6	51

PREGUNTA/RESPUESTA	Siempre	Algunas veces.	Nunca	TOTAL
2. ¿Es informado por parte de su jefe inmediato o el residente de obra, sobre las metas o tareas previstas para la semana siguiente?	16	25	10	51

PREGUNTA/RESPUESTA	Si	No	Nunca lo he visto	TOTAL
3. ¿Tiene conocimiento sobre el significado de las caritas de colores ubicadas en el tablero de evaluación de contratistas, que se encuentra en la oficina de la obra?	29	12	10	51

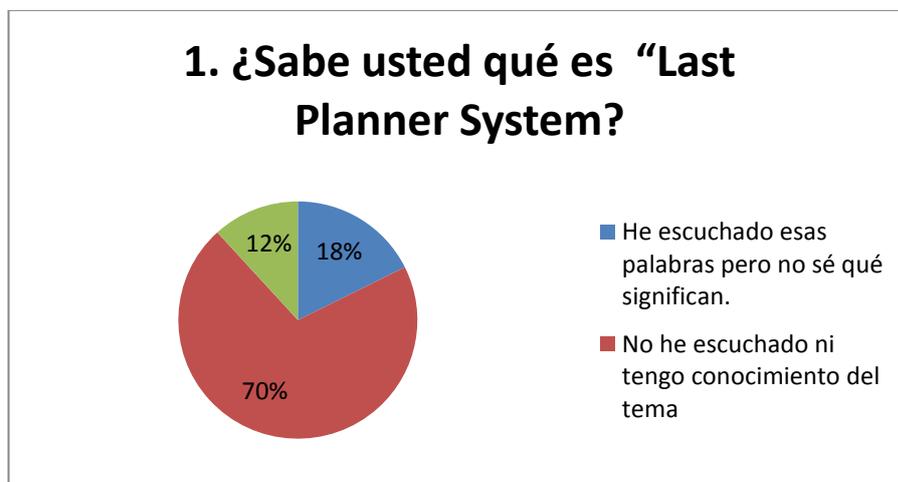
Tabla 7 Tabulación de encuesta al personal operativo

6.3.1 Análisis Primera Pregunta

Como resultados de la primera pregunta de la encuesta aplicada al personal operativo de la obra: “¿Sabe usted qué es “Last Planner System?”, se tiene que el 70% de los encuestados afirman que no han escuchado ni tienen conocimiento del significado de esas palabras, el 18% de los encuestados admite haber escuchado el término pero no saber su significado, y el 12% de los encuestados, es decir 6 de ellos, afirman haber escuchado el término y consideran saber su significado. (Ver gráfica 46)

Es importante aclarar que dentro del personal operativo encuestado se encontraban algunas personas con nivel técnico superior, como residentes siso y maestros de obra, los cuales es probable que conocieran del significado del LPS en tanto éstas personas tienen contacto directo con el personal administrativo de la obra y frecuentan la oficina principal de la obra, donde se encuentra ubicado el tablero y en donde se realizan las reuniones semanales de contratistas.

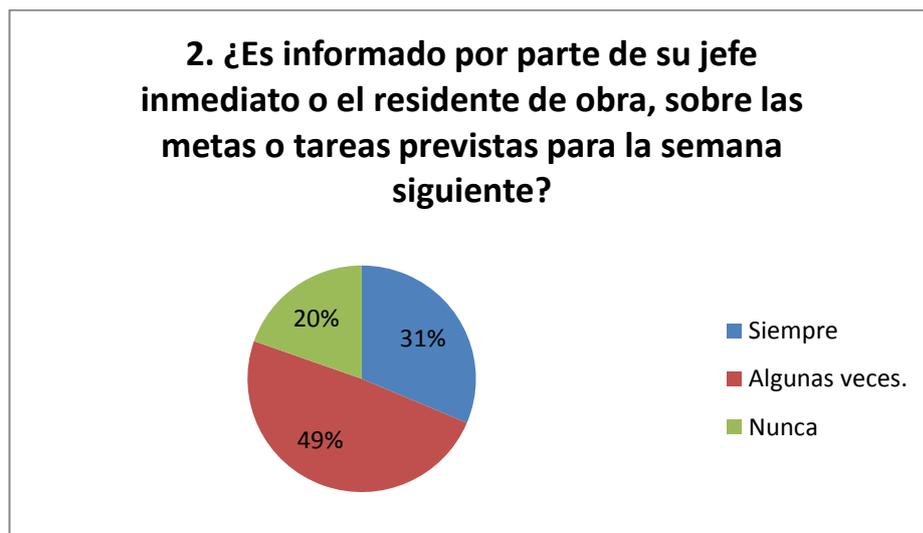
Es evidente que la mayoría de las personas encuestadas no tienen conocimiento de lo que significa el LPS, lo que permite concluir que desconocen de la implementación de un sistema de planificación en la obra.



Gráfica 46 Resultados Primera Pregunta de la Encuesta a Operativos

6.3.2 Análisis Segunda Pregunta

En cuanto a la segunda pregunta de la encuesta: ¿Es informado por parte de su jefe inmediato o el residente de obra, sobre las metas o tareas previstas para la semana siguiente?, se obtuvo que, 49% de los encuestados afirmó que algunas veces ha sido informado de las tareas semanales por parte de su jefe inmediato; el 31% afirmó ser siempre informado de las metas semanales y el 20% respondió que nunca ha sido informado sobre el asunto en cuestión;(Ver figura 47) lo cual permite llegar a una segunda conclusión y es que pese a que la mayoría desconoce la implementación de un sistema de planificación como tal en la obra, el 80% de los encuestados es informado permanente u ocasional sobre las metas o tareas de la semana, pero también estos resultados permiten establecer que si bien los jefes inmediatos participan a sus trabajadores de las metas o tareas previstas para la semana siguiente, esto no es una práctica constante o regular, es decir que en la mayoría de los casos esta información se queda en el nivel administrativo, y no llega a quienes realmente son los encargados de la ejecución directa de las actividades y sin quienes realmente no es posible alcanzar las metas o tareas previstas.



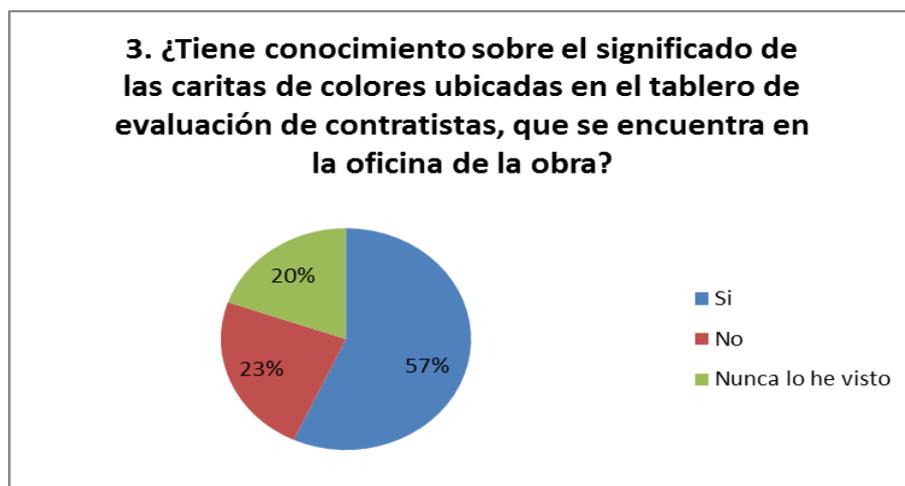
Gráfica 47 Resultados Segunda Pregunta de la Encuesta a Operativos

6.3.3 Análisis Tercera Pregunta

Ante la tercera pregunta de la encuesta: ¿Tiene conocimiento sobre el significado de las caritas de colores ubicadas en el tablero de evaluación de contratistas, que se encuentra en la oficina de la obra?, el 57% de los trabajadores encuestados respondió afirmativamente, el 23% afirmó no tener conocimiento y el 20% respondió nunca haber visto el tablero.

De lo anterior puede concluirse que la mayoría de los encuestados tiene conocimiento sobre el significado de las caritas de colores ubicadas en el tablero de evaluación de contratistas, apoyado de un 23% que desconoce el significado de las “caritas” pero ha visto el tablero, de lo cual se desprenden dos conclusiones más profundas y es que tal vez la información gráfica representada por las caritas y sus colores es más clara y llega de manera más efectiva a los niveles operativos, pero que pese a esto se evidencia desinformación y falta de socialización de la implementación del sistema en estos niveles.

Es claro que el 20% de los encuestados ni siquiera ha visto el tablero, lo cual está determinado por la ubicación del mismo, que tiene lugar en la oficina principal de la obra donde se encuentra el personal administrativo y a la que por lo general no ingresan los trabajadores por temas de ubicación y seguridad.



Gráfica 48 Resultados Tercera Pregunta de la Encuesta a Operativos

Aunque una de las garantías del éxito de la implementación del sistema del último planificador en las obras, es la participación de cada uno de sus actores, se evidencia una falencia sobre el respecto en la obra objeto de estudio, dadas características intrínsecas de la misma como son el hecho de que al ser una obra abierta que se extiende en forma lineal en 900m de longitud aproximadamente, no existe un punto claro de encuentro, pues se tienen puntos específicos en cada frente de trabajo que cuentan con los servicios de comedor y baño móvil, lo que impide tener un punto obligado de paso de los trabajadores que los ponga en contacto con el tablero de evaluación del Last Planner, a diferencia del proyecto de edificación mencionado anteriormente “Centro Comercial Calima” donde la ubicación estratégica del tablero permitía que todos los trabajadores observaran el tablero y le hicieran seguimiento.

Internamente se generó una dinámica de sana competencia en la cual los trabajadores conocían la incidencia directa de sus acciones en la calificación del contratista y su PAC y hacían esfuerzos para obtener una buena calificación.

De igual forma en la obra en mención, dado el número de contratistas (entre 20 y 25) se logró establecer un incentivo consistente en un fondo común en donde se premiaba al contratista del mes condicionando la entrega del incentivo a su distribución en el grupo de trabajadores a través de una actividad lúdica, una atención o el reconocimiento y premiación del mejor de ellos reconocido por su excelente desempeño.

6.3.4 Acciones emprendidas a partir de la realización de la encuesta.

Una vez aplicada la encuesta se hizo la explicación de forma didáctica y sencilla, al personal operativo y se acordó la reubicación del tablero en el almacén de la obra, lugar frecuentado por los trabajadores.

Cabe anotar que dadas las restricciones de la obra y las tensas relaciones con los miembros de la comunidad que se oponen al proyecto, la transparencia de la evaluación de los contratistas puede ser malinterpretada y usada de forma

mal intencionada en contra del proyecto, por lo tanto no resulta prudente la ubicación del tablero en algún frente de trabajo como podría ser el correspondiente a la quebrada la Ayurá que podría ser estratégico y de mayor concurrencia por parte de todo el personal de la obra.

De igual forma se socializaron los resultados con el personal administrativo en la siguiente reunión semanal de contratistas en donde se resaltó la importancia de que el personal operativo conociera de las metas semanales y se constituyeran en los actores fundamentales del sistema de planificación como debería ser.

7. CONSIDERACIONES SOBRE LA DINÁMICA DEL PROYECTO Y LA IMPLEMENTACIÓN DEL LPS

Pese a los esfuerzos por definir un plan de trabajo basados en los estudios y manejos de tráfico, las características del sector, los diseños y especificaciones del proyecto, la modalidad de contratación y en general toda la documentación y soportes que hacían parte del proyecto, la oposición de miembros de la comunidad, desconocedora de las características del proyecto, su contexto de desarrollo, sus beneficios y en general toda una trayectoria de estudios y convenios que le dieron origen, el uso de las redes sociales como un mecanismo de divulgación de la información presentada de manera parcializada, y la apropiación de mecanismos de participación y/o protección del derecho como la acción popular, que llevaron a la toma de medidas con un sinnúmero de consecuencias o tropiezos en el desarrollo de los trabajos, dieron lugar a variables no controlables (externalidades) que de ninguna manera podían ajustarse a un esquema de trabajo ordenado e industrializado sin perjuicio del equilibrio de las condiciones económicas y financieras del contrato y por ende de las partes responsables de la ejecución.

De otro lado las deficiencias en los diseños resultaban totalmente desfavorables para la intervención de las zonas de trabajo que pese a no tener ninguna continuidad en la longitud total del tramo, permitían la construcción de zonas con ampliación del tercer carril y/o espacio público, como fue el caso del tramo 1 en el costado occidental que pese a tener liberado el tema de la intervención arbórea se vio afectado por la definición de una tubería de acueducto que no estaba contemplada en los diseños y que implicó trámites de diseño y aprobación por parte de la empresa prestadora de servicios públicos domiciliarios, los cuales fueron concretados después de varios meses.

De otro lado las demoras en la entrega de los permisos requeridos para la intervención del cauce de las quebradas generaron demoras en los trabajos de ampliación del puente y las coberturas.

Así las cosas, con un panorama lleno de incertidumbre y tropiezos, y ante la espera de un fallo cuya fecha de determinación resulta incierta, el futuro del proyecto parece tener un solo camino, por lo menos en el corto plazo, y es el de la suspensión de los trabajos, aunque ésta no compensa ni alivia los sobrecostos para el municipio, la entidad contratante, el contratista del proyecto y su equipo de subcontratistas que llevaron a costas altos sobrecostos y perjuicios. Como consecuencia se genera esta incertidumbre del proyecto en pro del desarrollo local, regional e incluso nacional, avalado por las estrategias de desarrollo del país y clave para la competitividad y mejoramiento de la calidad de vida de la ciudadanía en general.

Aunque la implementación del Last Planner fue una premisa supuesta para el mejoramiento de la confiabilidad y la reducción de la variabilidad en la construcción del tramo 2B del corredor parcial del envigado, y todo el esquema de implementación, principalmente el plan semanal fueron determinantes para ejecución de la obra -con sus características particulares-, dadas esas externalidades que se han mencionado a lo largo de esta investigación no se logró esa reducción de la variabilidad.

Sin embargo es importante destacar que aunque los resultados finales, mostrados o resumidos en la evolución del PAC, la implementación del LPS en este caso en particular, podría tomarse como base para futuros casos de implementación en la empresa y en general para el sector de la infraestructura y la construcción.

Los formatos y el esquema de implementación, son totalmente aplicables y adaptables a las obras de infraestructura, cada uno de los formatos diseñados y/o mejorados, facilitaron el desarrollo de los trabajos e incluso para la empresa se generó un manual de implementación para el sistema de Gestión de Calidad en donde se explica el manejo de cada uno de los formatos y los criterios aplicados o definidos para hacer que la evaluación semanal sea lo menos subjetiva posible, en línea con el plan de gestión de calidad de la empresa y las mejores prácticas de construcción.

8. CONCLUSIONES

Dadas las externalidades del proyecto La implementación del Last Planner System no logró reducir la variabilidad en la Construcción del Tramo 2B del Corredor Parcial de Envigado.

Dada la naturaleza del proyecto, el Last Planner System no impactó la ejecución del mismo en cuanto a tiempos y efectividad de la planeación.

La evolución del PAC en el Tramo 2B del Corredor Parcial de envigado fue afectado directamente por externalidades de tipo social que generaron picos de hasta el 11%, incidiendo en el promedio general y que por su naturaleza fueron imposibles de controlar.

Dadas las externalidades e imprevistos en la ejecución del proyecto, el programa maestro perdió su importancia y validez, pese a los cambios de versión y esfuerzos por seguir un plan general de trabajo.

Ante la obsolescencia a la que llegó el plan maestro, la restringida liberación de restricciones y una programación intermedia cada vez más compleja de construir, el Plan semanal se convirtió en la carta de navegación del proyecto y la reunión principal el motor para la ejecución y avance del proyecto.

La incertidumbre frente al futuro del proyecto, cuya continuidad depende de la decisión de un órgano consultivo supremo de la jurisdicción del contencioso administrativo de Colombia, impacta directamente en la evolución del PAC y por ende en el desarrollo técnico y económico del proyecto.

La oposición por parte de un grupo de ciudadanos en una supuesta representación de los intereses colectivos de un sector poblacional, en amparo de la legislación y los mecanismos de participación ciudadana, puede ser determinante en el normal desarrollo de un proyecto de construcción o en su fracaso.

FUENTES DE CONSULTA

ARQUITECTURA Y CONCRETO. (2010). Informe Implementación Lean Construction. Mayo, 2008

ALARCÓN, L.F (201). La gestión de la Obra desde el Último Planificador. Revista de Obras Públicas N. 3518 Año 158, pp 1-9.

ANTILL, J.M y WOODHEAD, R.W. Método de la Ruta Crítica y sus Aplicaciones a la Construcción. Limusa Noriega Editores, México D.F, 1995.

BALLARD, G. (2011). The last planner and Integrated Project Delivery. Lean Construction Journal, pp 67-68

BALLARD, G. (1994). The Last Planner. NORTHERN CALIFORNIA CONSTRUCTION INSTITUTE MONTEREY, CA. APRIL 22-24, 1994.

BALLARD, G. (2000). The last planner system of production control. *A thesis submitted to the faculty of Engineering of the University of Birmingham* . Faculty of Engineering, The University of Birmingham.

Ballard, G. and Howell, G. (2004), An Update on Last Planner. Proceeding For the 11th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC-11), Blacksburg, VA, USA, July 2003, 13p.

Ballard, G. (2008). *The Lean Project Delivery System: An Update*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2012, de Lean Construction: http://www.leanconstruction.org/lcj/2008/LCJ_08_001.pdf

BOTERO, L. &. (2005). Last planner, una avance en la planificación y control de proyectos de construcción: estudio del caso de la ciudad de medellín. *Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte. 17: 148-159* .

BOTERO, L. f. (2012). Análisis de procesos y filosofía Lean Construction. Medellín: Universidad EAFIT .

BOTERO, L. (2012). *Notas de clase "administración y control de obra"*. Armenia: - Maestría en Ingeniería Énfasis Gestión de la Construcción Universidad EAFIT.

FIALLO, M., y REVELO, V. (2002). Applying the Last Planner control system to a construction project: a case study in Quito, Ecuador. Brasil: International Group for Lean Construction IGLC.

Glenn Ballard, J. C. (2011). Schedule for Sale: Workface Planning for. *Lean Construction Journal 2011* , 9-18.

HOYOS, R. (2013). Contestación de Demanda. Medellín, Agosto 2013.

KOSKELA, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. *Technical* .

LEAL, M. (2010) IMPACTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN OBRAS DE MONTAJE INDUSTRIAL EN MINERÍA. Pontificia Universidad Católica de Chile. Julio 2010.

MIRANDA, D. (2012) IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER® EN UNA HABILITACIÓN URBANA. Pontificia Universidad Católica del Perú, Febrero 2012.

OCAMPO, D.E. (2011) "LECCIONES SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM. Universidad Técnica Particular de Loja. Agosto 2011.

SERPELL, A. y Alarcón, L.F. (2001). Planificación y Control de Proyectos. Ediciones Universidad Católica de Chile, Enero 2001.

VEGA, A.P. (2013) INFORME DE GESTION 2012 CONSTRUCCION SIN PÉRDIDAS. URBANSA S.A. Enero 2013.

ZFB, D (2013) Ejercicio 1 Benchmarking Interno – Proyecto Manzana 1. Informe de Gestión, 2013.

Corte Constitucional de Colombia. Sentencia C-379/04
<http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2004/c-379-04.htm>.

DANE (2013) Cuentas Nacionales Trimestrales - Producto Interno Bruto.
Diciembre 2013.

http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/bolet_PIB_IIItrim13.pdf

Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española.

<http://lema.rae.es/drae/?val=planificaci%C3%B3n>

Sistema Electrónico de Contratación Pública. LP-03 DE 2012.

<https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=12-1-85991>