




**EMPRESA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS
METRO S.A.
DIVISIÓN PROYECTOS DE EXPANSIÓN**

**MANUAL DE PROCEDIMIENTO
MANUAL TÉCNICO PARA LA INSTALACIÓN DE LAS VÍAS**

| | | | | | |
|---|-------------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 0 | 31/01/2018 | Uso | Montserrat Bustíos | Christopher Heuser | R. Carrasco |
| REV N° | FECHA | EMITIDO PARA | ELABORADO POR | REVISADO POR | APROBADO POR |
|  | | L2-150200-00-5VI-MAN-0002 | | | Página 1 de 63 |
| | | | | | Revisión 0 |

APROBACIONES

| DIVISIÓN PROYECTOS DE EXPANSIÓN | | FIRMAS | FECHA |
|--|--------------------|---------------|--------------|
| PREPARADO POR | Montserrat Bustíos | | |
| REVISADO POR | Christopher Heuser | | |
| APROBADO POR | Roberto Carrasco | | |

CONTENIDO

| | |
|--|----------|
| CONTENIDO..... | 3 |
| CONTROL DE CAMBIOS..... | 5 |
| 1. GENERALIDADES | 6 |
| 1.1. Objetivo | 6 |
| 1.2. Documentos..... | 6 |
| 2. ACONDICIONAMIENTO DE LAS VÍAS DE LA LÍNEA EN TÚNEL..... | 9 |
| 2.1. Diferentes Casos a Considerar | 9 |
| 2.1.1. Vía Corriente | 9 |
| 2.1.2. Aparatos de Vía | 10 |
| 2.1.3. Vía en foso..... | 11 |
| 2.2. Etapas de las Obras de Colocación de la Vía Corriente Equipada con Pistas de Rodado de Hormigón Armado..... | 12 |
| 2.3. Implantación de la Vía y Colocación de las Marcas..... | 13 |
| 2.4. Instalación de Canaletas para Cables 20 kV | 14 |
| 2.4.1. Hormigón de Relleno entre Canaleta 20 kV y Muro del Túnel..... | 15 |
| 2.5. Montaje y Reglaje de la Vía para Rodado Neumático..... | 15 |
| 2.5.1. Suministro de los Materiales | 15 |
| 2.5.2. Precauciones a Observar Durante los Transportes y los Almacenamientos..... | 16 |
| 2.5.3. Avance de la Obra de Montaje de Vía | 16 |
| 2.5.4. Colocación de la Vía..... | 16 |
| 2.6. Recarga de burbujas | 21 |
| 2.7. Montaje de los Aisladores | 21 |
| 2.8. Hormigonado de forma para desagües | 22 |
| 2.9. Realización de la Fundación para la Pista de Rodado | 22 |
| 2.10. Ductos para el Paso de los Cables..... | 23 |
| 2.11. Construcción y Remate del Fondo de la Canaleta Axial | 24 |
| 2.12. Colocación de las Barras de Guía..... | 25 |

| | | |
|-------|--|----|
| 2.13. | Colocación de las Pistas de Rodado | 27 |
| 2.14. | Terminaciones | 29 |
| 2.15. | Colocación de los Aparatos de Vía..... | 30 |
| 2.16. | DISPOSITIVOS DE FIN DE VÍA..... | 32 |

ANEXO A: ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES HORMIGONES MOLDEADOS.. 33

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | DISPOSICIONES GENERALES | 33 |
| 2. | COLOCACION EN OBRA, ENSAYOS Y CURADO DE HORMIGON | 41 |
| 2 | REPARACION DE DESPERFECTOS | 54 |
| 3 | MOLDAJES..... | 55 |
| 4 | INSERTOS | 61 |
| 5 | GROUTEADO DE BASES Y PLACAS DE APOYO | 62 |
| 6 | INSPECCION DE HORMIGONES Y MOLDAJES | 63 |

CONTROL DE CAMBIOS

| Rev. | Punto | Título | Modificación Realizada |
|------|---------|--------|------------------------|
| 0 | General | N/A | Aprobación |

1. GENERALIDADES

1.1. Objetivo

Este manual técnico tiene como objetivo definir los puntos a considerar para la elaboración de los procedimientos de las obras de ingeniería y montaje de las vías que permitirán construir el sistema de vías de la Extensión al sur de Línea 2 del Metro de Santiago.

1.2. Documentos

Las vías serán colocadas conforme a los documentos entregados por Metro y a los expedientes complementarios establecidos por el Contratista con previo acuerdo de Metro.

Los planos y procedimientos mencionados en el presente manual se dan a modo referencial y no son, en ningún caso, limitativos.

Cabe señalar, que es de responsabilidad del Contratista, en su calidad de experto, el desarrollo de la ingeniería necesaria para el montaje del sistema de vías del cual es objeto este documento.

Los documentos que deberá respetar el contratista para el desarrollo de este proyecto se encuentran listados a continuación:

| CODIGO | NOMBRE DOCUMENTO |
|---------------------------|--|
| L2-150200-00-5VI-ETG-0001 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE RIELES PARA RODAMIENTO |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0002 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE PISTA METÁLICA DE RODAMIENTO, DE BARRA GUÍA Y DE TOMA CORRIENTE. |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0003 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE PISTA DE RODAMIENTO DE HORMIGÓN ARMADO |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0004 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE DURMIENTES BIBLOQUES DE HORMIGÓN |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0005 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE ECLISAS METÁLICAS |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0006 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE PERNOS DE VIAS Y TUERCAS DE ACERO |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0007 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE TIRAFONDOS Y DE VAINAS AISLANTES ESPECIALES DE 22-130 |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0008 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE PERNERÍA ORDINARIA DE ACERO |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0009 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE ARANDELAS ELÁSTICAS DE ACERO DESTINADAS A LA SUPERESTRUCTURA DE LA VÍA |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0010 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE PIEZAS MOLDEADAS DE ACERO PARA FIJACIÓN DE RIELES O DE PIEZAS DE GUÍA |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0011 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE PIEZAS DE ACERO FORJADO |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0012 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE PIEZAS SOLDADAS DE ACERO |

| | |
|------------------------------|--|
| L2-150200-00-5VI-ETG-0013 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE PIEZAS MOLDEADAS DE HIERRO FUNDIDO |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0014 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE PERNOS A SOLDAR SOBRE LA BARRA DE GUÍA Y DE TOMA DE CORRIENTE |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0015 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE ECLISAS Y BLOQUES - ECLISAS, PLANCHAS DE PROTECCION, SILLAS, ALMOHADILLAS Y GRAPAS DE FIJACIÓN, DE MATERIAL AISLANTE EN BASE A FIBRA DE VIDRIO |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0016 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE PEQUEÑO MATERIAL AISLANTE |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0017 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE PERFILES AISLANTES (END-POST) |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0018 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE ALMOHADILLAS DE CAUCHO BAJO RIELES |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0019 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE AISLADORES DE BARRA DE GUÍA Y DE TOMA DE CORRIENTE |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0020 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE PERFILADO AISLANTE PARA EL REVESTIMIENTO SUPERIOR DE LA BARRA GUÍA Y DE TOMA DE CORRIENTE |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0021 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE TOPES AISLANTES |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0022 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE LÁMINAS - RESORTES |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0023 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE CARGAS PARA SOLDADURAS ALUMINOTERMICAS DE RIELES, DE PISTAS METALICAS DE RODAMIENTO Y DE BARRAS GUÍA |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0024 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - EJECUCION DE SOLDADURAS ALUMINOTERMICAS DE RIELES, DE PISTAS METALICAS DE RODAMIENTO Y DE BARRAS DE GUÍA |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0025 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - REALIZACION DE REVESTIMIENTOS METALICOS DE PROTECCION CONTRA LA CORROSION |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0026 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE PIEZAS MOLDEADAS DE ACERO AL MANGANESO PARA APARATOS DE VIA |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0027 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE PIEZAS MECANO-SOLDADAS PARA APARATOS DE VIA |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0030 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO DE APARATOS DE VIA Y DE REFACCIONES |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0031 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SERVICIO TRANSPORTE PESADO FERROVIARIO |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0033 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - CERROJOS DE APARATO DE VÍAS |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0034 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - SUMINISTRO Y MONTAJE BANDEJAS DE BAJA TENSIÓN y CANALETAS 20 kV |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0035 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS VÍAS |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0036 | ESPECIFICACIÓN TÉCNICA GENERAL DEL SISTEMA DE VÍAS |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0037 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - NORMATIVAS ASOCIADAS A VÍA |
| L2-150200-00-5VI-ETG-0038 | EETT DE EQUIPOS DE VÍAS - POLIPASTO |
| L2-150200-00-5VI-MAN-0001 | MANUAL TECNICO PARA LA RECEPCIÓN DE VÍAS |
| L2-1500200-00-5VI86-CRD-0001 | CRITERIOS DE DISEÑO DE TRAZADO DE VÍAS Y ANTECEDENTES DE GÁLIBO |
| L2-150200-00-5VI-RQM-0001 | MATRIZ REQUERIMIENTOS SISTEMA DE VÍAS |

Tabla 1: Listado de Documentos Técnicos

| CODIGOS | NOMBRE DOCUMENTO |
|----------------------------|---|
| L2-150200-00-5VI-PLA-0003 | VÍAS EN TUNEL COLOCACION EN RECTA |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0004 | VÍAS EN TUNEL - CORTE TRANSVERSAL EN RECTA |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0005 | VÍAS EN TUNEL - COLOCACION EN CURVA |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0006 | VÍAS EN TUNEL - CORTE TRANSVERSAL EN CURVA |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0007 | RIELES, BARRA GUÍA Y PISTA METÁLICA |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0008 | VÍAS EN TÚNEL- PIEZAS DE RODAMIENTOS EN HORMIGÓN |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0009 | VÍAS EN TUNEL - DEFINICIÓN FUNCIONAL DEL AISLADOR |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0010 | FIJACIONES DE LA VÍA - CONJUNTO Y DETALLES |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0011 | VÍAS SOBRE HORMIGÓN - MONTAJE DEL AISLADOR DE LA BARRA GUÍA - CORTE TRANSVERSAL DE UNA FILA |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0012 | VÍAS SOBRE HORMIGÓN - MATERIAL DE FIJACION DEL AISLADOR Y DE LA BARRA GUÍA |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0013 | CRUCETAS - CONJUNTOS Y DETALLES PARA VÍAS Y APARATOS DE VÍAS SECUNDARIAS Y APARATOS DE VÍAS PRINCIPALES |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0014 | VÍAS PRINCIPALES -TRAMO DE PROTECCION |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0015 | BLOQUE AISLANTE - CONJUNTO Y DETALLES |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0016 | VÍAS SOBRE HORMIGÓN - JUNTAS AISLANTES |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0017 | DISPOSITIVOS DE FIN DE VÍA |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0018 | CANAleta 20KV - SECCION, TIPO, UBICACIÓN Y DISPOSICION DEL CABLEADO |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0021 | APARATOS DE VÍAS SOBRE HORMIGÓN - FIJACIONES DE LA VÍA DE RODAMIENTOS EN EL RIEL 100 RE |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0022 | CONJUNTO DE COMUNICACIÓN TG 0.13 - ENTREVÍA DE 3.00 M CON PIEZAS MECANO SOLDADO - REMACHE |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0023 | APARATOS DE VÍA - LIMITE DE ESTACIONAMIENTO - CONEXIONES ELECTRICAS |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0026 | COLA DE ESTACION HOSPITAL EL PINO , FOSO DE REVISION |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0027 | HORQUILLAS |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0029 | PROTECCION CONTRA LAS ESCOBILLAS DESPLEGADAS |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0034 | MANIOBRA CON CERROJO TIPO VCC SOBRE LOSA DE CONCRETO |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0035 | BANDEJAS B.T. |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0042 | VÍAS EN TUNEL - ARMADURAS DE LAS PIEZAS DE RODAMIENTOS |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0046 | GÁLIBO ESTÁTICO UNIFICADO |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0047 | GÁLIBO NOMINAL EN RECTA UNIFICADO 80 KM/H |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0048 | GÁLIBO DINÁMICO EN RECTA ANDÉN 60 KM/H UNIFICADO |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0049 | GÁLIBO NOMINAL UNIFICADO R= 60M UNIFICADO |
| L2-150200-00-5VI-PLA-0050 | GÁLIBO NOMINAL UNIFICADO R= 90M UNIFICADO |
| L2-1507013-00-5IF-PLA-0001 | CORTE FUNCIONAL ESTACIÓN |
| L2-1507013-00-5IF-PLA-0002 | CORTE FUNCIONAL TUNEL EN RECTA |
| L2-1507013-00-5IF-PLA-0003 | CORTE FUNCIONAL TUNEL HEP APARATO DE VIA TG 0,13 |
| L2-1507013-00-5IF-PLA-0004 | CORTE FUNCIONAL TUNEL HEP COLA MANIOBRA |
| L2-1507013-00-5VI-PLA-0001 | TRAZADO DE VÍAS |

Tabla 2: Listado de Planos

| CODIGO | NOMBRE DOCUMENTO |
|------------------------------|--|
| L2-150200-00-5VI203-RQM-0001 | REQUERIMIENTOS RAMS PARA EL SISTEMA DE VÍAS EN EXTENSIÓN DE L2 |
| L2-1507013-00-5IF-PLN-001 | INTERFACES PARA LICITACION SISTEMA DE VÍAS - EXTENSIÓN L2 |
| L2-150200-00-5IF-PLN-0002 | PLAN GUÍA PARA LA GESTIÓN DE INTERFACES ENTRE SISTEMAS DURANTE EL SUMINISTRO DE SISTEMAS EN EXTENSIÓN L2 |
| L2-150200-00-5GA-PLN-0003 | PLAN GUÍA DE GESTION DEL DISEÑO SISTEMAS EXTENSION L2 |
| L2-150200-00-5GA-PLN-0002 | MODELO OPERACIONAL LÍNEA 2 |
| L2-150200-00-5VI-RQM-0002 | REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO SISTEMA DE VÍAS EXTENSIÓN L2 |
| L2-150200-00-5GA-PLN-0001 | MODELO DE ESTRATEGIA DE CAPACITACION EXTENSIÓN L2 |

Tabla 3: Listado de Documentos de Interfaz

El Contratista deberá incorporar cualquier acción o trabajo que no haya sido considerado en la presente especificación y que sea necesario para cumplir con los objetivos propuestos, considerándose que las mismas son inherentes al ámbito de las reglas del arte de la especialidad construcción vías.

2. ACONDICIONAMIENTO DE LAS VÍAS DE LA LÍNEA EN TÚNEL

2.1. Diferentes Casos a Considerar

La vía de extensión contará con dos vías en túnel abovedado que comenzará en el túnel al sur de la estación La Cisterna y se prolongará hasta la cola de maniobras en estación Hospital el Pino, según los planos de trazado entregados en los documentos técnicos.

Se consideran dos clases de instalación:

- Vía corriente,
- Aparatos de vía,
- Vía sobre foso de inspección.

2.1.1. Vía Corriente

El túnel corriente de dos vías será un túnel abovedado. El nivel superior del radier de la obra civil está a 400 mm debajo del nivel teórico de la vía (plano de rodado), salvo frente a los nichos de equipos del sistema eléctrico, en donde la distancia entre el radier civil y el plano de rodado será de 560 mm. En estas zonas el contratista de vías deberá prever el paso de ductos para cables según documento de interfaces entregado dentro de la documentación técnica.

Por encima del radier de la obra civil, el trabajo del Contratista consiste en colocar las vías y en realizar las formas en hormigón de la fundación de las vías, previstas en los planos.

Cada vía incluye:

- Dos rieles de seguridad de perfil 80 ASCE.
- Dos caminos de rodado para neumáticos, constituidos por pistas de rodado de hormigón armado o por pistas metálicas (uniones entre los aparatos de vía y la vía ordinaria).

Estos elementos se colocan en el hormigón de fundación mediante tirafondos especiales y vainas empotradas, distanciadas entre sí por 0,900 m.

El guiado de los coches sobre neumáticos está asegurado por dos barras ángulo colocadas sobre aisladores monobloques cuya definición funcional se puede encontrar en los documentos listados en el ítem 1.2 del presente documento, mantenidos mediante zapatas sujetadas por tirafondos especiales y vainas empotradas en el hormigón.

Los elementos metálicos longitudinales (riel, barra-guía y eventualmente pista metálica) se sueldan por aluminotermia. Sus secciones transversales son mencionadas en los planos de corte del ítem 1.2.

El Contratista deberá respetar las disposiciones de los dibujos relativos:

- Al perfil definitivo del recargue de hormigón.
- A las tuberías, canales y canalones para la evacuación de las aguas.
- Al pasillo (sobre tapas de canaletas de hormigón) a lo largo de cada pared.
- A los conductos de los cables situados localmente (generalmente en los puestos de rectificación, seccionamientos y puntos de señalización).

2.1.2. Aparatos de Vía

Los aparatos de vía (desvíos) presentes en la vía son:

- Dos comunicaciones tg 0,13.

El riel de seguridad tiene un perfil de 100 RE. Su enlace con el riel de la vía corriente se hace mediante una soldadura aluminotérmica cuya geometría asegura la continuidad del plano de rodado y del hilo directriz de los dos perfiles.

Los rieles 100 RE y las fijaciones vienen incluidos en el suministro de los aparatos de vía.

En zonas de aparatos de vía, la obra civil entregará un radier a -560 mm de distancia respecto al plano de rodado. Los aparatos están puestos sobre sillas metálicas, las cuales descansan en placas de asiento de material plástico (espesor de 10 mm) para favorecer su aislamiento eléctrico.

Los distintos elementos son sujetos mediante tirafondos especiales y vainas empotradas al colar el hormigón de vía.

Son fabricados con piezas mecano - soldadas – remachadas, excepto el corazón de cruzamiento que siempre se compone de una pieza fundida de acero al manganeso.

Fuera de las piezas fundidas o mecano - soldadas - remachadas, el rodamiento está asegurado por pistas metálicas, a todo el largo del aparato.

Los aisladores, al igual que los de la vía corriente, se ajustan sobre zapatas, ellas mismas mantenidas por tirafondos especiales y vainas empotradas en el hormigón de vía.

2.1.3. Vía en foso

Los rieles deberán ser colocados extremo contra extremo sobre el radier. En la espera de que se proceda a la soldadura aluminotérmica, los extremos de los carriles deben ser unidos entre sí mediante bridas mantenidas por prensas "C" de apriete.

La vía férrea se compone de dos rieles 80 ASCE colocados verticalmente, sobre sillas, sujetos con fijaciones regularmente distanciadas de 0.900 m.

No deberán existir pistas de rodado en esta zona.

La colocación de la vía férrea abarca las siguientes operaciones:

- Colocación de canaletas 20 kV
- Montaje y reglaje de la vía para rodado sobre riel de seguridad.
- Realización de apoyos para el montaje de aisladores.
- Hormigonado
- Colocación de aisladores y barra guía
- Acabado del foso.

La vía en foso llevará montada barra toma corriente seccionada hacia el lado del muro y plancha de protección para las escobillas desplegadas hacia el lado de la entre vía.

2.2. Etapas de las Obras de Colocación de la Vía Corriente Equipada con Pistas de Rodado de Hormigón Armado

Salvo modificaciones solicitadas por el Contratista y aprobadas por Metro, las obras de colocación de vía sobre hormigón en túnel pueden desarrollarse siguiendo las etapas a continuación:

1. Replanteo de la vía y establecimiento de marcas.
2. Montaje de las canaletas 20kV
3. Colocación de la vía férrea.
4. Realización de los macizos de apoyo de las zapatas de los aisladores.
5. Colada del hormigón al interior y al exterior de la vía dejando una trinchera para la realización de la fundación de la pista.
6. Realización de la fundación de las pistas de rodado.
7. Colocación de los aisladores y de las barras-guía.
8. Colocación de las pistas.
9. Acabado.

El contratista puede acomodar la secuencia de etapa, para poder cumplir los tiempos estimados en la programación, de manera de no atrasar su obra, ni los trabajos de otros sistemas.

No obstante lo anterior, cada etapa unitaria deberá estar contenida y descrita independientemente del método particular de instalación.

Cualquiera sea el método de realización elegido, cabe señalar como observaciones preliminares lo siguiente:

- Se deberá demostrar la pertinencia y la factibilidad de la metodología finalmente elegida y la adecuación de las herramientas propuestas para la construcción (gabarits, moldajes), en una vía de ensayo antes de empezar los trabajos de vía. La secuencia de trabajo debe ser autorizada por Metro.
- No se deberá iniciar ninguna colada de hormigón sin obtener previamente el "visto bueno para hormigonar" de parte de Metro o de su representante (Inspección Técnica). Este "visto bueno para hormigonar" se dará después de verificar conforme a lo menos los siguientes puntos (los que se dan a título explicativo y no son en ningún caso, exhaustivos):
 - Comprobación topográfica de la geometría de la vía.

- Control de posición de las juntas aislantes de riel y distribución adecuada de las sillars y orejas de las pistas para que no interfieran con los pernos de sujeción de las eclisas de junta.
- Control de instalación de los encofrados de fundación y de canales de desagüe.
- Control de instalación de los conductos de cables conforme a las prescripciones de las especialidades Energía y Señalización.

Solamente el Contratista tendrá la responsabilidad del atraso eventual si no se cumplen las condiciones óptimas antes de colar el hormigón, excepto cuando pueda demostrar lo contrario. Cualquiera sea el método de ejecución elegido, se deberán realizar todas las canaletas de desagüe indicadas en la documentación para la buena evacuación de agua.

2.3. Implantación de la Vía y Colocación de las Marcas

En el caso que el Contratista no reciba las marcas especificadas en el numeral 2.3.1, deberá proceder él mismo a los trabajos necesarios para llegar a los resultados especificados en el numeral 2.3.2.

2.3.1 Elementos de Referencia

El Constructor encargado de las obras de infraestructura debe dejar después de acabado el túnel, marcas que cumplan con las características a continuación.

Las marcas concernirán el eje teórico de la línea y el nivel del camino de rodado (nivel del riel) tales como vienen definidos en coordenadas topográficas en los dibujos del trazado de la línea.

Las marcas se pondrán al principio y al final de las curvas (circulares en planta y parabólicas en perfil) y de las curvas de transición en planta (clotoides).

En línea recta se implantarán cada 200 m.

Marcas de referencias en planta: se materializarán mediante placas selladas en la solera o ajustadas sobre estacas clavadas en la plataforma, y llevarán el punto de referencia del eje de la línea y las coordenadas x e y del punto.

Marcas de nivelación: placas selladas en una de las paredes del túnel llevarán la cota z del nivel del punto situado a 1.00 m por encima del nivel teórico de la vía.

2.3.2 Implantación de las Marcas a Cargo del Contratista de Vía

Teniendo en cuenta la importancia de la precisión de la implantación de las vías que se pondrán sobre hormigón, el Contratista completará las marcas anteriores de manera a obtener:

- En nivelación, marcas fijadas en cada pared, a una altura constante por encima del nivel del plano de rodado; las marcas se distanciarán de 10 m horizontalmente y en pendiente uniforme, y de 5 m en las curvas y enlaces en planta y en perfil.
- En planta, marcas que materializan el eje del trazado (o de cada vía cuando existan disposiciones particulares), cada 50 m en línea recta y cada 10 m en curvas circulares y de enlace. Después de una rectificación eventual del trazado de dichas marcas, el Contratista deberá determinar la posición de estas marcas con relación a placas fijadas sobre las paredes. Estas placas, que pueden ser las que se utilizan como marcas de nivelación, servirán para determinar las cotas de desplazamiento transversal cuando se regularicen las curvas.

El Contratista podrá elegir también efectuar el replanteo desde una poligonal materializada por consolas fijadas en las paredes del túnel en vez del eje del trazado. En este caso las placas en las cuales se colocan las consolas se dejarán puesta al final de la obra y se entregarán a Metro S.A. con su listado de coordenadas.

2.4. Instalación de Canaletas para Cables 20 kV

Las canaletas se instalarán sobre la losa civil antes del hormigonado de la vía, al costado de cada muro y perfectamente alineadas a lo largo del trazado.

En vía recta, sus bordes superiores quedarán a nivel con el plano de rodado y en vía curva al nivel del riel de la fila exterior de la vía respectiva. No se considera la altura de la tapa para realizar esta nivelación.

Las superficies internas quedarán perfectamente lisas y limpias sin restos de mortero adherido.

Para limitar los movimientos de las tapas sobre las canaletas, el Contratista tiene que colocar sobre las canaletas un material plástico en U del espesor de las canaletas sobre toda la superficie de contacto entre las canaletas y las tapas como se indica la documentación técnica.

En la zona frente a los nichos para motores de cambio de vías, el tendido de las canaletas se interrumpe puntualmente para dar paso al tirante de mando motor de los cerrojos de enclavamiento. Será responsabilidad del contratista realizar este diseño para ser presentado a Metro.

El Contratista deberá definir en sus estudios el diseño de la canaleta escogida.

2.4.1. Hormigón de Relleno entre Canaleta 20 kV y Muro del Túnel

En todas aquellas zonas donde la distancia entre la canaleta de 20 kV y la pared del túnel esté comprendida entre 3 cm y 20 cm, se recargará ese espacio con un relleno mixto compuesto de dos capas de materiales distintos. En su parte inferior podrá realizarse mediante ripio hasta un 50% de la altura total y en la parte superior con hormigón gravilla H20 hasta alcanzar una cota horizontal de terminación de 2 cm por debajo del plano de rodado.

2.5. Montaje y Reglaje de la Vía para Rodado Neumático

La solera del túnel será entregada al Contratista con la cota indicada en los dibujos (en principio 0.400 m por debajo del nivel del plano de rodado con una tolerancia de 2 cm).

El Contratista elaborará y someterá a la aprobación de Metro, una memoria de cálculo en la cual se expondrán los resultados cifrados relativos a la utilización o a la ausencia de enfierraduras de la losa de vías.

El Contratista de la obra civil dejará en espera horquillas verticales de enlace, para anclar el hormigón de la losa de vías.

El montaje de la vía para rodado férreo incluye las siguientes operaciones:

- Suministro de los rieles, de las placas de asiento, de las fijaciones y de las zapatas acanaladas de goma bajo el riel.
- Colocación de las canaletas 20 kV.
- Colocación de la vía.

2.5.1. Suministro de los Materiales

Si el túnel está conectado con un taller o con una vía férrea cerca de una carretera, los materiales podrán ser suministrados por camiones hasta la vía férrea que comunica con el

sitio de la obra, cargando en los trenes y llevados por una vía provisional hasta el lugar del montaje.

Si el túnel no está comunicado con una vía férrea, el contratista deberá utilizar los accesos o piques autorizados por Metro.

2.5.2. Precauciones a Observar Durante los Transportes y los Almacenamientos

Las mayores precauciones deberán adoptarse durante los almacenamientos de los perfiles metálicos (rieles, pistas eventuales, barras de guía entregadas en 18 m de largo), no sólo para evitar los accidentes sino también para evitar sus deterioros. En caso de que los perfiles estén torcidos, antes de utilizarlos o bien después de su colocación, se enderezarán en frío, mediante una prensa cuando sea posible.

Esta faena forma parte de los gastos del Contratista quien deberá disponer para éste efecto en la obra, una prensa de un género aprobado por Metro. Si el enderezamiento no fuera posible en estas condiciones, el retiro, la sustitución y la evacuación del perfil estropeado serían de cargo del Contratista.

Está estrictamente prohibido arrojar los perfiles para cargarlos o descargarlos. Ellos podrán ser movidos a mano o mediante pinzas. Está prohibido pasar pinzas por los agujeros del eclisamiento para voltear un riel; esta operación debe efectuarse a mano o mediante unas pinzas especiales.

Está estrictamente prohibido golpear un riel o efectuar cualquier marca con buril, martillo, masa o sierra.

2.5.3. Avance de la Obra de Montaje de Vía

El contratista, en su calidad de experto debe prever el método más adecuado para cumplir con los plazos de avance de obras y no generar atrasos en otros sistemas.

2.5.4. Colocación de la Vía

El contratista deberá realizar la colocación de vías, ya sea de forma manual o prearmada, según sus planos de replanteo.

Los rieles se colocan extremo contra extremo, dejando el espacio necesario para la realización de las soldaduras (eléctricas o aluminotérmicas).

El Contratista podrá eventualmente suministrar el sitio de la obra con longitudes de rieles previamente soldadas.

La vía se compone de dos rieles 80 ASCE colocados verticalmente, sujetos con fijaciones regularmente distanciadas de 0.900 m, tanto en línea recta como en curva.

Sin embargo, en curva, por ser las filas de longitudes distintas, el intervalo de 0.900 m se mide por el lado interior del riel de la fila externa de la vía con mayor radio de curvatura.

La colocación de la vía férrea abarca las siguientes operaciones:

- Colocación de los rieles.
- Colocación de las fijaciones.
- Hormigonado (parcial o total).
- Soldadura de los rieles por el proceso aprobado por Metro.
- Instalación de las juntas aislantes.

2.5.4.1 Colocación de los Rieles

2.5.4.1.1 En recta

El contratista colocará los rieles teniendo especial cuidado en la atención que debe prestarse a la operación de alineación y de nivelación, la cual debe llevarse a cabo respetando las tolerancias que figuran en el acápite 3.2.

2.5.4.1.2 En Curva

Previamente, los rieles deben ser curvados al radio deseado, a menos que la curvatura pueda obtenerse sin dificultad mediante deformación elástica del riel.

En todo caso en las curvas de 100 m o menos los rieles deben ser curvados previamente, mediante prensas especiales ferroviarias.

Las juntas de riel deben quedar a escuadra con la vía, por lo que procede a alinear dos (2) juntas frente a frente sobre el mismo radio y, en algunos casos, a seccionar uno de los extremos del riel cuando la diferencia es demasiado importante.

Los extremos del riel serán también unidos entre ellos por bridas mantenidas por cés de apriete hasta que se realice la soldadura.

Como en recta, la vía debe ser ajustada con precisión, en posición, en altura y en peralte. Lateralmente también debe ser sólidamente amarrada.

2.5.4.2 Colocación de las Fijaciones

Estando la vía perfectamente ajustada y comprobada según el método de las flechas, las fijaciones de riel deben colgarse del riel en su posición exacta.

Para evitar la acumulación de los errores de implantación, las medidas se llevarán sobre una longitud de al menos 100 metros medidos sobre el lado interior de la cabeza del riel de rodado

En curva, es la fila de gran radio la que servirá de referencia para dicha implantación.

Es esencial que se respete rigurosamente esta noción de referencia para evitar las interferencias entre las fijaciones de los rieles y las fijaciones de las pistas de rodado.

Dos fijaciones que se encuentran frente a frente en una misma vía deben encontrarse en la misma perpendicular a la vía.

En curva, se encuentran en el radio materializado por la perpendicular trazada a la tangente a la curva al punto de implantación de la fijación exterior. Se hace lo mismo para los empalmes en clotoide entre las rectas y las curvas.

Antes del montaje, las sillas deben haber sido embadurnadas en la parte inferior y por los lados de silicona o de un producto similar para evitar que adhieran después del colado.

2.5.4.3 Hormigonado de las Fijaciones

2.5.4.3.1 Colocación de los Encofrados

El Contratista deberá someter a la aprobación de Metro el detalle del encofrado que piensa utilizar para efectuar esta etapa de las obras. Dado que éste se utilizará numerosas veces, se recomienda realizar encofrados metálicos.

2.5.4.3.2 Colada del Hormigón

El Hormigón a utilizar debe corresponder a un grado H30 con un 95% de nivel de confianza, de acuerdo a la clasificación señalada en la norma Nch 170 of 85. Salvo que se indique lo contrario en esta especificación. Siempre y cuando la utilización de aditivos no afecte la resistencia del hormigón, será posible previa autorización de Metro utilizar aditivos aceleradores de fraguado, retardadores de fraguado, plastificantes, fluidificantes etc, para lo cual el Contratista deberá presentar la ficha técnica del producto, control de resistencia de probetas de prueba en que se incorpore el aditivo, y una justificación de la

necesidad de su utilización. No se autorizarán reparaciones de losas sopladas, éstas deberán demolerse y volver a hormigonar.

Se deberá tener especial cuidado en la ejecución de juntas frías de hormigonado, debiéndose previo al hormigonado realizar una limpieza del hormigón antiguo, eliminando los restos sueltos de hormigón, basuras grasas y aceites etc. Los procedimientos aceptados para esta labor se describen en la Especificación Técnica General de "Hormigones Moldeados" en el anexo A.

Los fierros de empalme dejados por el contrato del túnel en el radier, deberán ser limpiados previo al hormigonado retirando los restos de hormigón adheridos a estos, restos de basuras o plásticos, manchas de aceite o grasa o cualquier otro resto extraño. En caso que las enfierraduras se encuentren dobladas, deberán ser enderezados o reemplazados si se encuentran en fisuradas o con señales de oxidación profunda. Para su reemplazo o colocación de fierros faltantes estos se podrán anclar al hormigón antiguo utilizando un producto epóxico como el Sikadur 31 o similar, respetando las recomendaciones del fabricante en cuanto al diámetro de la perforación para el anclaje, la longitud y limpieza de la perforación, la que no deberá ser inferior a 12 veces el diámetro de la enfierradura a instalar, la dosificación de los componentes del epóxico, la cantidad de producto epóxico a colocar en la perforación y el procedimiento de colocación de este.

Respecto de los controles de los hormigones en obra y los moldajes a utilizar, estos deberán regirse por lo establecido en la Especificación Técnica General de "Hormigones Moldeados" en el anexo A.

2.5.4.4 Soldadura de los Rieles por el Procedimiento Aluminotérmico

Una vez que la vía está perfectamente ajustada en planta y en perfil, se procede a soldar in situ los rieles entregados sin agujeros mediante el procedimiento aluminotérmico.

Las características de este procedimiento están en los documentos listados en el numeral 1.2.

Para facilitar la colocación de los moldes para la realización de la soldadura, las juntas no deberán separarse demasiado del centro del intervalo entre dos fijaciones. Si procede, se efectuarán cortes de riel.

Dichos cortes se realizan mecánicamente. La utilización del soplete oxicorte está estrictamente prohibida.

Salvo casos particulares tales como los recortes anteriormente mencionados, las soldaduras quedan separadas a 18,00 m.

2.5.4.5 Colocación de las Juntas Aislantes

La vía férrea se divide en un cierto número de tramos para la señalización. Un tramo está separado del tramo adyacente por juntas aislantes colocadas en cada fila de riel.

Una junta aislante se compone de:

- Un end-post en material aislante,
- Dos eclisas aislantes que unen las extremidades de los rieles y sujetadas a éstos por 6 pernos.

En cuanto al riel, el documento referido a este elemento listado en el numeral 1.2 detalla los diferentes componentes.

Deben realizarse las juntas aislantes en los puntos indicados en el diagrama de señalización, entre dos fijaciones de riel. Deberán ser ejecutadas, la mayoría de las veces, después de la colocación de la vía mediante aserrado de los rieles en terreno. Sin embargo, el Contratista se informará con Metro de la posición exacta de cada junta aislante si no figura en los esquemas de equipamiento que le hubiesen sido entregados.

La junta aislante se deberá instalar centrada entre 2 sillas de riel distantes de 520 mm, inscritas a su vez entre dos orejas sucesivas de una misma pista de rodado que no sean la primera y la segunda oreja.

Los eventuales taladros y cortes del riel se harán mecánicamente y mediante gálibos.

Las juntas aislantes se instalan de manera tal que la distancia mínima con la soldadura más próxima no sea inferior a 4,00 m. Se deberá evitar su implantación frente a una junta de pistas de rodado debido a las interferencias que se producen entre las orejas de pistas y los pernos de la junta.

Para este efecto, es importante que el Contratista verifique la posición correcta de las juntas aislantes consignadas por Metro en el mismo estudio que entrega los esquemas de distribución de pistas de rodado.

Una junta aislante que resulte coincidente con una junta de pista puede desplazarse 1,35 m aguas arriba o aguas abajo. En este caso, el Contratista deberá obtener el acuerdo del Contratista de la parte Señalización, lo cual dará la tolerancia de posición de la junta aislante.

Durante el desarrollo de las obras y debido a ajustes en el proyecto de Señalización, el Contratista deberá prever la realización de juntas aislantes en vías terminadas, a modo de interfaz. Su realización deberá incluir todas las faenas complementarias destinadas a mover las instalaciones del entorno y posteriormente restituir el nivel de terminación de la zona modificada.

2.6. Recarga de burbujas

El vibrado del hormigón desprende burbujas de aire. Estas burbujas aparecen en la superficie de hormigón fraguado como cavidades de diversas formas dispuestas alrededor de las vainas, con profundidades hasta 6 mm. Estas superficies irregulares no son aptas para el montaje de la zapata porta aislador, por lo tanto, el Contratista recargará con material de aporte el 100% de las burbujas existentes hasta lograr superficies homogéneas. Utilizará morteros industriales de primera calidad (grouting), previo tratamiento de las superficies mediante chorro de agua para remover las lechadas de cemento y la aplicación de puentes de adherencia para ligar los hormigones. Esta operación se hará previamente al montaje de las zapatas de los aisladores, de igual forma que la limpieza de las vainas.

2.7. Montaje de los Aisladores

Los aisladores se colocan cada 2,70 m en línea recta y en curva de $R > 290$ m y cada 1,80 m en curva de radio < 290 m.

Es primordial que la cara vertical del aislador contra la cual vendrá apoyarse la cara posterior de la barra guía (mediante cuñas de ajuste) esté perfectamente perpendicular al plano de rodado de la vía y esté situado a la cota exacta con relación al eje de la vía (o más precisamente con relación al borde de guiado interior del riel más cercano).

Por otra parte, la cara superior del aislador, sobre la cual descansa el ala horizontal de la barra guía, también debe estar situada a la altura exacta con relación al plano de rodado de la vía.

La perpendicularidad del aislador a la planta de la vía, su nivel en altura y su posición con relación al riel más cercano, están condicionados por la colocación a las cotas exactas, estipuladas en los dibujos, de la zapata de asiento sobre la cual está sujetado.

El Contratista se asegurará de la buena posición de los hierros verticales de empalme dejados por el Contratista de la Obra Civil.

El desencofrado y el retiro del gálibo podrán hacerse al día siguiente de la colada del hormigón, siempre y cuando la resistencia de éste sea suficiente.

2.8. Hormigonado de forma para desagües

Se debe realizar la forma de la fundación de la vía, incluyendo los desagües longitudinales necesarios para la evacuación de las aguas y también las canaletas transversales (cada 27 m) que conducen las aguas desde la orilla de los muros hasta la canaleta axial de cada vía, dejando sin embargo, una trinchera longitudinal para la colada del asiento de la pista de rodado.

EL contratista deberá prever puentes de adherencia que facilite la unión entre la losa civil y el hormigón de la vía. El producto propuesto para este fin deberá recibir la aprobación de Metro.

El Contratista someterá a aprobación de Metro los documentos relativos a los procedimientos de ejecución de esta etapa.

2.9. Realización de la Fundación para la Pista de Rodado

Se debe realizar de manera simultánea del empotramiento de las vainas de fijación y de la superficie de asiento de las pistas de rodado.

Ambas operaciones deben ejecutarse con mucho cuidado ya que por una parte las pistas de rodado son intercambiables, lo que necesita un posicionado riguroso de sus fijaciones, y por otra parte la planeidad de la superficie de asiento condiciona la del plano de rodado, por lo tanto debe prestarse el mayor cuidado en su ejecución.

Particularmente en la zona de clotoide de las vías curvas, deben extremarse las precauciones para absorber el alabeo que se genera en las curvas de empalme.

Para evitar que el hormigón contamine las fijaciones, el contratista deberá considerar elementos para protección de éstas.

El Contratista se asegurará de la correcta posición de los hierros verticales de enlace dejados en espera por el Contratista de la Obra Civil. En su defecto, procederá a corregir o reinstalar los fierros defectuosos o faltantes.

Luego de realizar las fundaciones de pista de rodado, el contratista deberá ejecutar cuidadosos levantamientos para verificar el nivel de la superficie. Las mediciones se efectuarán en cada alojamiento de pista y a lo largo de cada fila.

Esta cota de nivelación y sus tolerancias deberá ser deducido de los estudios de ingeniería que realice el Contratista y sometido a aprobación de Metro.

Si los resultados de este levantamiento son negativos, el Contratista deberá rehacer la fundación de pista.

El contratista debe prever la eliminación de burbujas, después de cada etapa de hormigonado.

Esquemas de distribución de las pistas de rodado, elaborados por el Contratista, darán, para cada curva, el sitio exacto de los diferentes tipos de pistas a instalar. Estos documentos deberán tener la aprobación previa de Metro.

2.10. Ductos para el Paso de los Cables

Independientemente de las canaletas para cables que corren longitudinalmente, en la parte inferior de las paredes, también se debe reservar un cierto número de ductos transversales en la vía para el paso de los cables (en los puestos de seccionamiento, de los interruptores de aislamiento y de las señales).

Los ductos para cables de corrientes débiles unen las paredes del túnel con puntos específicos de cada una de las vías. El tendido de estos ductos se inicia verticalmente en la pared del túnel, afianzados con abrazaderas. Las bocas de los ductos que emergen en la pared de la canaleta axial, deben quedar rasantes a la pared.

Los ductos se tienden en zanjas hechas en la losa civil. En caso de ser necesario, se deberá picar el hormigón para lograr la cota vertical indicada en planos de corte transversal de la documentación técnica.

Esta faena debe efectuarse antes de ejecutar los hormigones de fundación de la vía.

Los ductos de PVC dispuestos en haces paralelos deberán guardar una separación de 0,5 diámetros para la entrada de hormigón entre ellos.

Todos los ductos se implementarán con alambres (tira – cables o “lauchas”) y las bocas en ambos extremos se sellarán provisionalmente para impedir el ingreso de elementos ajenos.

Los ductos que sufran deterioros u obstrucción con motivo de la obra, serán reparados por el Contratista. No se permitirán ductos corrugados.

De forma general, las longitudes reservadas para la instalación de los ductos de tracción son mayores que las estrictamente necesarias, facilitando así la implantación de las vainas de empotramiento de los rieles y de las pistas de rodado.

Después de colocar estos últimos, el Contratista deberá rellenar con hormigón todo el espacio no utilizado de las reservaciones, hasta nivelar la superficie.

El hormigón utilizado y su colocación en obra quedan incluidos en los trabajos a cargo del Contratista.

2.11. Construcción y Remate del Fondo de la Canaleta Axial

El fondo de la canaleta axial se ejecutará con especial precaución para lograr paralelamente el buen escurrimiento de las aguas y el montaje de las cajas inductivas de la Señalización. La losa civil y las paredes de la canaleta se limpiarán con chorro de agua a presión y se aplicará puente de adherencia en ellos para fijar los hormigones. Se colocará una capa horizontal de hormigón, a una cota constante de 0,36 m bajo el plano de rodado. En vía peraltada, el nivel de referencia será el riel más bajo de cada vía.

La terminación superficial del fondo de canaleta se afinará mediante platachado.

Longitudinalmente la superficie será estrictamente paralela a los rieles, sin depresiones, grietas, aristas ni resaltes. El empalme del fondo con las paredes verticales será perfectamente sellado para impedir la penetración de las aguas.

En el cruce con las juntas de construcción de la losa civil, el fondo de canaleta se rematará con una junta inducida de 1,5 cm de profundidad ubicada sobre la junta civil.

Cada 27 m el contratista deberá implantar canaletas de desagüe, con una pendiente de 1,5% como mínimo para conducir las aguas hasta la canaleta axial. La pendiente del fondo y remate de las paredes deberá efectuarse mediante mortero de cemento. Su trazado final debe ser perpendicular al riel y sus paredes verticales.

2.12. Colocación de las Barras de Guía

Estas obras se componen de una serie de operaciones detalladas a continuación:

- Montaje de los aisladores.
- Colocación provisional de las barras de guía para el trazado de la posición de los pernos.
- Quitado de las barras, soldadura de los pernos.
- Montaje definitivo de las barras de guía.
- Ajuste de las barras de guía.
- Corte de las barras de guía - cupones neutros - bloques aislantes - acodos.

En recta, la cota entre el borde interior del riel y la cara de guía del angular es constante y fijada por dibujos.

En curva, esta cota varía en función de varios elementos: fila exterior o interior, velocidad, peralte.

Una vez ubicadas en su sitio las barras guías, se sueldan en su por el procedimiento aluminotérmico según la documentación técnica.

Debe prestarse un cuidado particular en curva para asegurar la regularidad de la curvatura, utilizando si procede tirantes o prensas especiales para mantener los extremos a soldar en correcta posición.

Para realizar el ajuste de barras guías, el Contratista deberá asegurarse que:

- El ala vertical de los angulares esté perpendicular al plano de rodadura.
- Las barras han sido colocadas respetando las cotas nominales y las tolerancias definidas en los documentos técnicos.

Para esto, deberá medir las siguientes cotas:

- Distancia entre las dos barras guía,
- Distancia entre una barra guía y el borde interior del riel más cercano para cada fila.

Si después de comprobación, se constatan diferencias con relación a las cotas a obtener, la diferencia se compensa jugando sobre las cuñas de ajuste.

2.12.1 Protección de la barra guía.

Los cortes de captación de corriente en los tramos de protección (seccionamiento) o de guía (en los aparatos de vía) se realizan:

- En los seccionamientos, mediante bloque aislante o dispositivos que mantienen la continuidad del guiado pero que suprimen el paso de corriente de tracción en una sección de la barra.
- Para los aparatos de vía, mediante crucetas o acodos que permiten a las escobillas alejarse o acercarse progresivamente a la barra de corriente. En este caso, la cuña permanente se reemplaza por una cuña inclinada en los dos aisladores ubicados en la zona acodada de la cruceta. Plaquetas inclinadas permiten el apriete normal de los pernos soldados.

En los seccionamientos, el aislamiento de la cara de captación de corriente está asegurado por placas de material aislante.

La colocación de estas placas puede necesitar a una extremidad del seccionamiento una soldadura desplazada transversalmente del espesor de la placa y a la otra extremidad un biselado de la placa.

El Contratista deberá prestar un cuidado particular al pegar las placas aislantes. La cara de guía del angular será cuidadosamente amolada y desgrasada.

El montaje de los bloques aislantes se realiza por corte mecánico en el centro de una barra. El bloque aislante se coloca normalmente en recta. Sin embargo, su instalación excepcional está autorizada en curva para radios superiores o iguales a 450 m.

2.12.2 Limpieza de las Barras de Guía.

Antes de que pasen los primeros trenes y antes de colocar el revestimiento aislante sobre la cara superior (ver párrafo siguiente), el Contratista deberá proceder a remover las costras de laminación.

- De la cara vertical del guiado y de la captación de corriente en cada barra.
- De la cara horizontal superior de las barras ubicadas del lado de los pasillos peatonales.

2.12.3 Colocación de un Revestimiento Aislante sobre la cara Superior de la Barra de Guía

Para evitar accidentes sobre personas, el ala horizontal de la barra de corriente del lado de los aisladores, se reviste sobre toda la longitud con un perfil aislante pegado en frío (neopren) cuya posición aparece en el documento L2-150200-00-5VI-PLA-0014.

Después de la remoción de costras de laminación (punto anterior) la superficie metálica se limpiará con un disolvente. El uso de disolvente deberá respetar la legislación vigente.

El pegamento utilizado deberá dar una buena adherencia entre el perfil plástico y el acero; deberá obtener la aprobación de Metro quien podrá solicitar del Contratista la realización de pruebas previas.

Las características del perfil plástico aislante vienen definidas en la documentación técnica (L2-150200-00-5VI-ETG-0020).

2.13. Colocación de las Pistas de Rodado

Esta obra se compone de las siguientes operaciones:

- Limpieza interior de las vainas de tirafondos,
- Colocación de banda bituminosa,
- Colocación de las pistas de rodado y apriete de las fijaciones.

Para evitar que las irregularidades tanto de la cara inferior de las pistas de rodado de hormigón armado como las de la superficie de montaje no entren directamente en contacto, se interpone una banda bituminosa entre las dos superficies.

Este material está constituido por hojas de papel de asfalto o de un producto similar de pequeño espesor (comprendido entre 2,5 y 3,5 mm), en rollos cortados a las dimensiones de la pistas de rodado. El material deberá suministrarse en bandas de 245 mm de ancho para instalarse horizontalmente debajo de las pistas. Este suministro corre a cargo del Contratista.

El material usado debe tener las características colocadas en la tabla que viene abajo:

| Características | Normas | Unidad | Valor requerida |
|-----------------------------------|-----------------|---------------|------------------------|
| Espesor | | mm | 3± 0.2 |
| Resistencia al rodado | UNE 104.281/6.6 | KN/m | 7 |
| - Sentido longitudinal | | | 4.2 |
| - Sentido transversal | | | |
| Alargamiento a la rotura | UNE 104.281/6.6 | % | 65 |
| - Sentido longitudinal | | | 75 |
| - Sentido transversal | | | |
| Punzonamiento estático | UNE 104.281/6.5 | kg | ≥ 15 |
| Plegabilidad a bajas temperaturas | UNE 104.281/6.4 | °C | 3 |
| Punto de ablandamiento | UNE 104.281/6.7 | °C | 90 |
| Flujo | ASTM D-5329 | mm | 3 |

El peso de las pistas de rodado, el apriete y luego el paso de los primeros trenes asientan el material que rellena el espacio entre las pistas y el hormigón de asiento.

En caso de utilizar pistas de rodado de hormigón, estas deberán ser colocadas mediante maquinaria elevadora orientable que permiten mover dichas piezas lentamente y sin choque haciendo coincidir los agujeros de las orejas con las vainas empotradas a ras con su superficie de asiento.

Antes del apriete de los tirafondos especiales, conviene regularizar la separación existente en las juntas de las pistas. Para ejecutar esta operación, igualmente que en todas las futuras mantenciones, sólo se pueden tomar las pistas por las orejas metálicas y preferentemente mediante máquinas mecánicas que el control y la seguridad de los movimientos.

El giro de apriete de los tirafondos de fijación de las pistas de rodado debe detenerse cuando se verifiquen los 3 contactos de las arandelas doble espiral.

En las manipulaciones de las pistas de rodado, deben adoptarse las máximas precauciones para evitar desprendimientos y quebraduras de sus aristas.

La utilización de barrotes como palancas apoyadas contra el hormigón de las pistas de rodado está estrictamente prohibida.

El Contratista deberá precisar a Metro las características de los accesorios de levante y de las máquinas elevadoras que piensa utilizar, mejoras a los equipamientos presentados le podrán ser solicitadas si fuese preciso.

2.13.1 Control del Nivel del Plano de Rodado Neumático

El Contratista deberá cumplir estrictamente las tolerancias especificadas para el montaje de las pistas de rodado. Se tendrá especial precaución al controlar la nivelación en los extremos de las pistas de rodado consecutivas de una misma fila.

La cota de construcción de la superficie para el montaje de la pista de rodado obtenida por el Contratista deberá tener la tolerancia suficiente y adecuada para utilizar un solo espesor de banda bituminosa a colocar bajo la pista, de forma que esta magnitud en concordancia con la magnitud de la altura de las pistas de rodado y sus tolerancias, permitan el montaje directo de estos componentes y obtener la nivelación de la vía de rodado dentro de las tolerancias correspondientes. La cota nominal y sus tolerancias para la construcción de esta superficie serán determinadas por su propia ingeniería y sus resultados serán demostrados y homologados en las pruebas preliminares al proceso de hormigonado (Método Constructivo del Contratista).

2.14. Terminaciones

El hormigonado generará a una serie de empalmes cuyos límites serán superficialmente visibles. El acabado consistirá en dar a la superficie un aspecto homogéneo y unido, conforme al perfil indicado en los dibujos. En particular, en estación, se dará una mano de un revestimiento para que el aspecto final sea particularmente cuidado.

Igual precaución se adoptará para lograr que las paredes de las canaletas axiales y las transversales sean lisas, continuas y con sus taludes constantes y bien definidos. Las aristas no deberán presentar saltaduras ni desprendimientos de hormigón, siendo sus trazados bien delineados y geométricamente paralelos y perpendiculares al tendido de los rieles, según corresponda.

Al final de los trabajos de construcción y antes de iniciar los montajes de los componentes de las vías, se limpiará prolija y completamente el sitio de la obra y se eliminarán en particular todas las trazas de hormigón adheridas al riel y sus fijaciones.

Las manchas de aceites provocadas por derrames de lubricantes en la superficie de las vías serán eliminadas en forma apropiada.

El aislamiento de la vía deberá ser comprobado. El contratista de vías deberá elaborar un procedimiento para este fin que deberá ser aprobado por Metro, previo a la prueba.

Frente a las juntas aislantes en los rieles de seguridad, necesarias a la señalización, se instalan conexiones eléctricas entre los rieles y las conexiones inductivas. Esto se realiza en coordinación con el sistema de señalización.

2.15. Colocación de los Aparatos de Vía

Los trabajos relativos a la colocación de los aparatos de vía pueden ser las siguientes:

1. Montaje de los aparatos de vía, calado y ajuste.
2. Encofrado de canales longitudinales, transversales y de las reservas para las canaletas transversales y para los apoyos de los aisladores.
3. Colada del hormigón.
4. Confección de los macizos de apoyo de las zapatas.
5. Colocación de los aisladores, presentación, colocación y ajuste de las barras de corriente.
6. Amolado de las barras de corriente.
7. Acabado y varios.

Cualquier sea el método de realización elegido, cabe señalar como observaciones preliminares lo siguiente:

- No se deberá iniciar ninguna colada de hormigón sin antes obtener el "visto bueno para hormigonar" de parte del Metro o de su representante (Inspección Técnica). Este "visto bueno para hormigonar" se dará después de comprobar a lo menos los siguientes puntos (los que se dan a título explicativo y no son en ningún caso exhaustivos):
 - Verificación topográfica de la geometría de la vía conforme.
 - Control de posición de las juntas aislantes de riel, contra-riel y pista metálica
 - Control de instalación de los encofrados de fundación y de canales de desagüe.

- Control de instalación de los ductos de cables conforme a las prescripciones de las especialidades Energía y Corrientes Débiles.

Solamente el Contratista tendrá la responsabilidad de los eventuales atrasos ocasionados por el incumplimiento de las condiciones óptimas antes de colar el hormigón, excepto cuando pueda demostrar lo contrario.

Estas descripciones conciernen a los dos tipos de aparatos de vía, tanto si está constituidos por piezas moldeadas o por piezas mecano-soldado-remachadas.

Los aparatos de vía incluyen el suministro de rieles de perfil 100 RE y de sus dispositivos de fijación.

Los aparatos de vía, entre sus juntas de punta y de talón, están equipados con pistas metálicas.

Los aparatos de vía deben ser montados y recepcionados en la planta del constructor, por primera vez, según las prescripciones de los documentos técnicos de licitación.

Se llama la atención del Contratista sobre la precisión necesaria de la posición de las placas de asiento y de las fundas de fijación de los diferentes elementos que componen el aparato de vía.

Todas las disposiciones previstas para la colocación de los aparatos (y en particular la naturaleza y la posición de los calados), así como los diseños de plantilla, se someterán a la aprobación de Metro.

El Contratista velará muy particularmente por la posición correcta de las reservas relativas a las canaletas longitudinales y transversales de desagüe, a las reservas de los canales transversales y de los dispositivos de maniobra. El Contratista propondrá a la aprobación de Metro los dispositivos que piensa utilizar para asegurar la continuidad del desagüe en el franqueo de las filas de vías desviadas.

Deberá preverse que la distancia de separación entre la superficie rasante de la losa de hormigón y las caras horizontales inferiores de las piezas y componentes mecano soldados de los aparatos de vías, no podrá ser inferior a 15 mm.

Se llama la atención del Contratista sobre ciertas peculiaridades relativas a la posición transversal de las barras laterales, introducidas, en particular, por las crucetas de la barra de guía cuyas características de implantación serán desarrolladas por el contratista en sus planos de colocación de los aparatos de vías entregados a Metro.

Verificado el fragüe del hormigón, el Contratista de vías deberá realizar la limpieza del aparato mediante chorro de agua a presión y raspadores mecánicos.

Siguen siendo aplicables las disposiciones mencionadas con anterioridad, relativas al amolado de la barra guía y a la colocación de un revestimiento aislante sobre su superficie superior.

Las conexiones eléctricas de equipotencial y retorno de tracción, deben preverse entre los rieles, las pistas, las piezas moldeadas y los contrarrieles. El suministro y la colocación de estos elementos corren a cargo del Contratista. Cada conexión eléctrica queda constituida por dos (2) cables de cobre de 240 mm² de sección.

Además el contratista de vías deberá considerar los ductos de cables para alimentación del motor.

Se llama la atención del Contratista sobre la realización de la soldadura aluminotérmica ligando un riel de 100 RE con un riel de 80 ASCE en los extremos de los aparatos de vía.

Los aparatos de vía deberán estar equipados lo antes posible con sus dispositivos de encerrojamiento tipo VCC, sus motores y tirantes de maniobra. En su defecto, deberán ser bloqueados si no tienen que ser maniobrados o, de lo contrario, se equiparán con una palanca de maniobra provisional, cuya colocación y suministro correrá a cargo del Contratista.

La instalación del motor y el conexionado al motor, será tratado como interfaz entre el Contratista de Vías y el Contratista de Señalización.

2.16. DISPOSITIVOS DE FIN DE VÍA

Las presentes instalaciones comprenden solamente el tope con arena como dispositivo de fin de vía, cuyas características se indican en el plano referido en los documentos técnicos (L2-150200-00-5VI-PLA-0017).

ANEXO A: ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES

HORMIGONES MOLDEADOS

1. DISPOSICIONES GENERALES

Las disposiciones presentes establecen los requisitos que deben reunir los materiales integrantes del hormigón de cemento, las precauciones que debe tomarse para su almacenamiento, los procedimientos de preparación, transporte y colocación en obra del hormigón elaborado, y los tratamientos a que debe someterse la obra ejecutada, el control de resistencias del hormigón y las multas en caso de baja resistencia.

Se presenta el siguiente documento a modo de referencia, para el contratista de vía. Dado que solo se presenta como un marco general, no es un documento exhaustivo, por lo que en contratista de vías, en su calidad de experto deberá definir las características, procedimientos y pruebas que usará para la realización de los hormigones moldeados, que darán cumplimiento a los requerimientos de este contrato.

1.1 Normas

Donde quiera que sean usadas en las presentes especificaciones, las abreviaturas de la lista más abajo indicada tendrán los siguientes significados:

| | |
|------|--|
| INN | : Instituto Nacional de Normalización |
| NCH | : Norma Chilena Oficial |
| ACI | : American Concrete Institute |
| ASTM | : American Society for Testing and Materials |
| AWS | : American Welding Society |

La ejecución y control de los hormigones deberá efectuarse conforme a las estipulaciones de las Normas Chilenas que se indican:

| | |
|----------|--|
| NCh 170 | Of. 85 Hormigón. Requisitos generales |
| NCh 1934 | Of. 92 Hormigón preparado en central hormigonante |
| NCh 1998 | Of. 89 Hormigón Evaluación estadística de la resistencia mecánica. |

Los casos no contemplados en estas Especificaciones se resolverán conforme a las prescripciones de los siguientes códigos y normas:

- ACI 301-72 : Specification for Structural Concrete for Buildings
- ACI 311-64 : Recommended Practice for Concrete Inspection
- ACI 347-78 : Recommended Practice for Concrete Formwork
- ACI 305R-77: Standard Specification for Preformed Expansion Joint Fillers for Concrete Paving and Structural Construction (Non-extruding and Resilient Bituminous Types).
- ACI 318-89 : Reglamento de las Construcciones de Concreto Reforzado
- AWS D 1.4-79 : Reinforcing Steel Welding Code (Including metal inserts and Connections in Reinforced Concrete Construction).

1.2 Cemento

Los cementos que se empleen para la confección de los hormigones deberán cumplir las estipulaciones de las siguientes Normas Chilenas:

- NCH 148 Of. 68 : Cemento. Terminología. Clasificación y Especificaciones Generales.
- NCH 160 Of. 68 : Agregado tipo A para uso en cementos. Especificaciones
- NCH 161 Of. 68 : Cemento. Puzolana para usos en cemento. Especificaciones

Si el cemento debe cumplir condiciones especiales no mencionadas en dichas normas, éstas serán incluidas en Especificaciones Técnicas Especiales, indicándose explícitamente la forma en que deberá controlarse el cumplimiento de esas especificaciones.

En caso de utilizarse un cemento de precedencia extranjera, el Contratista deberá certificar que cumple con las Normas Chilenas mediante ensayos en un laboratorio aprobado por Metro o su representante, o en su defecto, clasificarlos de acuerdo a la última versión vigente de las Normas ASTM.

El almacenaje de cemento en bolsas se hará en bodegas debidamente cerradas, protegidas de la intemperie y que cuenten con suficiente aireación del recinto. El almacenaje se hará en grupos de máximo 8 lotes cada uno de un máximo de 12 sacos de altura. En la estiba se dejará pasillos de ventilación de no menos de 30 cm de ancho alrededor de cada grupo.

El piso de las bodegas de almacenamiento, será entablado, sobre vigas de no menos 20 cm de altura sobre terreno debidamente limpio y emparejado. El terreno deberá tener un desnivel necesario para facilitar el escurrimiento de aguas superficiales.

La circulación de personas en las bodegas de cemento se resolverá en forma de evitar que queden ángulos inaccesibles. El consumo de cemento se dispondrá de manera que no se mantengan stocks inmovilizados. Si en razón del volumen o ubicación de la obra se justificare la provisión de cemento a granel, se cuidará que el material no sufra daño durante el transporte y su posterior almacenamiento. Ya sea que el transporte se efectúe en camión, ferrocarril u otro medio, deberá disponer de carpas u otros elementos adecuados para la protección de la intemperie durante las operaciones de carga y descarga. Se dispondrá de silos herméticos para almacenaje con dispositivos de entrega por peso.

1.3 Agua

En general, el agua de amasado del hormigón deberá ser potable según se especifica en las siguientes normas:

NCH 1498 Of. 82 : Hormigón. Agua de amasado. Requisitos

NCH 1443 Of. 78 : Hormigón. Agua de amasado. Muestreo

Si el Contratista decide usar agua no potable, deberá justificar su empleo mediante análisis químicos, los cuales serán evaluados por Metro o su representante, quién establecerá su aprobación o rechazo. Este análisis deberá incluir como mínimo la determinación de los porcentajes de materias en suspensión, sales disueltas, materias orgánicas, y los aniones y cationes presentes en el agua y su pH.

Si los valores determinados, a juicio de Metro o su representante, pueden afectar algunas de las propiedades importantes del hormigón en relación con la obra, su utilización sólo podrá autorizarse previa ejecución de ensayos que permitan evaluar su influencia.

1.4 Agregados Pétreos

Los áridos utilizados en el hormigón deberán enmarcarse en las siguientes normas:

NCH 163 Of. 79 : Áridos para morteros y hormigones. Requisitos generales

NCH 164 Of. 761 : Áridos para morteros y hormigones. Extracción y preparación de muestras.

NCH 165 Of. 77 : Áridos. Tamizado y determinación de la granulometría.

Deberán separarse en varias categorías de granos, de manera que garanticen una curva granulométrica, que pueda ser mantenida dentro de límites de variabilidad que no influyan significativamente sobre la trabajabilidad del hormigón.

Estas categorías serán elegidas tomando en consideración los tamaños máximos más probables para los áridos gruesos de los hormigones que se utilizarán en la obra y las condiciones económicas para su obtención.

La selección de los áridos, su transporte y acopio deberán ser hechos de tal forma que se evite la segregación, la mezcla de los distintos materiales entre sí y su contaminación por la superficie en que se depositen o por agentes externos.

Los acopios deberán asegurar un adecuado drenaje del agua que contengan los áridos, de manera que su humedad se mantenga uniforme y no sobrepase los siguientes valores:

- Material menor que malla # 4 ASTM : 8%
- Material menor que malla 3/4" ASTM : 2%
- Material menor que malla 1 1/2" ASTM : 1%

Estarán dispuestos de manera que permitan siempre su empleo en la misma secuencia en que han ingresado.

En forma adicional a ello, cada parte de arena de un nuevo origen que llegue al lugar de la fabricación del hormigón se someterá a las pruebas mínimas de porcentaje de arcilla, para lo cual se mantendrán los elementos de laboratorio correspondiente. Asimismo se hará esta determinación en caso de percibir evidencias de cambios de características del material de un mismo origen.

1.5 Aditivos

La utilización genérica de un aditivo, ya sea plastificador, incorporador de aire, acelerador de fraguado del cemento y otro tipo cualquiera, será objeto de especificaciones especiales, notas en los planos y su uso autorizado por Metro o su representante.

Los aditivos deberán guardarse en lugares que cumplan las condiciones de almacenamiento especificadas por el fabricante.

La calidad de los aditivos será objeto de un control periódico por parte de Metro o su representante, el cual determinará las variaciones de dosificación que estime necesarias o su eliminación si considera que el efecto esperado en el hormigón pudiera introducir consecuencias nocivas por su uso.

1.6 Dosificación y Fabricación

La proporción de cada uno de los componentes del hormigón (dosificación) será determinada por el Contratista y aprobada por Metro o su representante.

La dosificación propuesta deberá contener los siguientes antecedentes:

- 1) Tipo y dosis de cemento en kg/m³
- 2) Tipo, procedencia, tamaño máximo y dosis en kg/m³ de los áridos.
- 3) Razón agua/cemento y asentamiento de cono previstos para el hormigón.
- 4) Tipo y proporciones de los aditivos en caso de prever su empleo.
- 5) Resistencia a 7 y 28 días obtenidos en mezclas de prueba.

El empleo de una determinada dosificación deberá estar respaldado mediante mezclas de prueba, que demuestren que el hormigón posee las características generales y la resistencia especificadas en los planos del Proyecto, las Especificaciones Técnicas Especiales y las que determine Metro o su representante de acuerdo a las condiciones específicas de cada parte de obra.

Las mezclas de prueba deberán estudiarse para obtener a lo menos una resistencia media dada por la siguiente expresión:

$$R = \frac{R_k}{1 - 0,20k}$$

Siendo:

R= Resistencia media de la mezcla de prueba a la edad especificada para R_k.

R_k= Resistencia característica especificada en el Proyecto

k= Coeficiente según punto

1.7 Control Resistencia Hormigón.

Esta dosificación deberá ser revisada si se produce un cambio en la granulometría de los áridos que haga variar el módulo de finura de la curva granulométrica total en más de 0.10.

La faena deberá disponer de los elementos necesarios para medir en peso las cantidades de los materiales en la dosificación.

La medida de los materiales deberá incluir la corrección por la humedad contenida en ellos, para lo cual podrán adoptarse valores medios en base a datos obtenidos directamente.

Estos valores serán verificados con una frecuencia por lo menos semanal o cada vez que se registre una variación importante de las condiciones medias de humedad.

La precisión de los elementos de pesaje deberá ser tal que permita la mantención de la razón agua/cemento con un error no superior a $\pm 0,01$ y el error en la medida de los áridos dentro de $\pm 2\%$ del peso especificado para cada fracción de árido.

La medida del agua deberá ser hecha preferentemente en peso. En caso de no ser esto posible, deberá verificarse si los elementos usados en sustitución permitan realmente la mantención de la tolerancia especificada para la razón agua/cemento.

Los equipos de pesaje de los materiales deberán disponer de pesas calibradas que permitan la verificación periódica de su funcionamiento, en las oportunidades que lo requiera Metro o su representante.

Metro o su representante podrá autorizar el uso de la medida de volumen en partes de obra de pequeña magnitud o de poca importancia estructural, a condición de que los elementos de medición se verifiquen con una medida en peso efectuada con los materiales de la obra en las condiciones de humedad media que es dable esperar.

La verificación de los elementos de medida en volumen deberá ser repetida periódicamente, a lo menos una vez por semana, y cuando cambien las fuentes de aprovisionamiento de los materiales o las condiciones medias de humedad con respecto a las verificaciones antes del comienzo de la obra.

El tamaño (T máx.) de los áridos será establecido por cada parte de obra de acuerdo a lo siguiente:

| DIMENSION MINIMA DE LA SECCION (cm) | T máx. (pulgadas) |
|--|----------------------|
| Hasta 15 | $\frac{3}{4}$ |
| 16 a 30 | 1 $\frac{1}{2}$ |
| 31 a 50 | 2 |
| Mayor de 50 | 3 |

El tamaño máximo además no deberá exceder de:

- 1/5 del espesor de los muros

- 1/3 del espesor de las losas
- 3/4 de la distancia libre entre armaduras

El mezclado de los componentes del hormigón deberá efectuarse en hormigoneras de capacidad adecuada a las necesidades de la obra.

La operación de estas hormigoneras se efectuará en las condiciones establecidas por el fabricante, no pudiendo variarse ni la capacidad de carga, ni la velocidad de rotación especificadas.

Metro o su representante podrá rechazar el uso de todos aquellos equipos y elementos que se encuentren en mal estado de conservación.

El mezclado del hormigón podrá realizarse:

- En planta central fija
- Parcialmente en planta central, completándose la operación en un camión mezclador.
- Totalmente en un camión mezclador
- Los lugares y plantas de preparación del hormigón estarán sujetos a revisión y aprobación de Metro o su representante.

En los casos en que los hormigones sean confeccionados en plantas ajenas al Contratista, éste será plenamente responsable de la calidad del material que adquiera a terceros, los cuales deberán proporcionar los mismos antecedentes.

La planta deberá mantener un registro de la producción que permita asociar las partidas, con el resultado de muestreos obtenidos de la misma, con la dosificación empleada en su elaboración, con las características del cemento, áridos y aditivos (en caso de que se usen). Además deberá indicarse fecha y lugar de colocación del hormigón en la obra. Este registro quedará a disposición permanente de Metro o su representante.

1.8 Autorización para Hormigonar

Metro o su representante deberá dejar constancia en el Libro de Obra de las autorizaciones para hormigonar los diferentes elementos o sistemas, previa comprobación de que los moldajes, enfierraduras, alzaprimas, etc., se encuentren ejecutados correctamente. Metro o su representante podrá requerir una inspección especial de conductos eléctricos. Esta autorización no exonera al Contratista de la responsabilidad de la correcta ejecución y cumplimiento.

Previamente a la ejecución del hormigonado, en esta etapa deberán efectuarse los siguientes trabajos mínimos de preparación:

- a) Preparación de la superficie que va a ser cubierta con hormigón, de acuerdo a su naturaleza. Si la superficie corresponde a terreno natural formado por material común excavado, deberá compactarse superficialmente hasta obtener la densidad que haya sido especificada.

Toda superficie de hormigón que vaya a ser recubierta con hormigón recibirá la designación de junta de hormigonado y deberá recibir un tratamiento que elimine la lechada superficial producida al compactarse el hormigón.

Este tratamiento podrá efectuarse por alguno de los métodos siguientes:

- Por lavado del hormigón fresco con chorro de agua a presión antes de que se inicie su endurecimiento. Este lavado eliminará la capa superficial de mortero, evitando que se desprenda el árido grueso de tamaño superior a 5 mm.

El momento de aplicación del tratamiento deberá establecerse en la práctica en la obra misma y, una vez iniciado, se proseguirá hasta que el agua escurra totalmente limpia. Las pozas de agua que se formen serán eliminadas con aire a presión u otro método que apruebe Metro o su representante.

- Por decapado mediante chorro de arena, ya sea seco o húmedo.

En general, no se acepta el tratamiento de picado con barretilla, salvo en casos especiales aprobados por Metro, en que no sea posible aplicar los sistemas descritos.

El Contratista podrá proponer otros sistemas de tratamiento de juntas de hormigonado, los cuales deberán ser aprobados por Metro antes de su aplicación en la obra, pudiendo exigir la ejecución de ensayos en sitio.

- b) Revisión de todos los elementos embebidos correspondientes a la etapa hayan sido incluidos, según lo definido en planos y especificaciones correspondientes.
- c) Verificación que el moldaje y las armaduras estén de acuerdo a detalles y especificaciones respectivas.
- d) Limpieza con agua y aire a presión hasta eliminar toda traza de suciedad acumulada. Esta limpieza deberá efectuarse inmediatamente antes del hormigonado.
- e) Aplicación de adhesivos especiales para hormigones en caso de estar indicado en especificaciones especiales de la obra, planos y/o instrucciones por escrito de Metro.
- f) Verificaciones del término de plazos especificados entre etapas de hormigonado.

2. COLOCACION EN OBRA, ENSAYOS Y CURADO DE HORMIGON

2.1 Transporte

El transporte deberá establecerse de manera que cumpla las siguientes condiciones básicas:

- a) Que ocupe el tiempo mínimo posible desde la planta de hormigón al sitio de colocación. Este tiempo no podrá exceder el 50% del tiempo de comienzo de fraguado del cemento en uso, ni deberá provocar pérdidas de asentamiento del hormigón que excedan de 3 cm.

El límite básico que se establece aquí, se aplicará en el caso de hormigones sin retardador de fraguado. Para los hormigones con retardador de fraguado estos límites podrán aumentar, de acuerdo a la dosificación de Retardador de fraguado y otros factores que intervengan. El tiempo límite básico (término del amasado en planta hasta su colocación en moldes) para hormigones debidamente agitados durante el transporte, será de 45 minutos y de 30 minutos para hormigones sin agitación posterior.

- b) No deberá producir segregación ni pérdida de los componentes del hormigón.
- c) Deberá permitir el vaciado del hormigón con el asentamiento previsto en la dosificación sin adiciones de agua.
- d) Los medios que se empleen en el transporte de hormigón deberán ser capaces, a juicio de Metro o su representante, de vaciar hormigones con asentamientos bajos o medianos sin producir segregación o separación importante.
- e) El estado de los equipos deberá ser óptimo al momento de su uso. Metro o su representante no autorizará ningún trabajo de hormigonado si considera que los equipos dispuestos por el Contratista no están en buenas condiciones de uso.

Se indican a continuación las exigencias mínimas que deberán cumplir algunos de los equipos y elementos usados habitualmente para el transporte y la colocación del hormigón:

- Camiones - Betoneras

Deberán emplearse en las condiciones de capacidad de carga y velocidad de revuelta especificados por el fabricante.

Durante el transporte, el camión - betonera deberá girar a su velocidad de agitación, la cual se aumentará a la de amasado durante un mínimo de cinco vueltas de la betonera antes de proceder a su vaciado.

El uso de camiones -betonera como elemento de revoltura del hormigón estará condicionado a una verificación por parte de Metro o su representante de que ésta es suficientemente homogénea, para lo cual ésta determinará el procedimiento a seguir.

- Camiones – tolva

Su empleo se limitará al caso de hormigones con asentamiento de cono igual o inferior a 6 cm y a distancias de transporte que no excedan de 3 km por caminos en buenas condiciones de tránsito.

La compuerta de la tolva deberá ser estanca para impedir la pérdida de agua o mortero del hormigón que se transporta.

- Capachos para hormigón

Se podrá transportar el hormigón en capachos que puedan descargar hormigón de bajo asentamiento.

- Canaletas

Su empleo deberá ser aprobado por Metro o su representante. Deberán ser de metal o revestidas en planchas metálicas. La superficie de escurrimiento del hormigón deberá ser lisa y sin irregularidades.

Su pendiente deberá ser adecuada para producir un escurrimiento continuo y sin segregación del hormigón, con el asentamiento de cono que haya sido especificado.

En su extremo de descarga deberán estar provistas de un embudo con el objeto de disminuir al mínimo posible la segregación que normalmente se produce en este punto.

- Cintas transportadoras

Se podrán emplear siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

- Las cintas están provistas de una tolva de alimentación y un embudo de descarga.
- La velocidad de alimentación sea tal que el escurrimiento del hormigón se realice en forma continua.
- Su pendiente deberá determinarse de manera tal que permita transportar hormigón del asentamiento especificado sin que se produzca segregación.

- Bombas de hormigón

La capacidad de las bombas y las dimensiones de las tuberías deberán ser aprobadas por Metro o su representante antes de iniciar las obras. La aprobación se podrá basar, en parte, en registros de trabajos anteriores que muestren un funcionamiento satisfactorio.

Su uso deberá ajustarse a las indicaciones del fabricante en lo relativo a distancia y altura de bombeo y a las indicaciones de curvas en el trazado de la tubería.

El uso de tubería de Aluminio deberá ser aprobado expresamente por Metro o su representante, en las condiciones que ésta determine.

Antes de iniciar el hormigonado, Metro o su representante deberá aprobar las ubicaciones del agitador de la bomba y de las tuberías con respecto a los moldajes. Se deberán planificar cuidadosamente las operaciones con el fin de evitar todo peligro de juntas de hormigonado. Deberá reducirse a un mínimo la pérdida de asentamiento del hormigón en la bomba y en las tuberías, protegiendo ésta última si es necesario contra el efecto del calor.

Inmediatamente antes de la iniciación del hormigonado, se deberá cebar la bomba y las tuberías bombeando mortero del equipo. El mortero deberá dosificarse de acuerdo a las instrucciones del Fabricante, con presentación de antecedentes a Metro o su representante.

2.2 Colocación del Hormigón

1.2.1 Disposiciones generales

El Contratista deberá entregar por escrito a la Metro o su representante, la programación de la colocación de hormigón que abarque un período de 7 días. Cualquier modificación a este programa deberá ser puesta en conocimiento de Metro con la debida antelación.

Metro podrá ordenar al Contratista la remoción y reconstrucción de los hormigones colocados sin la aprobación previa.

El hormigón se deberá depositar directamente tan cerca como sea posible de su posición definitiva. Si es necesario mover lateralmente el hormigón, éste podrá ser paleado pero no trasladado por vibración.

No se permitirá colocar el hormigón desde alturas mayores a 1,5 m. Tampoco se permitirá que el hormigón tenga que caer lateralmente más de 1,25 m desde el punto de vaciado.

La velocidad vertical de llenado del hormigón en los moldes, no excederá en ningún caso a 1.5 m por hora.

En los elementos verticales tales como muros y columnas, el hormigón se vaciará hasta un nivel aproximadamente una pulgada por sobre el fondo de la viga, nervaduras, parte superior de muros y otras estructuras superpuestas y llevadas hasta un nivel verdadero después que se haya producido el asentamiento.

El hormigonado de superficies con pendientes deberá efectuarse empezando la colocación desde el punto más bajo del elemento.

La colocación de hormigón en superficie libre, podrá hacerse hasta para pendientes 1/4 (V/H) siempre que se tenga la precaución de utilizar un hormigón con asentamiento de cono inferior a 5 cm.

Para pendientes más fuertes que la indicada, se deberá colocar moldaje fijo o deslizante, que permite asegurar que, al limitar el desplazamiento del hormigón, éste quede bien compactado.

En vigas y losas el hormigón empezará a colocarse en el centro de los paños, prosiguiéndose simultáneamente hacia ambos extremos.

Toda tubería que deba quedar incluida en el hormigón tendrá dimensiones tales y estarán colocadas en forma que no reduzcan la resistencia ni la estabilidad de los elementos estructurales.

No se permitirá el uso de coplas con hilo en tuberías embebidas en el hormigón.

Antes de proceder al hormigonado, deberá realizarse una prueba de presión de las tuberías por lo menos a 200 psi sobre la presión atmosférica. Toda tubería diseñada para presiones inferiores a 1 psi no será necesario someterla a prueba de presión.

Deberán preverse precauciones especiales para la colocación del hormigón en temperaturas ambientes extremas, ya sea excesivamente frías o calurosas.

1.2.2 Hormigonado en tiempo frío

Si se prevé que se producirán temperaturas medias diarias inferiores a 10°C durante tres días consecutivos, deberán tomarse precauciones que consideren la influencia de las bajas temperaturas sobre las propiedades del hormigón.

Estas precauciones incluirán como mínimo lo siguiente:

- No deberá hormigonarse en los días en que pueda preverse que la temperatura del hormigón pueda descender bajo 5°C.

- Esta condición podrá eliminarse mediante la adición de agua caliente. La temperatura del hormigón al momento de su colocación se mantendrá sobre 5°C y se aislará o calefaccionará posteriormente el hormigón para mantener su temperatura sobre ese valor a lo menos los tres días siguientes al hormigonado.
- El plazo de descimbre de los elementos estructurales deberá fijarse tomando en cuenta el efecto retardador de resistencia provocado por las bajas temperaturas.
- El empleo de acelerador de fraguado para paliar este efecto deberá ser aprobado por Metro o su representante.

1.2.3 Hormigonado en tiempo caluroso

El vaciado de hormigón en tiempo caluroso deberá hacerse de acuerdo con la práctica recomendada para concretado en tiempo caluroso y las siguientes condiciones mínimas:

- La temperatura del hormigón no deberá exceder de 30°C en el momento de su colocación, salvo autorización expresa de Metro o su representante.
- La colocación de hormigón deberá planearse tomando en cuenta el efecto acelerador del fraguado producido por el calor.
- El empleo de un retardador de fraguado para paliar este efecto deberá ser aprobado por Metro o su representante.
- Se evitará el resecamiento superficial del hormigón, cubriéndolo o humedeciendo ligeramente, pero sin producir lavado de la superficie.

1.2.4 Hormigonado en días de lluvia

Podrá colocarse hormigón durante los días de lluvia, siempre que se prevea de una adecuada protección para evitar que el agua de lluvia aumente el contenido de agua de la mezcla o dañe las superficies recién concretadas.

El hormigón que acuse un principio de fraguado o haya sido contaminado con sustancias extrañas no será colocado en obra. La máxima pérdida de asentamiento entre el momento de mezclado y el de colocación no será superior a 3 cm. No se permitirá agregar agua para su ablandamiento.

1.2.5 Vibrado

El hormigón se vibrará en sitio mediante vibradores de inmersión, quedando excluido el empleo de pisones y proscrito en forma absoluta el procedimiento de golpear los moldes con mazos de madera u otro material. Se dispondrá en faena de vibradores de diámetro adecuado a los espesores de los elementos. Antes de comenzar una faena de hormigonado

debe contarse con vibradores de repuesto suficientes, que permitan el reemplazo oportuno de los elementos que puedan presentar fallas durante dicha faena.

La vibración se hará con vibradores de inmersión con botella de un diámetro no inferior a 2" y de una frecuencia mínima de 6.000 RPM.

Cuando se utilice este tipo de vibrador, deberá tomarse las precauciones necesarias para que el espesor de las capas de hormigón colocadas sean como máximo 15 cm inferior al largo de la botella, de manera que al proceder a la compactación, el vibrador penetre en la capa inmediatamente inferior.

Para este mismo objeto, el vibrador de inmersión se usará colocándolo en forma totalmente vertical.

El Contratista deberá además, disponer de vibradores de diámetro 1" para la compactación de zonas difíciles, por estrechez del moldaje o por la densidad de enfierraduras.

La vibración del hormigón deberá efectuarse en forma ordenada y sistemática, distanciando los puntos de aplicación del vibrador en conformidad con su radio de acción, de manera que no queden zonas mal vibradas.

La separación entre los puntos de inmersión del vibrador deberá ser a lo más 2/3 del radio de acción del vibrador en el hormigón que se esté compactando.

El tiempo de vibración en cada punto de inmersión se prolongará por el tiempo necesario hasta que se empiece a producir el afloramiento superficial de la lechada del hormigón.

En casos especiales, cuando se compacten capas de hormigón de espesor inferior a 20 cm, podrán utilizarse vibradores de superficie de una frecuencia mínima de 6.000 RPM. Su velocidad de avance deberá condicionarse a la obtención de una buena compactación en todo el espesor del elemento.

1.2.6 Juntas de hormigonado

Salvo que se indique en los planos o apruebe lo contrario, el espaciamiento de las juntas de construcción horizontales en losas y de las juntas de construcción verticales en muros no excederán los 15 m.

Todas las enfierraduras serán continuas a través de las juntas de construcción, salvo que en los planos se indique lo contrario. Los dowels, en las juntas de construcción se colocarán como se muestran en los planos. En vigas y losas se ubicarán de preferencia dentro del tercio central del vano y en los puntos de mínimo esfuerzo de corte.

En general, tendrán una dirección comprendida entre la normal y un ángulo no mayor 30° respecto a la normal del elemento.

En muros y pilares las juntas de hormigonado serán horizontales y ubicados 20 a 30 cm bajo las losas o vigas de piso o directamente sobre el nivel del piso.

En general, no podrán ejecutarse otras juntas de hormigonado que las indicadas en los planos de cálculo.

1.2.7 Juntas de expansión (dilatación)

Debe respetarse la ubicación y dimensiones de las juntas de dilatación o separaciones sísmicas entre los elementos estructurales o cuerpos de edificios indicados en los planos de cálculo.

Toda junta o separación debe permitir el libre desplazamiento entre elementos estructurales o cuerpos de edificios contiguos, no admitiéndose rellenos con materiales o elementos que al restringir las deformaciones, induzcan en los elementos estructurales esfuerzos no consultados en los cálculos.

Queda terminantemente prohibido el hormigonado directo contra moldajes de madera incluidos en las juntas o separaciones.

Todas las canalizaciones y tuberías que atraviesen juntas de dilatación o separación entre elementos estructurales o cuerpos de edificios, deberán consultar los dispositivos o disposiciones constructivas adecuadas que permitan el libre desplazamiento relativo de los extremos de la junta.

1.2.8 Sellos de agua

Los sellos para agua serán de goma, cloruro de polivinilo o neoprene de manufactura standard del fabricante, según plano de diseño, o de acuerdo a Especificaciones Técnicas Especiales.

La ubicación y tamaño de los sellos para agua será como se indica en los planos; la instalación se hará de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Deberá tenerse especial cuidado en asegurar la posición del sello previsto, utilizando elementos de sujeción que no dañen el sello tales como amarras a las armaduras.

En caso de no obtenerse el resultado esperado, por defecto de colocación, daño o destroz posterior, se deberá reemplazar o reparar los sellos afectados antes de proceder al hormigonado del sector colindante, bajo la aprobación de Metro o su representante.

2.3 Control de Hormigón

Metro o su representante controlará todas aquellas etapas de la ejecución de los hormigones que estime necesarias.

El plan de controles será establecido al comenzar la obra por el contratista, quien dará las informaciones y facilidades necesarias para su ejecución, sin que ello implique modificaciones de costo y plazo de las obras.

Independientemente de los controles efectuados, el Contratista deberá tener su propio control de calidad interno, que asegure un fiel cumplimiento de los requerimientos establecidos en la documentación técnica.

A. Control del cemento

Metro o su representante solicitará al Contratista controles periódicos del cemento con el objeto de verificar si éste cumple los requisitos especificados. Sus resultados prevalecerán sobre cualquier otro obtenido por un conducto diferente.

Estos deberán incluir como mínimo las siguientes determinaciones:

- a) Tiempo de fraguado (NCH 152 Of. 70)
- b) Resistencia a 3 y 7 días (NCH 158, Of. 67)

Metro o su representante analizará los resultados obtenidos y definirá en cada caso las medidas que deberá tomar el Contratista.

B. Control de los áridos

Metro o su representante solicitará al Contratista la toma de muestras de los agregados pétreos acopiados en las plantas para fabricación de hormigón, directamente desde el punto de carguío de las hormigoneras. Esta toma de muestras incluirá las cantidades especificadas en la Norma Chilena NCH 164 E Of. 76 y se efectuará con una frecuencia mínima de una muestra de cada tipo de agregado por semana.

Metro o su representante podrá ordenar que se ensayen en laboratorio autorizado, las muestras tomadas y los resultados obtenidos se utilizarán tanto para la calificación de los agregados como para la verificación de las dosificaciones de los hormigones. Con estos

resultados podrá rechazar aquellos áridos que no cumplan con las condiciones impuestas por la Norma Chilena NCH Of. 79.

C. Control del hormigón de obra

La clase de hormigón y su resistencia a los 28 días deberá cumplir lo requerido en los documentos técnicos.

El Contratista deberá proporcionar a Metro o su representante toda la información que ésta le solicite, así como las facilidades necesarias para no entorpecer la ejecución de los controles.

Estos controles incluirán como mínimo:

a) Medición del asentamiento de cono, según se indica en la NCH 1019 E Of. 74

Hormigón. Determinación de la docilidad. Método del asentamiento del cono de Abrams.

Si el asentamiento de cono excede en más de 5 cm del previsto al efectuar la dosificación del hormigón, éste no podrá ser utilizado en obra.

Si el asentamiento de cono excede en más de 2 cm pero no más de 5 cm al previsto, en tres medidas sucesivas, Metro o su representante rechazará el hormigón.

b) Determinación de la razón agua/cemento real

Si la razón agua/cemento excede en más de 0.05 a la teórica del hormigón, el Contratista deberá aumentar la dosis de cemento en la proporción necesaria para restablecer la razón agua/cemento teórica.

Adicionalmente, Metro o su representante podrá solicitar, la ejecución de los ensayos indicados en la NCH 1564 Of. 79. Determinación de la densidad aparente, del rendimiento del contenido de cemento y del contenido de aire del hormigón fresco y NCH 1565 Of. 79 - Hormigón. Determinación del índice esclerométrico.

c) Control de resistencia del hormigón

Se considerará como resistencia característica del hormigón colocado en obra la determinada mediante la expresión:

$$R_k = R - k_s$$

en la cual:

R_k = Resistencia característica del hormigón colocado en obra (kg/cm^2)

R = Resistencia media de las muestras tomadas (Kg/cm^2)

K = Factor establecido en las Especificaciones Especiales o determinado por la INSPECCION de acuerdo al siguiente criterio general:

- | | |
|---------------------------------------|--------|
| • Obras de hormigón en masa | : 0,84 |
| • Obras de hormigón simple corriente | : 0,84 |
| • Obras de hormigón armado no masivas | : 1,28 |

- (Obras sanitarias, obras menores)
- Obras de hormigón armado de importancia estructural (Túneles, ventilaciones, edificios, etc. : 1,64
- s = Desviación típica de las muestras tomadas en obra (kg/cm^2)
El valor " s " incluido en la expresión anterior deberá determinarse para un número de muestras no inferior a 10 y se calculará por la expresión:

$$s = \sqrt{\frac{\sum R_i^2 - nR^2}{n-1}}$$

siendo: n = número de muestras consideradas

R_i = Resistencia de la muestra de orden i , determinada según NCH 1037 Of. 77. Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas.

Según NCH Of. 77. Ensayo de tracción por flexión.

El criterio de la resistencia característica será aplicada a cada parte de la obra de una misma resistencia mínima especificada.

La resistencia de los hormigones se evaluará estadísticamente de acuerdo con el procedimiento de evaluación dado por la Norma NCh 1998 "Evaluación estadística de la resistencia mecánica" para la alternativa de un lote por parcialidades mediante grupos de muestras consecutivas.

En la eventualidad que no se cumpla los requisitos señalados por la Norma citada, se procederá como se indica:

- Si f_3 (media de tres muestras consecutivas) es menor que f_c (resistencia especificada) + k_1 (coeficiente a obtener de norma NCh 1998) y f_i (resistencia individual) mayor que la resistencia mínima individual, se procederá a realizar un descuento de acuerdo a lo indicado a continuación.
- Si f_3 mayor o igual a $f_c + k_1 = 0\%$ descuento
- Si f_3 igual a $f_c - k_2$ siendo k_2 (coeficiente a determinar de norma NCh 1998) = 30% descuento

Para el caso de los hormigones H30 tenemos:

- f_3 mayor o igual que $310 \text{ kg/cm}^2 = 0\%$ descuento
- f_3 igual a $275 \text{ kg/cm}^2 = 30\%$ descuento

Para determinar el porcentaje de descuento para resultados de f_3 que caigan dentro del rango ($f_c - k_2$ y $f_c + k_1$) se deberá extrapolar linealmente.

Para efectos de formar el listado de resistencias de un determinado tipo de hormigón, este se deberá preparar de acuerdo al número correlativo de los ensayos, no aceptándose modificar este orden para reducir los resultados defectuosos.

- Si f_i (resistencia individual) es menor que la resistencia mínima especificada $f_c - k_2$, este valor se excluye del cálculo de f_3 y se procede como indica la norma NCh 1998 en su punto A.4 Investigación de los resultados defectuosos.

Si resulta posible extraer testigos y las resistencias de ellos cumplen las condiciones señaladas en el punto a.4.3 de la Norma NCh 1998, se calcula f_3 con el promedio de los testigos.

Si la resistencia de los testigos es insatisfactoria, no se paga el hormigón representado por f_i , pudiéndose ordenar la demolición y reposición, o el refuerzo del sector afectado, de cargo del Contratista.

Con cada muestra de hormigón que se vaya a colocar en obra se prepararán 4 probetas, para ensayar una a 7 días y tres a 28 días.

La definición de que la cantidad de muestras tomadas no deberá ser en ningún caso inferior a una por cada 10 m^3 de hormigón fabricado, rige para el caso de que la planta de hormigonado sea de propiedad del Contratista de la obra. En caso de provenir de planta ajena se deberá tomar una muestra de cada camión mezclador.

En caso de elementos prefabricados se deberá tomar muestras cada 10 m^3 de hormigón colocado o si los elementos son de un volumen inferior a 10 m^3 se debe tomar una muestra por elemento. Metro o su representante podrá incluir muestras especiales de aquellas partes de obra que considere, a su juicio, necesario.

La toma de las muestras podrá variar la frecuencia indicada si, a su criterio, los valores obtenidos lo justifican, pero en ningún caso la cantidad de muestras tomadas será inferior a una cada 10 m^3 de hormigón fabricado.

La toma y tratamiento de las muestras se ejecutará en las condiciones estipuladas en las NCH siguientes:

- NCH 171 E Of. 75 Extracción de muestras del hormigón fresco
- NCH 1017 E Of. 75 Confección y curado en obra de probetas para ensayos de compresión y tracción.

d) Controles especiales

En todos aquellos casos en que, a su criterio, Metro o su representante considere que se han infringido las disposiciones establecidas en estas Especificaciones, produciendo un daño que afecte la seguridad de la obra, éste podrá exigir o efectuar directamente, controles especiales del hormigón en sitio.

- Ejecución de ensayos no destructivos mediante los elementos pertinentes (esclerómetro Schmidt, aparato de ultrasonidos, rayos X, etc.).
- Extracción de testigos para la ejecución de ensayos adecuados a la situación en estudio (resistencia, adherencia, permeabilidad, etc.).
- Otros ensayos definidos por Metro o su representante de acuerdo a las circunstancias particulares de cada caso.

Los resultados correspondientes serán analizados e interpretados por Metro o su representante, quien decidirá las medidas a tomar, las cuales podrán incluir la ejecución de refuerzos o incluso la demolición de las partes de obra afectadas.

Si los controles efectuados demostraren que la seguridad de la obra ha sido comprometida, tanto la ejecución de los ensayos como de las medidas a tomar serán de cargo del Contratista.

2.4 Curado del Hormigón

El curado y la protección del concreto fresco contra la pérdida de humedad se empezará inmediatamente después de terminado el vaciado, excepto cuando hayan sido modificadas por los requerimientos suplementarios o directivas siguientes:

El comienzo del curado de las superficies libres deberá empezarse tan pronto como haya sido terminado el hormigonado del elemento. En los paramentos moldeados, el curado se empezará tan pronto hayan sido retirados los moldes y a condición de que si utilizan moldes de madera, éstos permanezcan húmedos durante el período que estén en sitio.

El curado debe continuar por lo menos durante 7 días. En todo caso la duración del período de curado estará sujeta a aprobación de Metro.

El curado podrá efectuarse aplicando alguno de los sistemas que se indican a continuación, en las condiciones que se detallan.

A. Curado húmedo

Deberá asegurar la mantención continua de humedad en las superficies libres. El sistema de riego periódico sólo podrá aplicarse en obras menores y con la aprobación de la INSPECCION.

B. Curado mediante compuesto de sellado

Podrá ocuparse solamente en las superficies que no constituyan juntas de hormigonado, que no estén sometidas a tránsito o que se vean afectadas en su terminación arquitectónica.

Los compuestos de curado (membranas sellantes) podrán emplearse en pavimentos externos. Estarán excluidos en el caso de losas u otros elementos estructurales similares, que con posterioridad serán recubiertos por algún tipo de terminación de piso.

El compuesto sellante deberá ser provisto por un fabricante reconocido. Se deberá aplicar en el momento en que el hormigón se haya endurecido, de modo que ya no responda a un acabado con llana.

El compuesto deberá ser aplicado por aspersión. Al hacerlo, la mitad de la cantidad a aplicar en un área determinada se hará siguiendo el sentido definido por el movimiento del elemento aspersor. La otra mitad se aplicará en líneas perpendiculares a las anteriores. La cantidad a aplicar, dependerá de la textura de la superficie, pero deberá obtenerse una membrana continua de color.

La membrana deberá ser protegida de todo daño mecánico causado por tránsito y otro similar, por período mínimo de 28 días. En caso de dañarse deberá ser reparada. Se le podrá proteger por una capa de arena de al menos 3 cm de espesor. Esta no podrá ser colocada antes de las 24 horas después de haber sido aplicada la membrana.

La aplicación de un compuesto de sellado deberá ser aprobado por Metro o su representante y se efectuará conforme a las especificaciones del fabricante.

C. Curado mediante láminas impermeables

Se aplicará sólo al curado de superficies horizontales.

Deberán aplicarse previo humedecimiento de la superficie del hormigón, de manera que queden adheridas en toda su extensión.

Para impedir su desprendimiento deberán asegurarse con una capa continua de arena, tierra u otro material. Se mantendrá en sitio durante un período mínimo de 28 días.

2 REPARACION DE DESPERFECTOS

Todas las imperfecciones que presente el hormigón y que, a juicio de Metro o su representante afecte su seguridad estructural, durabilidad o aspecto estético, deberán ser reparadas.

Metro o su representante formulará sus observaciones en el Libro de Obra y señalará, en cada caso, el procedimiento de eventual reparación de los desperfectos que presentan las obras de hormigones u ordenará su demolición y reconstrucción con cargo al Contratista, en el caso en que se estime que los desperfectos son inaceptables. No se permitirá de ninguna manera la reparación de desperfectos en los hormigones, como nidos o vacíos, sin la previa revisión de Metro o su representante y sin que exista indicación escrita ordenándolo.

Las zonas por reparar deberán ser limpiadas y picadas cuidadosamente, eliminando todo trazo de material dañado. Se mantendrán húmedas por lo menos doce horas antes de efectuar la reparación, excepto en el caso de utilizar resinas epóxicas.

Deberá cuidarse especialmente de efectuar un buen curado de las zonas reparadas, aplicándose de preferencia un curado húmedo por un lapso mínimo de 28 días.

La colocación se efectuará de manera de obtener un buen relleno de la zona reparada.

La compactación deberá ser adecuada al tipo y volumen de material de reparación empleado, usándose de preferencia la vibración, cuando ello sea posible.

a) Reparaciones por reemplazo de hormigón

Se utilizarán para zonas dañadas que afecten a un volumen de hormigón superior a 30 x 30 cm x 10 cm. En este caso se procederá a retirar el hormigón dañado y a efectuar una reposición por hormigonado de la zona afectada. La forma de proceder en cada caso deberá ser aprobada por Metro o su representante.

b) Reparaciones mediante mortero seco

Se utilizará para reparación de perforaciones de una profundidad igual o mayor que el diámetro de ésta.

El mortero deberá tener una consistencia de tierra húmeda y se colocará en capas de 1 a 2 cm de espesor, las que se compactarán enérgicamente mediante maza y pisón de madera.

c) Mortero proyectado

Se empleará para la ejecución de parches superficies que no superen más de 5 cm de profundidad. Su ejecución deberá ser efectuada por personal especializado en este tipo de trabajos y con el equipo especial de aplicación del mortero proyectado.

d) Mortero epóxico

En reemplazo del mortero proyectado podrá utilizarse mortero epóxico, de acuerdo a una formulación de un fabricante de prestigio reconocido y aprobado por Metro o su representante. Este mortero se aplicará en forma de estuco, en las condiciones de estado superficial, temperatura y plazo de colocación que indique el fabricante.

e) Inyecciones

Se utilizarán para la reparación de grietas. El procedimiento se definirá en cada caso, debiendo ser aprobado previamente por Metro o su representante.

Las reparaciones podrán efectuarse utilizando materiales de tipo epóxico, en cuyo caso la formulación de las resinas deberá ser apropiado al tipo de reparación y se aplicará conforme a las instrucciones del fabricante.

3 MOLDAJES

3.1 Diseño

Antes de iniciar la fabricación de los moldajes, el Contrartista deberá presentar a Metro o su representante los detalles del diseño para su conocimiento.

Los moldajes se diseñarán de modo que soporten las presiones ejercidas por el concreto al ser colocado y vibrado y resistan las cargas debidas a operarios, pasadas, impacto, etc. Estos podrán ser de madera, madera aglomerada, madera terciada, plástico reforzado con fibra de vidrio o acero. No se aceptarán moldajes recubiertos con hojalatería o lámina de polietileno. Sólo se podrá emplear maderas cuya clase y calidad o cuyo tratamiento o recubrimiento garantice que no se producirán ataques químicos o cambio de colores en las superficies del concreto. Los moldajes deberán ser suficientemente estancos para impedir pérdidas de mortero del hormigón.

Los elementos de sujeción de los moldajes, que quedan embebidos en el concreto, se deberán diseñar de modo que no haya elementos metálicos a menos de 25 mm de la cara del moldaje.

Se deberá usar suficientes amarras y pernos para moldes, a unos pocos centímetros de las juntas de construcción, de forma tal que aseguren un buen ajuste con el concreto antiguo y que mantengan un contacto hermético durante la colocación del hormigón.

El empleo de alambre para la sujeción de moldajes está estrictamente prohibido. Su uso indebido dará lugar a la demolición del hormigón colocado en estas condiciones.

Cuando se emplean moldes reusables, éstos deberán mantener a través de todos los usos su resistencia, rigidez, estanqueidad y superficie perfectamente lisa.

Todos los moldajes se diseñarán y construirán con las contraflechas prescritas en los planos de detalle, o en su defecto con aquellos que aseguren el cumplimiento de las tolerancias de ejecución. Se hace especial hincapié en la necesidad de controlar la existencia de las contraflechas y el comportamiento de alzaprimas, en especial en aquellos elementos horizontales cuya ubicación puede ser conflictiva con el paso del tren de Metro (pantallas de ventilación, mesaninas, tímpanos, andenes, etc.).

La aprobación del diseño por parte de Metro no exime al Contratista de su responsabilidad en el resultado de los trabajos.

3.2 Ejecución

En los moldajes se dejarán insertados de acuerdo a los planos los elementos de anclaje o de instalaciones que deberán quedar incorporados o empotrados en la obra.

Las pasadas de conductores para la instalación eléctrica deberán cumplir con las exigencias que se señale en el capítulo respectivo de estas especificaciones.

Las planchas metálicas en contacto con el concreto deberán tener su superficie perfectamente lisa. No se permitirá el uso de planchas metálicas con abolladuras, o con zonas dobladas y otras imperfecciones. Las cabezas de los pernos deberán ser avellanadas.

Deberá obtenerse un buen ajuste de los moldes contra el hormigón ya endurecido, de modo de obtener juntas suaves y regulares, que cumplan con las tolerancias establecidas para cada tipo de obra.

Se deberá construir los moldes de vigas, nervios y dinteles, de manera que se pueda descimbrar los costados, sin afectar el fondo y sus soportes.

Los soportes deberán resistir el peso del concreto fresco y las otras cargas de construcción, sin deflexiones que sobrepasen las tolerancias que se especifican.

Los cantos vivos de vigas, losas, machones, muros y pilares, deberán achaflanarse, incorporando al moldaje, listones de madera cepillada de dimensión adecuada al caso.

3.3 Terminaciones de Superficies

El tipo de terminación salvo indicación contraria de los documentos antes citados, será definido de acuerdo a la nomenclatura que se indica a continuación, limitando las irregularidades progresivas y bruscas que presente la superficie, a los siguientes valores:

| TIPO DE TERMINACION | TIPO DE IRREGULARIDAD SUPERFICIAL | | CASOS TÍPICOS DE APLICACION |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------|--|
| | PROGRESIVAS (mm/1.50) | BRUSCAS (mm) | |
| T1 | 25 | 25 | Paramentos ocultos por rellenos que no quedan a la vista |
| T2 | 15 | 6 | Paramentos poco visibles |
| T3 | 6 | 3 | Paramentos a la vista con buena terminación |
| T4 | 3 | 0 | Superficies de radier bajo andenes y superficies que llevan impermeabilización tipo J. |

Las tolerancias progresivas corresponden a las irregularidades suaves presentes en la superficie. La tolerancia se establecerá midiendo con una regla de 1.50 m de longitud, aplicada sobre la superficie en cualquier dirección.

Las tolerancias bruscas corresponden a resaltos y escalones existentes en la superficie. La tolerancia se aplicará midiendo directamente la pared del escalón.

Se consideran irregularidades bruscas, las salientes y rebarbas causadas por desplazamientos, mala colocación o ajuste de los moldajes, nudos desprendidos y otros defectos similares.

El revestimiento de los moldajes deberán cumplir los siguientes requisitos, para cada terminación de la superficie que se indica.

- Terminación T1

La terminación T1 se usará en superficies moldeadas que serán cubiertas por material de relleno o concreto. La corrección de las irregularidades de superficies sólo será necesaria cuando sean mayores de 25 mm.

La madera en contacto con el hormigón podrá ser en bruto.

- Terminación T2

La terminación T2 se usará en superficies que queden a la vista requiriendo una apariencia razonable atractiva.

Los moldes deberán estar constituidos por madera machiembrada o plancha metálica. La madera deberá ser cepillada. Las planchas metálicas serán lisas y sin abolladuras. El tamaño de los elementos en contacto con el hormigón debe ser uniforme.

- Terminación T3 y T4

Donde se especifique terminación T3 y T4 sólo podrán utilizarse moldajes cuya superficie de contacto sea plancha de madera terciada o metálica.

3.4 Tolerancias

Las dimensiones especificadas para el elemento de hormigón deberán cumplir con la tolerancia límites que se indican:

a) Variación en la verticalidad

- En 3 m de altura = 0.6 cm
- En 6 m de altura = 1.0 cm
- Sobre 12 m de altura = 2.0 cm

b) Variación en la horizontalidad

- Para vanos del orden de 6 m = 1.2 cm

c) Variación de la sección en vigas y pilares

- Hacia adentro de la sección teórica = 0.6 cm
- Hacia afuera de la sección teórica = 1.2 cm

d) Variación de la sección en fundaciones

- Hacia adentro = 1.5 cm
- Hacia afuera = 3.0 cm

3.5 Moldajes deslizantes

Todo el diseño del moldaje, cantidad y ubicación de gatas hidráulicas, cantidad y ubicación de bombas de aceite, disposición de andamios colgantes, escaleras de acceso, barras de trepado, plataforma de trabajo, soportes de enfierradura, iluminación, sistema de elevación, distribución y vibrado del hormigón, velocidad de elevación, platabado del muro, corrección del plomo, etc., deberá ser presentado a Metro o su representante con la debida anticipación, ya que no se autorizará el empleo de ellos mientras el CONTRATISTA no cuente con la aprobación de éstos. Además el diseño de estos moldajes se hará en conformidad con las recomendaciones de ACI 347.

3.6 Varios

Deberán contemplarse ventanillas en las partes inferiores para facilitar la limpieza de las juntas de construcción.

Los cortes en tierra podrán ser usados como moldajes para superficies verticales cuando sean aprobados y siempre que: se suministre un mínimo de 2.5 cm adicional de cobertura de concreto, la excavación cumpla con las leyes y reglamentaciones que las controlan y que la superficie resultante no quede expuesta a la vista.

Se deberá aplicar a los moldajes un compuesto que impida su adherencia al concreto. Este compuesto consistirá en un aceite mineral y otro líquido aprobado, que no manche y que evite que el concreto se pegue al moldaje. Este compuesto deberá aplicarse antes de colocar los moldajes.

Todos los materiales y trabajos cubiertos por la presente especificación estarán sujetos a revisión por parte de Metro o su representante.

En particular, sin que ello signifique limitación, o releve de su responsabilidad al Contratista, Metro deberá conocer y eventualmente aprobar:

- Diseño de los moldajes a usar
- Diseño de elementos de ajuste y desmoldaje
- Diseños de alzaprimas
- Diseño de cuñas y facilidades para su regulación
- Elementos de sujeción

- Contraflechas y su control
- Desmoldantes.

3.7 RETIRO DE MOLDAJES

El retiro de los moldajes deberá efectuarse una vez que el hormigón esté suficientemente endurecido. En ningún caso se iniciará el retiro de moldajes hasta que la resistencia del hormigón haya alcanzado como mínimo un valor doble del necesario para soportar las tensiones que aparecen en la estructura en el momento del descimbre.

Se recomiendan en general los siguientes plazos mínimos antes de descimbrar:

| ELEMENTOS | CEMENTO NORMAL (días) | CEMENTO ALTA RESISTENCIA (días) |
|------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Muros | 3 | 2 |
| Pilares | 8 | 4 |
| Losas | 15 | 7 |
| Vigas | | |
| a) Lado lateral | 3 | 2 |
| b) Lado inferior | 28 | 15 |

Los valores anteriores deben ser aumentados en el número de días en que se haya producido temperatura iguales o inferiores a + 4°C durante y después del hormigonado.

Los pilares deberán descimbrarse antes que las losas y vigas.

Los apoyos de los moldes de vigas, losas, deberán retirarse por medio de dispositivos que eviten choques o fuertes vibraciones.

Deberá tomarse la precaución de rellenar con mortero seco todo el hueco dejado por pernos utilizados en la colocación de moldajes.

No se permitirá la eliminación de los moldes de madera por quemado de éstos.

4 INSERTOS

Los refuerzos e insertos estarán sujetos a aprobación en terreno, previamente a la colocación del concreto.

En el momento de vaciar el hormigón los refuerzos y las porciones de los insertos que irán embutidos en el concreto deberán estar libres de aceite, tierra, polvo, escamas sueltas, chapa de laminación, óxido y mortero suelto.

Los dobleces de la enfierradura que sobresalgan del hormigón ya fraguado, deberán ser sometidos a aprobación y cualquier daño causado a los refuerzos o a los concretos mismos, por ellos, será corregido de una manera aprobada por Metro.

Las intersecciones entre las barras de refuerzos deberán ser amarradas en forma segura y sostenidas en su lugar durante la operación de vaciado del hormigón.

Todos los insertos, incluyendo: pernos de anclaje, manguitos, desagües, ángulos de refuerzo, marcos de puerta, conductos y cajas de paso, elementos para las juntas de expansión y sellos para agua, como se muestran en los planos de diseño, deberán ser ubicados con precisión y anclados con seguridad en sus lugares. Deberá disponerse suficiente tiempo para su inspección antes del vaciado del hormigón.

Los pernos de anclaje se asegurarán mediante una plantilla aprobada y ubicada a la elevación aproximada de la futura placa base.

Las soldaduras de cualquier clase sobre las enfierraduras o partes embutidas deberán estar sujetas a aprobación. Cuando las soldaduras sean aprobadas se ejecutarán en concordancia con AWS D 1.4-79.

Las barras de refuerzo se deberán colocar en su posición en estricto cumplimiento con los planos y se deberán fijar adecuadamente mediante amarras con alambre de fierro recocido Nº 18 y sujetarse por medio de separadores, mortero, soportes metálicos y otros dispositivos adecuados.

5 GROUTEADO DE BASES Y PLACAS DE APOYO

Las bases de máquina y equipos, las placas de apoyo estructural y otros que requieran grouting serán rellenados después que el montaje y nivelación, hayan sido completados. La superficie resultante deberá estar libre de aceite, grasa, polvo, partículas.

Las láminas y cuñas de nivelación temporales destinadas a ser retiradas después de que el grouting se haya endurecido, se cubrirán de una delgada capa de grasa para facilitar su remoción.

Antes de empezar el grouting, debe remojar la superficie del concreto con agua durante un mínimo de seis horas. Inmediatamente antes de empezar el relleno, toda el agua sobrante, que haya permanecido en la superficie, será removida. En tiempo frío se tomarán precauciones para asegurar que el concreto permanezca libre de escarcha o hielo.

Los procedimientos de grouting empleados deberán asegurar su colocación en la totalidad de la superficie de la base o placa de apoyo, evitando la formación de bolsas de aire o vacíos. Los métodos de grouting estarán sujetos a aprobación previa por parte de Metro.

El grout empleado será mortero estándar de cemento-arena o grout sin contracción según se indique en cada caso.

El mortero estándar estará compuesto de: una parte de cemento Portland y dos partes de arena para concreto bien graduada, en volumen, cuidadosamente revuelto con la justa cantidad de agua para producir una mezcla de suficiente consistencia para ser apisonada en su sitio por método de compactación en seco. El grout fresco recién colocado será protegido y fraguado de la misma manera que para el concreto.

El grout libre de contracción deberá ser un producto premezclado de fabricación estándar aprobado o un producto mezclado en obra que utilice algún agregado expandible de fabricación estándar. El grout será mezclado, colocado y fraguado en conformidad con las instrucciones del fabricante del grout o del agregado. El material de grout deberá ser un producto que no manche y apropiado para el propósito.

6 INSPECCION DE HORMIGONES Y MOLDAJES

Sin que ello signifique limitación o relevo de su responsabilidad al Contratista, Metro o su representante deberá aprobar:

1. Control de las proporciones de las mezclas para el hormigón.
2. Inspección de las plantas y equipos para confeccionar el hormigón.
3. Inspección, ensayos y aprobación de los materiales.
4. Inspección de los moldajes, lo que deberá incluir:
 - Diseño del moldaje
 - Diseño del alzaprimado
 - Elemento de sujeción
 - Compuestos desmoldantes
 - Composición y modulación de los tableros en caso de hormigones a la vista en los distintos ambientes con indicación expresa de los detalles de canterías que disimulen las juntas de tablero y construcción.
5. Inspección de la colocación de armaduras.
6. Inspección de los soportes y andamios.
7. Inspección de los equipos para colocar hormigón.
8. Inspección de la colocación del hormigón, consolidación, terminación.
9. Inspección de las juntas de hormigonado y de trabajo.
10. Inspección de la reparación de hormigones defectuosos.
11. Inspección del retiro de moldajes.
12. Preparación de los ensayos de resistencia del hormigón.
13. Preparación de informes diarios y mensuales de todos los ítem.