

297
80



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

SOLUCION A LA INTERFERENCIA DE UN
COLECTOR CON LA LINEA 5 DEL METRO.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :
ADIEL HERNANDEZ CASTILLO

MEXICO, D.F.

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional
Autónoma

FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-22

Al Pasante señor ADIEL HERNANDEZ CASTILLO,
P r e s e n t e .

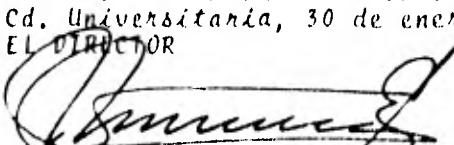
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Ernesto R. Mendoza Sánchez, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"SOLUCION A LA INTERFERENCIA DE UN COLECTOR
CON LA LINEA 5 DEL METRO"

- I. Introducción.
- II. Proyecto.
- III. Descripción de los procesos constructivos.
- IV. Operación del desvulo.
- V. Conclusiones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 30 de enero de 1961
EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

JJE/OB114/201

"SOLUCION A LA INTERFERENCIA DE UN COLECTOR CON LA LINEA 5
DEL METRO".

I N D I C E.

I INTRODUCCION.

- I.1 Antecedentes.
- I.1.1 Trazo de la Línea 5 del Metro.
- I.1.2 Sistema de drenaje y agua potable.

II PROYECTO.

- II.1 Pozos de visita.

III DESCRIPCION DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS.

- III.1 Excavación y tendido de tubería a cielo abierto.
- III.1.1 Excavación.
- III.1.2 Ademe y apuntalamiento.
- III.1.3 Plantilla.
- III.1.4 Tendido de la tubería.
- III.1.5 Acostillado y relleno.
- III.1.6 Repavimentación.
- III.1.7 Cajas pozo.
- III.2 Tubo hincado.
- III.2.1 Cajas de disparo.
- III.2.1.A Excavación, ademe y apuntalamiento.
- III.2.1.B Plantilla y losa de piso.
- III.2.1.C Muros estructurales.
- III.2.1.D Relleno.
- III.2.1.E Losa de techo.
- III.2.2 Tubo hincado.
- III.2.2.A Características generales del tubo.

- III.2.2.B Proceso de hincado.
- III.2.2.C Revestimiento definitivo.
- III.2.2.D Unión entre tubo de acero hincado y tubo de concreto tendido a cielo abierto.
- III.3 Cajas de conexión y cajas de deflexión.
- III.3.1 Cajas con adomado de tablonos y viguetas.
- III.3.1.A Excavación y apuntalamiento.
- III.3.1.B Plantilla y losa de piso.
- III.3.1.C Muros estructurales.
- III.3.1.D Losa de techo y relleno.
- III.3.2 Cajas con muros tablostaca ó Milán.
- III.3.2.A Construcción de los muros Milán.
- III.3.2.B Excavación y apuntalamiento.
- III.3.2.C Plantilla y losa de piso.
- III.3.2.D Muros estructurales.
- III.3.2.E Losa superior y relleno.

IV OPERACION DEL DESVIO.

- IV.1 Inspección ocular.
- IV.2 Ruptura de los tapones.
- IV.3 Puesta en operación del desvío.

V CONCLUSIONES.

I. INTRODUCCION.

En la realización de una obra de Ingeniería Civil de grandes proporciones, es indispensable contar con el espacio libre suficiente para construirla. Cuando esta obra se localiza en una zona urbana como el Distrito Federal frecuentemente se presentan problemas para lograr la disponibilidad del espacio anteriormente mencionado.

El caso de la construcción de la Línea 5 del Metro sobre la Avenida Río Consulado no fué la excepción, presentándose en algunos tramos problemas de interferencia con colectores de aguas negras en funcionamiento, entre otras instalaciones de servicios municipales.

Representa un ejemplo de lo anterior el tramo Inguarán --- Gran Canal, contando con los siguientes:

I.1 ANTECEDENTES.

Entre los principales antecedentes a consignar, se encuentra:

I.1.1 Trazo de la Línea 5 del Metro.

El trazo de la Línea 5 en el tramo comprendido entre Inguar

rán y Gran Canal se presenta en el plano T.1 que se anexa a continuación.

Como puede observarse en tal plano, el Eje del Metro es el mismo de la Avenida, aún cuando no es posible ajustarse totalmente a él en el caso de algunas curvas horizontales debido a requerimientos para transitar propios del vehículo en cuestión.

En el tramo indicado sobre la Avenida Río Consulado se ubican 2 Estaciones:

- a) Eduardo Molina a la altura de la Calle Grabados.
- b) Consulado, Estación de Correspondencia con Línea 4, unos metros al Oriente de la Avenida Inguarán.

Dichas Estaciones se dividen en dos aspectos bien definidos:

- i) Cuerpo de la Estación.
- ii) Accesos.

Ambas partes cuentan con instalaciones subterráneas, la primera aloja las taquillas, vestíbulos, andenes, locales técnicos, etc. mientras que la segunda se encarga de mantener la comunicación con las obras Norte y Sur haciendo posible la entra

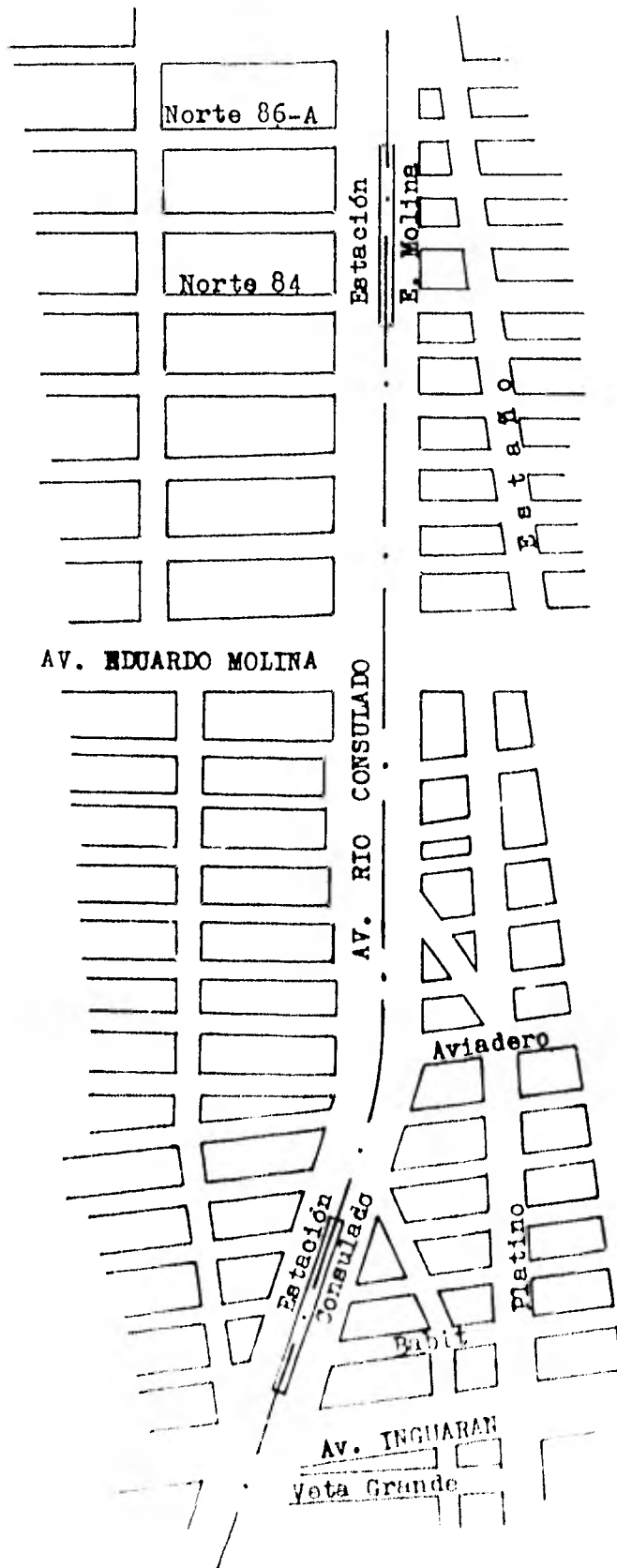


Fig. I.1 Trazo de la Línea 5 del Metro, en el tramo comprendido entre las Estaciones Eduardo Molina y Consulado.

da y salida de pasajeros a la Estación.

Por otro lado, es decisiva la interferencia que representa la construcción de un paso deprimido para las vialidades Oriente y Poniente de la Avenida Inguarán en sus sentidos de circulación Norte-Sur y viceversa, en su cruce con la Avenida Río Consulado.

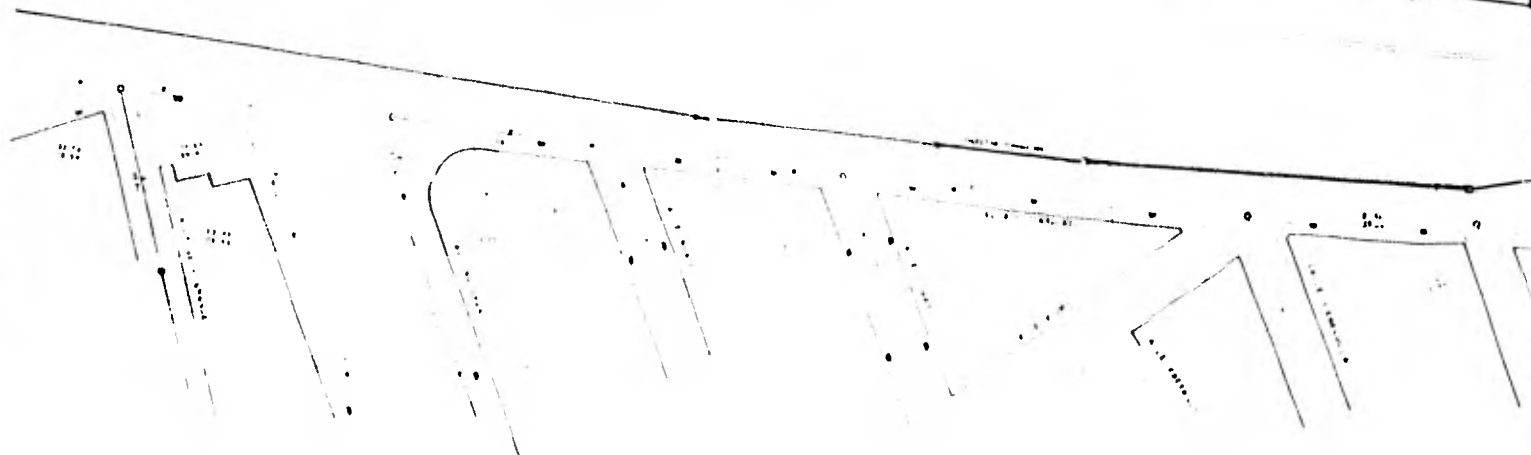
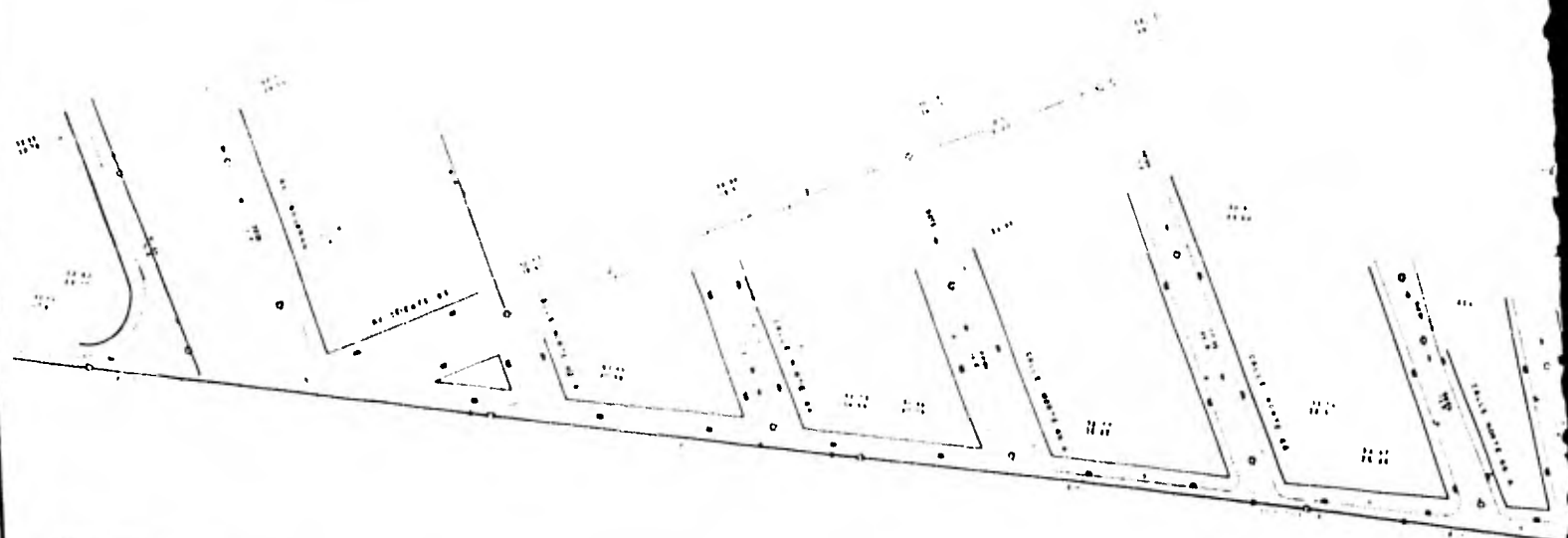
I.1.2 Sistema de Drenaje y Agua Potable.

El sistema de drenaje y agua potable sobre la Avenida Río Consulado en el tramo comprendido entre la Avenida Inguarán y - el Gran Canal se muestra en los planos I.2 y I.3 que se anexan a continuación.

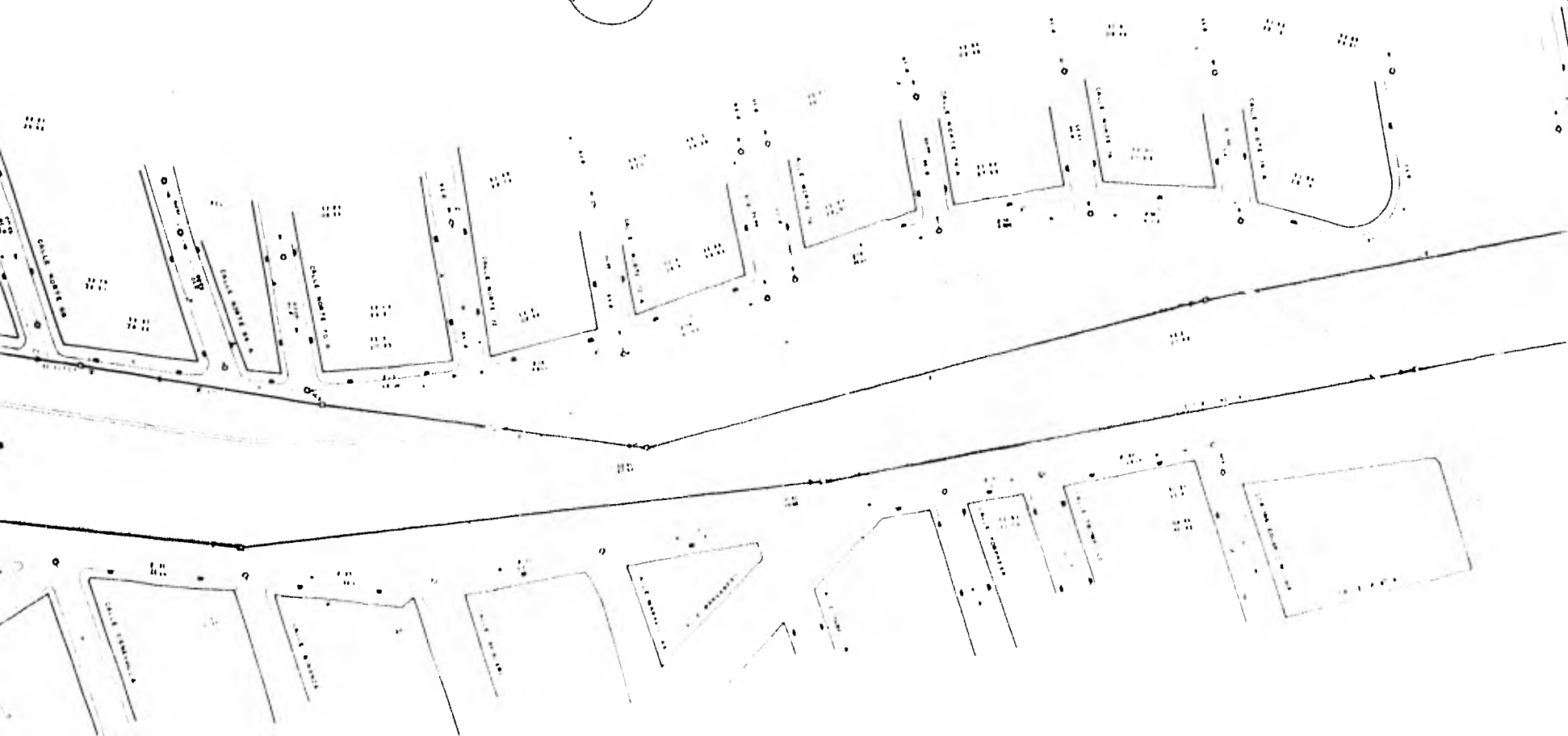
El sistema de drenaje se compone de los Colectores 9 y Consulado, mismos que corren paralelamente hasta descargar al Gran Canal.

En su recorrido van recolectando las aportaciones de aguas negras de las colonias Río Blanco, Malincho, Veinte de Noviembre y Felipe Angeles.

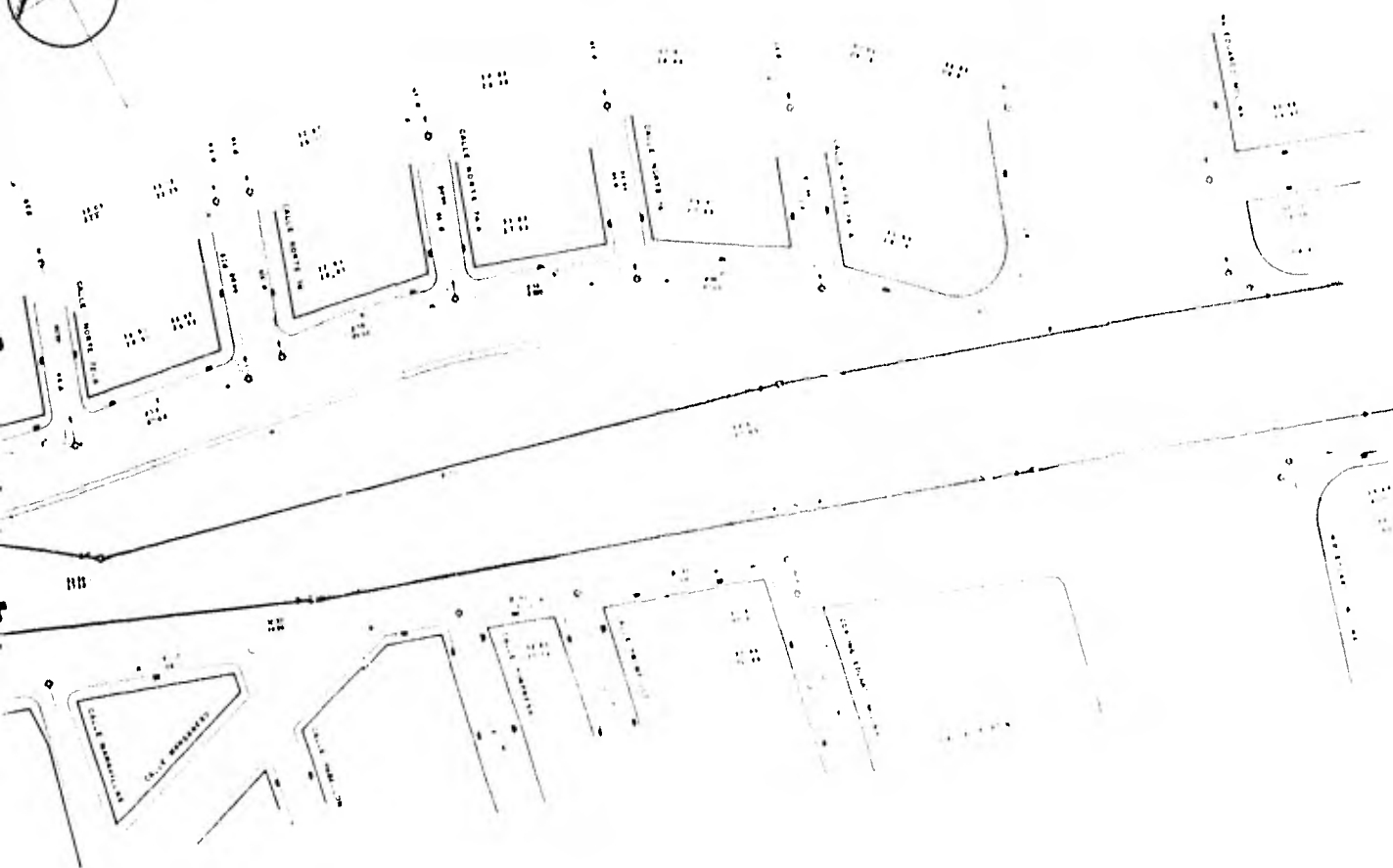
Por otro lado, representa una aportación importante la descarga del Colector 9 Sur en el Colector Consulado a la altura - de la calle Manganeso.



LEWIS & CLARK

[illegible][illegible]

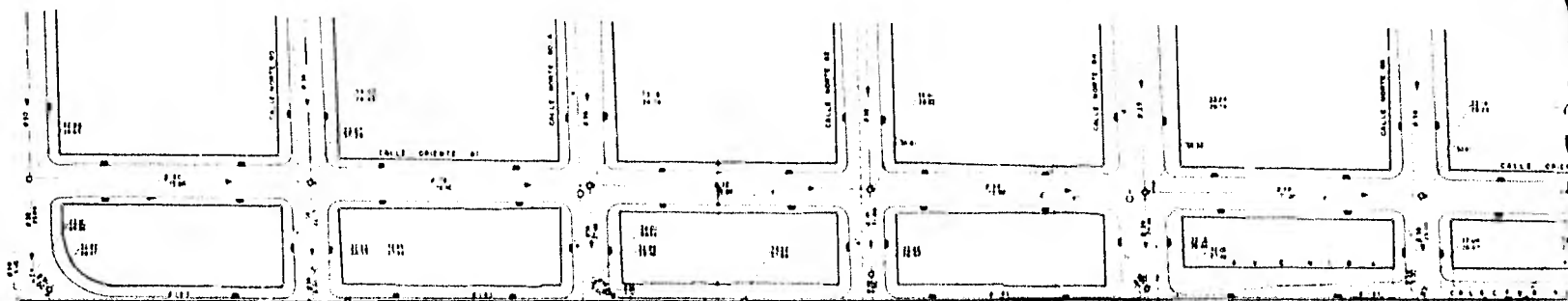
4

[illegible][illegible][illegible]

© 2006 The Authors
Journal compilation © 2006 Blackwell Publishing Ltd

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840. 84

U N A M

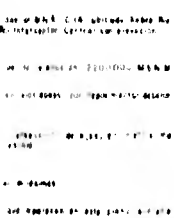




S I M B O L O G I A

$$\begin{aligned}
 & \text{for } i = 1 \text{ to } n \\
 & \quad \text{for } j = 1 \text{ to } n \\
 & \quad \quad \text{if } A[i, j] = 0 \text{ then } B[i, j] = 1 \\
 & \quad \quad \text{else } B[i, j] = 0 \\
 & \quad \text{end for } j \\
 & \text{end for } i
 \end{aligned}$$

2025 RELEASE UNDER E.O. 14176

[illegible]

700

[illegible]

U N A M

Por lo que respecta al Sistema de Agua Potable, se observa en los planos anteriormente citados su estructuración, misma -- que consiste en una red de tuberías alimentadoras de 12" ø que abastece a las colonias ya señaladas por medio de tuberías de -- 6" ø y de 4" ø a las que se encuentran conectadas las tomas domiciliarias.

II. PROYECTO.

La solución adoptada para liberar el tramo Inguarán - Gran Canal de la interferencia que representa la ubicación de los Colectores 9 y 9 Sur en la construcción de la Línea 5 del Metro - consiste en un DESVIO de los mencionados colectores por calles aledañas a las de su ubicación original.

Con el fin de facilitar la descripción del Proyecto, el Desvío de los Colectores se puede dividir en tres zonas, a saber:

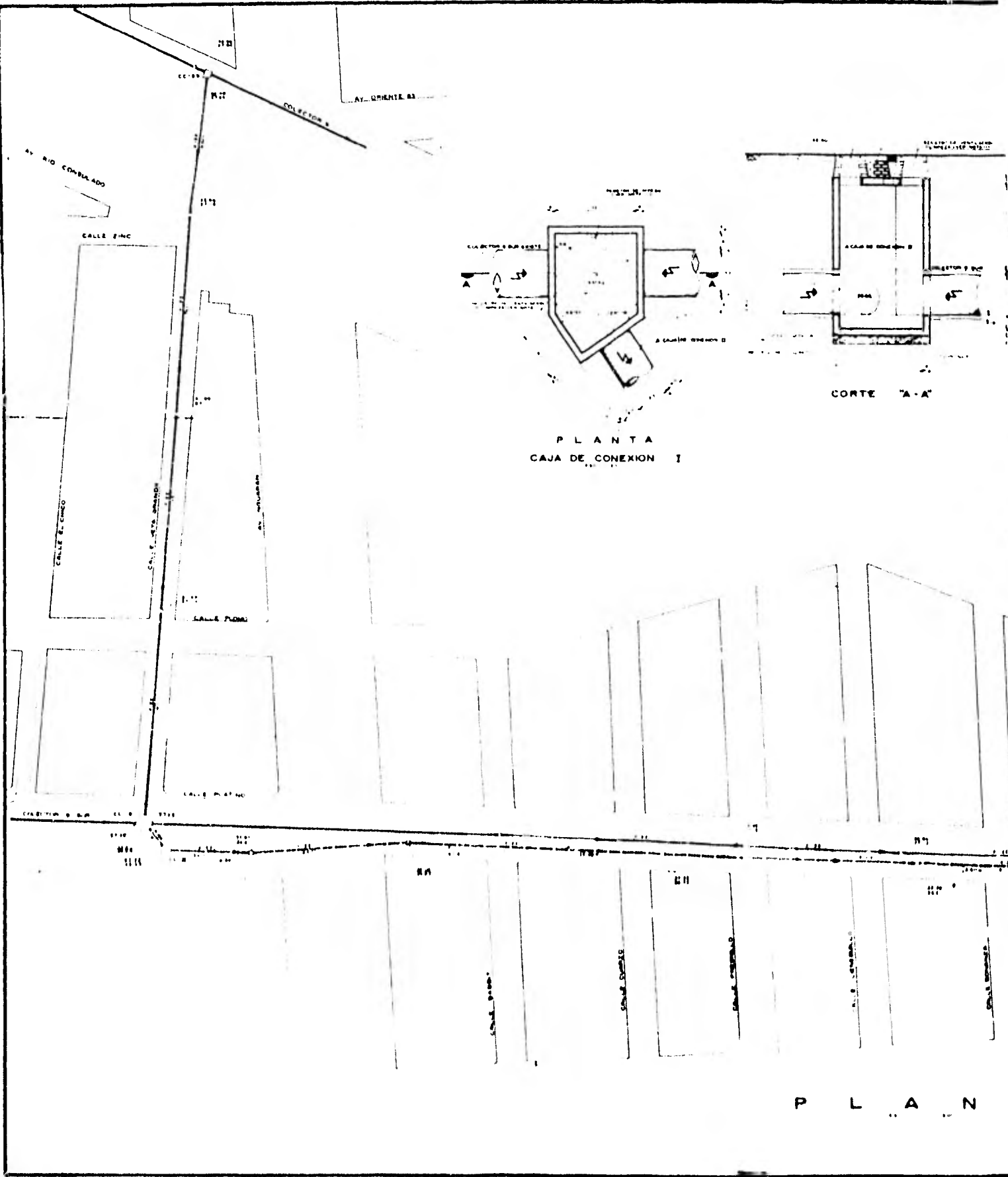
i) Veta Grande.

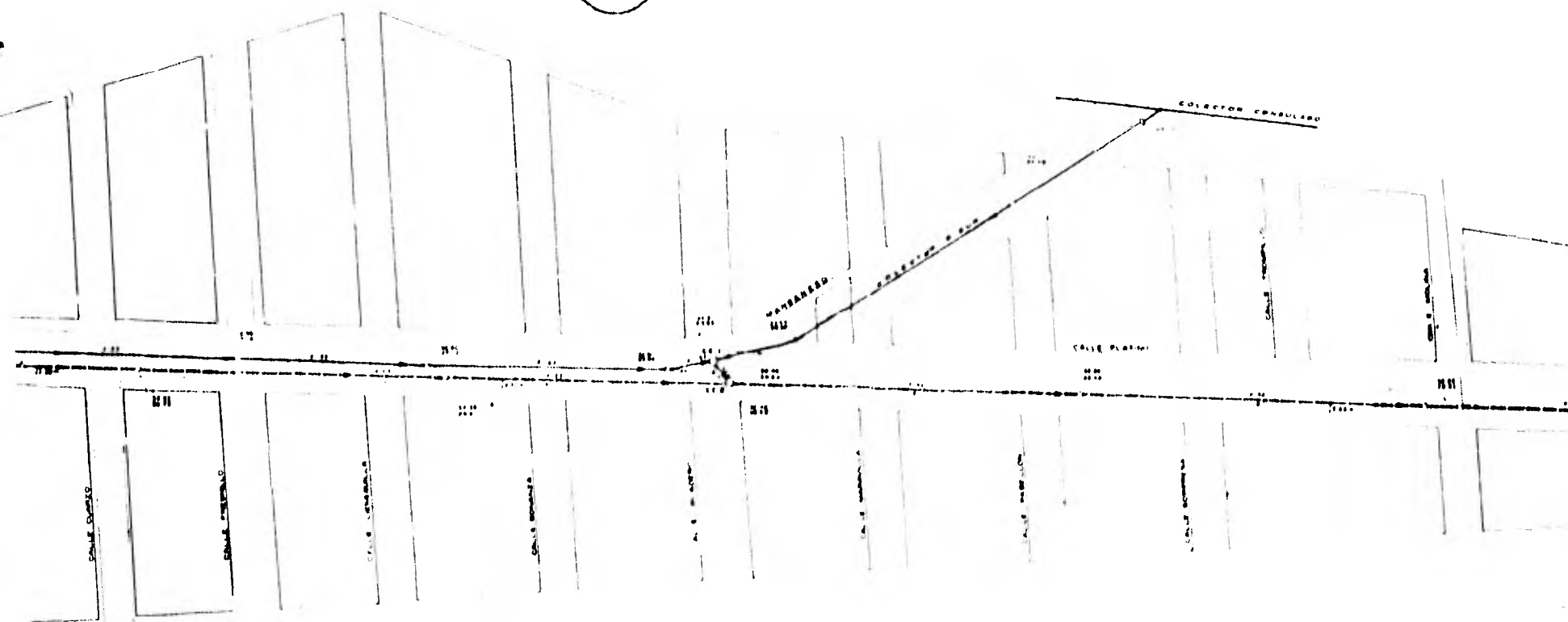
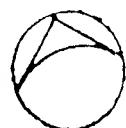
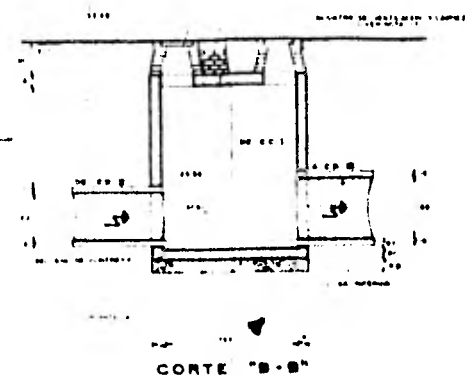
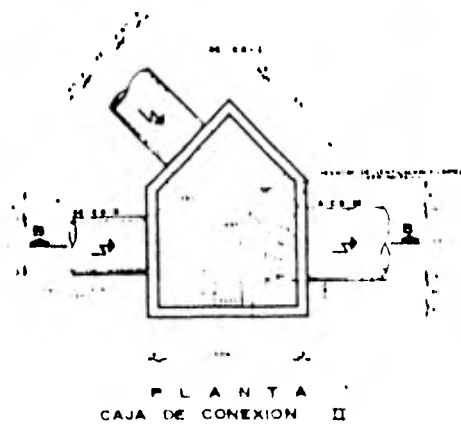
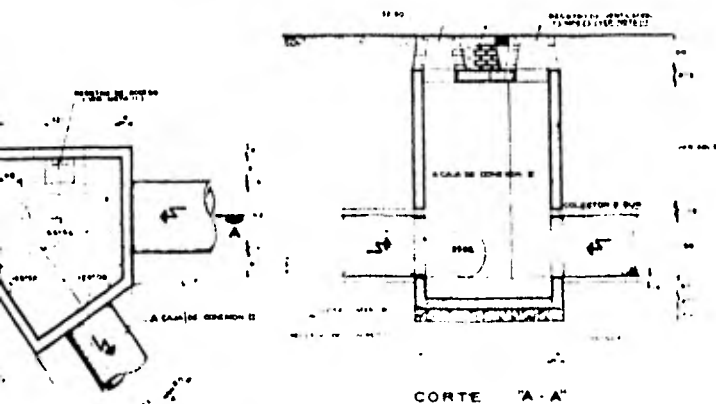
ii) Platino.

iii) Estafío.

i) Veta Grande.

Como es posible observar en el plano II.1 anexo, el punto inicial del Desvío ó conexión del Colector 9 con el Colector de Desvío se localiza en la Avenida Río Consulado a la altura de la Calle Veta Grande. El encauzamiento de las aguas negras a su nuevo curso se logra mediante la Caja de Conexión CC-25 ahí ubicada, cambiando el sentido de escurrimiento hacia el Sur por la citada calle.





En esta zona el diámetro interior del colector es de 1.22m y tras salvar una distancia de 284 m con una pendiente de 1 al millar, se localiza la Caja de Conexión CC21 en el cruce de la Calle Veta Grande con la Calle Platino.

Este tramo cuenta con tres pozos de visita del tipo Caja - Pozo, dotados de brocal con tapa móvil de fierro fundido y escaleras del mismo material, con el objeto de poder facilitar el acceso a su interior.

ii) Platino.

En la caja de Conexión 21 se realiza el primero de los dos contactos del Colector 9 Sur con el Colector de Desvío, como puede observarse en el Plano II.1, logrando con la Caja de Deflexión CDII el cambio de rumbo en el sentido de escurrimiento sobre la calle Platino.

Trescientos noventa metros al Oriente de la Caja de Deflexión CDII se localiza la zona del segundo contacto del Colector 9 Sur con el Colector de Desvío a través de dos cajas de conexión paralelas, que son:

- la Caja de Conexión CCI sobre el Colector 9 Sur, incluyendo la construcción de un tapón para encauzar el flujo hacia:

- La Caja de Conexión CCII ubicada sobre el Colector de Desvío.

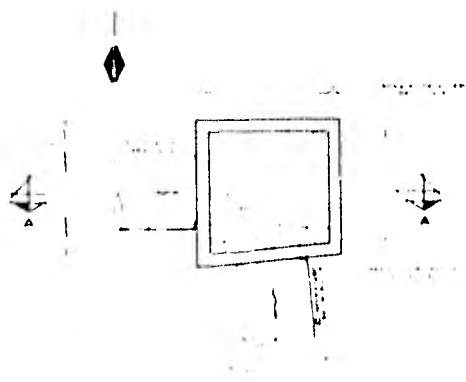
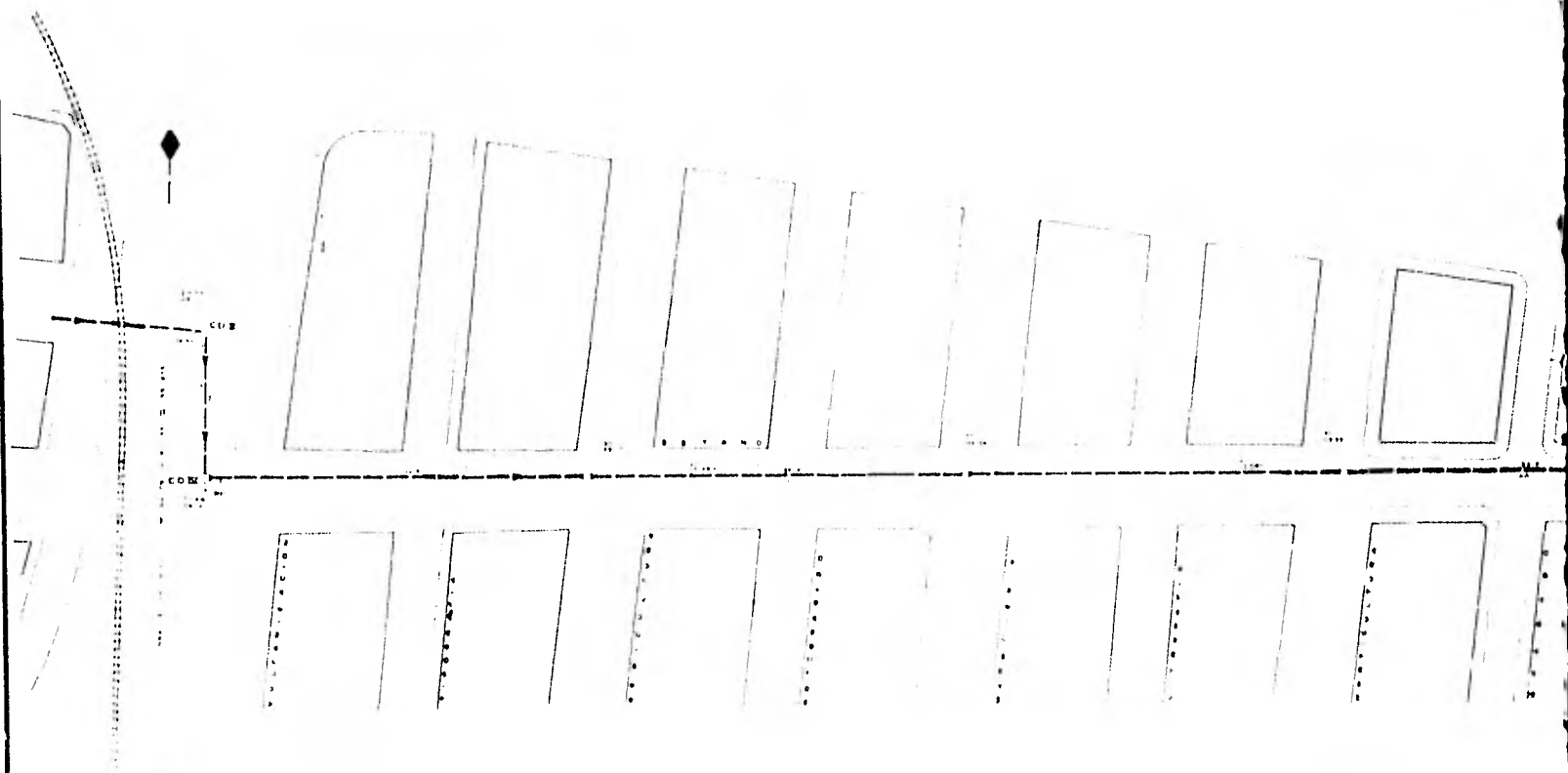
En el tramo CC21 - CCII el diámetro interior del colector es de 1.22 m y se tiende con una pendiente de 1 al millar, construyendo además 4 pozos de visita. Continuando hacia el Oriente, el diámetro interior del colector cambia a 1.52 m y la pendiente de proyecto a 1.1 al millar.

Trescientos treinta metros adelante se ubica la Caja de Deflexión CDIII en el camellón de la Avenida Eduardo Molina, misma que sirve como Caja de Disparo para la colocación de los tramos de tubería por medio de Hincado de Ademe de acero y que conforman el colector para lograr el cruce de la mencionada Avenida.

De igual modo funciona la Caja de Deflexión CDIV ubicada - 36 metros al Sur de la anterior Caja de Deflexión y que nos permite cruzar la vialidad Sur - Norte de la Avenida E. Molina hacia el Oriente por la calle Estafío.

iii) Estafío.

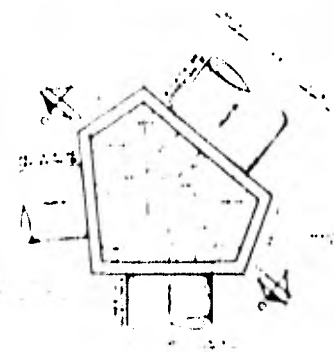
Sobre la calle Estafío el colector recorre 583.00 m utilizando tubería con un diámetro interior de 1.52 m y pendiente de 1.1 al millar, además de la construcción de 5 pozos de visita. (Plano II.2).



PLANTA



PLANTA

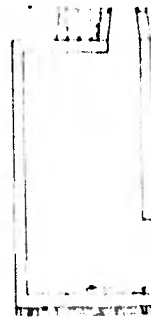


PLANTA



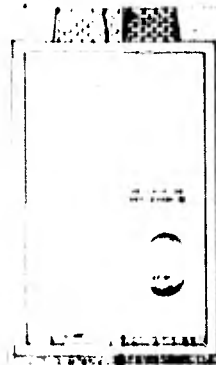
MT 1 A B

CASA DE DEFLEXION III



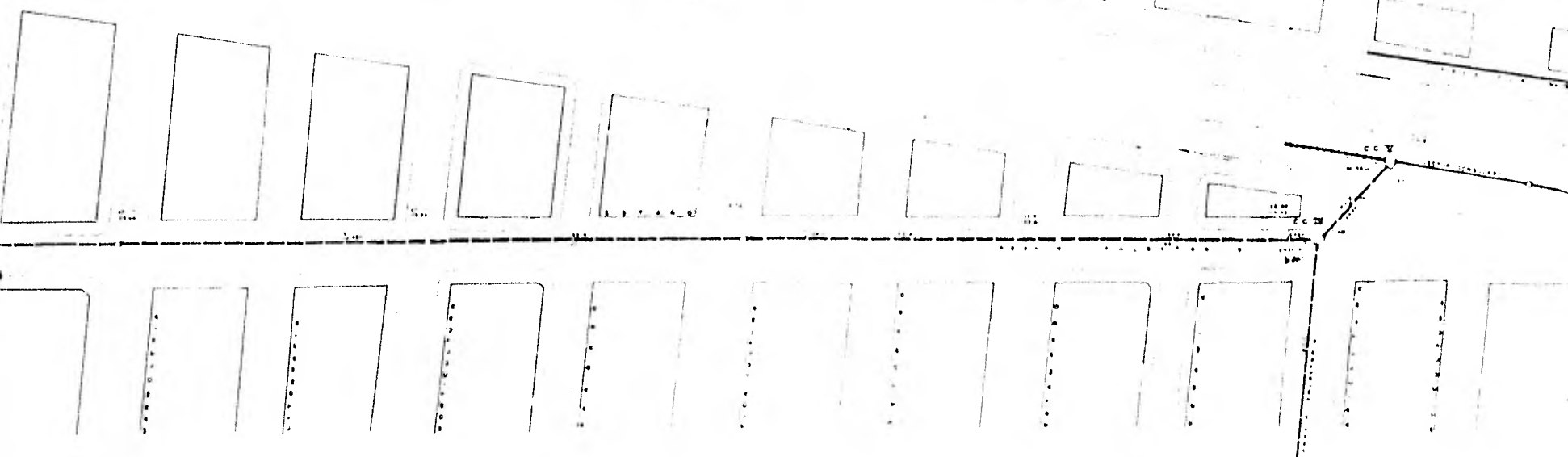
MT 2 B B

CASA DE DEFLEXION IV

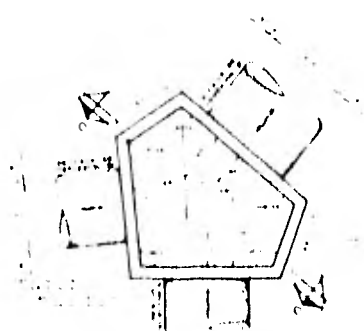


MT 3 C C

CONEXION IV



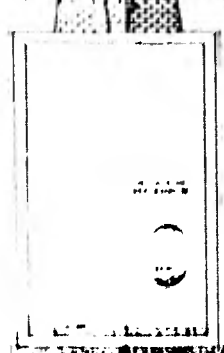
ANTA



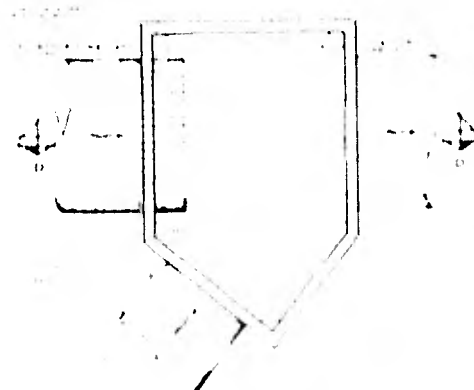
PLANTA



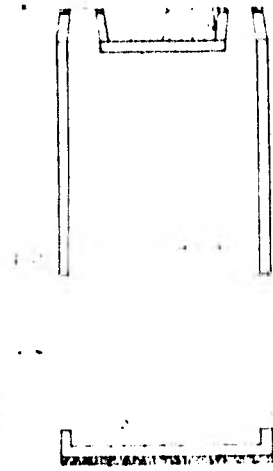
B B
FLEXION IV



HTL C
CONEXION IV

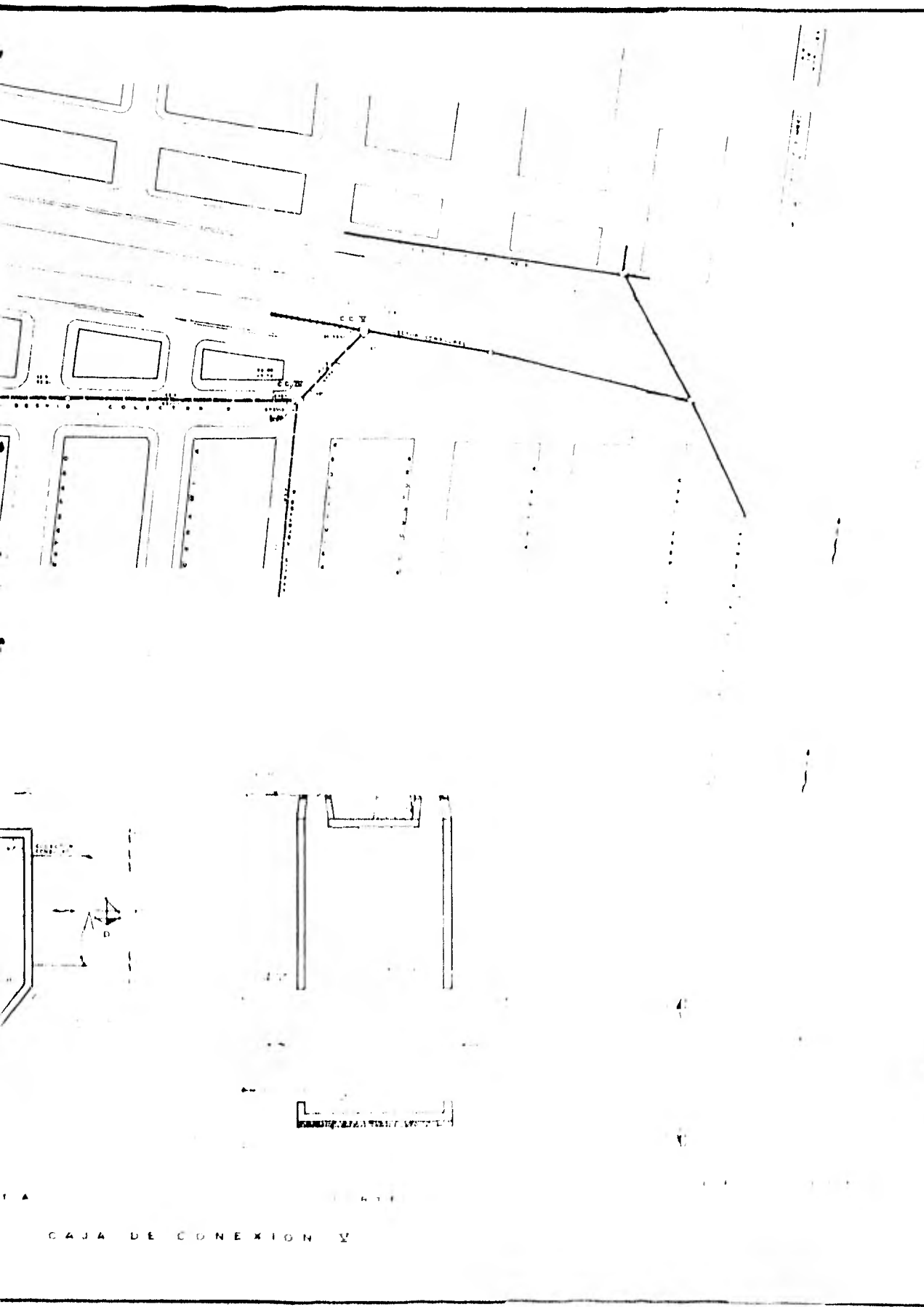


PLANTA

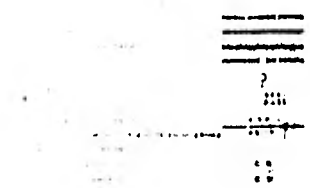


PLANTA

CONEXION V



SIMBOLOGIA



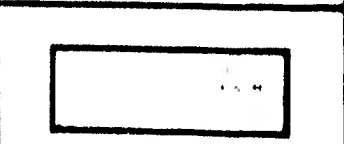
NOTAS

1. VER PLAN DE DISTRIBUCION DE CARGAS.
2. VER PLAN DE DISTRIBUCION DE CARGAS.
3. VER PLAN DE DISTRIBUCION DE CARGAS.
4. VER PLAN DE DISTRIBUCION DE CARGAS.
5. VER PLAN DE DISTRIBUCION DE CARGAS.
6. VER PLAN DE DISTRIBUCION DE CARGAS.
7. VER PLAN DE DISTRIBUCION DE CARGAS.
8. VER PLAN DE DISTRIBUCION DE CARGAS.
9. VER PLAN DE DISTRIBUCION DE CARGAS.
10. VER PLAN DE DISTRIBUCION DE CARGAS.

PROFESOR DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
AL C. EDUARDO FZ CASTILLO

PLAN NO. 112



U N A M

CAJA DE CONEXION V

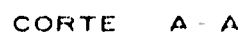
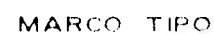
En el cruce de la calle Estañó con Apioultura se ubica la Caja de Conexión CCIV, con la que se logra la incorporación del flujo del Colector 5 que viene sobre la calle de Apioultura al de los Colectores 9 y 9 Sur.

Con un tramo de 34.56 m tendidos con una pendiente de 1.1 al millar y tubería con un diámetro interior de 2.13 m, se une el Colector de Desvío en la Caja de Conexión CCV al Colector -- Consulado, señalando el final del Desvío de los Colectores 9 y 9 sur.

II.1 CAJAS POZO O POZOS DE VISITA.

Los datos para la construcción de las Cajas Pozo se ilustran en el Plano II.3 anexo, en el que podemos observar en planta y corte de dimensiones y armado de los muros y losas, así como el refuerzo necesario en orificios de muros y la losa superior.

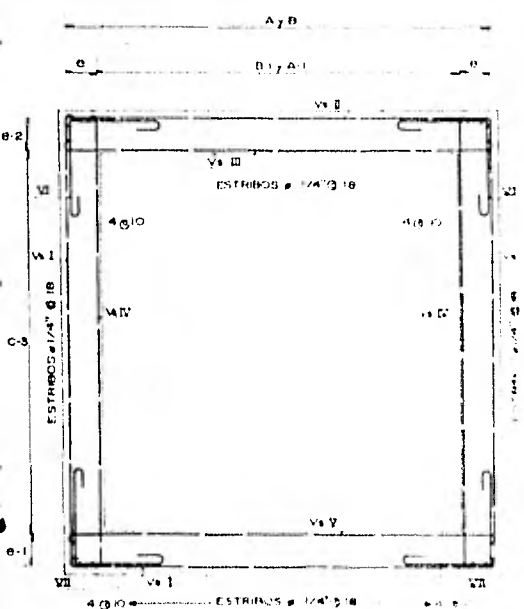
Para permitir el acceso desde el exterior, las Cajas Pozos llevan un cono de tubique en el que se colocan escalones de hierro fundido al igual que su brocal, mismo que va nivelado con la rasante del pavimento.



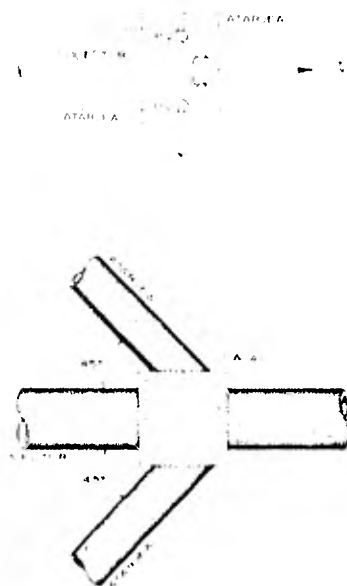
REFUERZO EN OR
MUROS Y LOSA S

TABLE 1. DATA DIMENSIONS

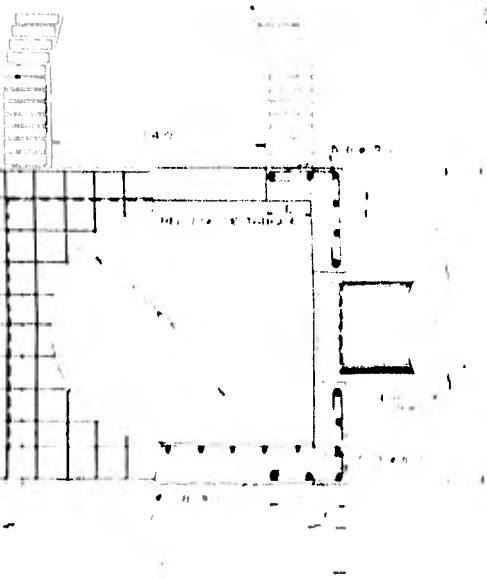
ANNEX (D) OF L. 1



MARCO TIPO



FORMA DE HACER LA CONEXION DE LAS ATARJEAS AL COLECTOR

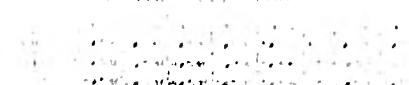


REFUERZO EN ORIFICIOS, EN MUROS Y LOSA SUPERIOR

TABLA PARA EMPLACEMENTAR LAS ATARJEAS



ARMADO DEL MARCO



CORTE B-B

NOTAS:

- 1. El presente proyecto es de tipo...
- 2. El presente proyecto es de tipo...
- 3. El presente proyecto es de tipo...
- 4. El presente proyecto es de tipo...
- 5. El presente proyecto es de tipo...
- 6. El presente proyecto es de tipo...
- 7. El presente proyecto es de tipo...
- 8. El presente proyecto es de tipo...
- 9. El presente proyecto es de tipo...
- 10. El presente proyecto es de tipo...

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
ALICIA HERNANDEZ CASTILLO

PLAN No. 11.3

PERIODO DE VISITA SOBRE
COLECTORES DE
197 A 305 m.s.n.m.

U N A M

III. DESCRIPCION DE LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS.

Para llevar a la práctica el proyecto mencionado anteriormente fué necesario aplicar diversos procedimientos de construcción, cada uno de ellos adaptado por las características propias de la obra y para satisfacer las exigencias de la misma dentro del marco de limitaciones que se tienen al trabajar en un proyecto de este tipo.

Los procesos constructivos utilizados principalmente en la realización de esta obra son:

III.1 Excavación y tendido de tubería a cielo abierto.

La excavación para la colocación de los tramos de tubería a cielo abierto se llevó a cabo entre una estructura de contención constituida por un tablero de vigueta hincada en el terreno, vigas maderneas y puntales de tubo de acero, junto con un tapado de tablonos a manera de adeno.

La distribución y ubicación de todos estos elementos varía en función del diámetro de los tramos de tubería, de la profundidad máxima de excavación y lógicamente de las condiciones del terreno.

El tramo se atacó en forma separada, creando cuatro frentes de trabajo (figura III.1):

- a). Veta Grande (de la calle de Platino a la Av. Río Consulado) colocando tramos de tubería con diámetro interior = 1.22 m.
- b). Platino (de la calle Veta Grande a la calle Aviadero), colocando tramos de tubería con diámetro interior = 1.22 m.
- c). Platino (de la calle Eduardo Molina a la calle Aviadero), colocando tramos de tubería con diámetro interior = 1.52 m.
- d). Estafío (de la calle Apicultura a la calle Eduardo Molina), colocando tramos de tubería con diámetro interior = 1.52 m.

Por último, se trabajó en la conexión de la calle Apicultura a la Avenida Río Consulado colocándose tramos de tubería con diámetro interior = 2.13 m.

III.1.1 Exonvación.

Se llevó a cabo por etapas y en tramos de 10 m. de longitud.

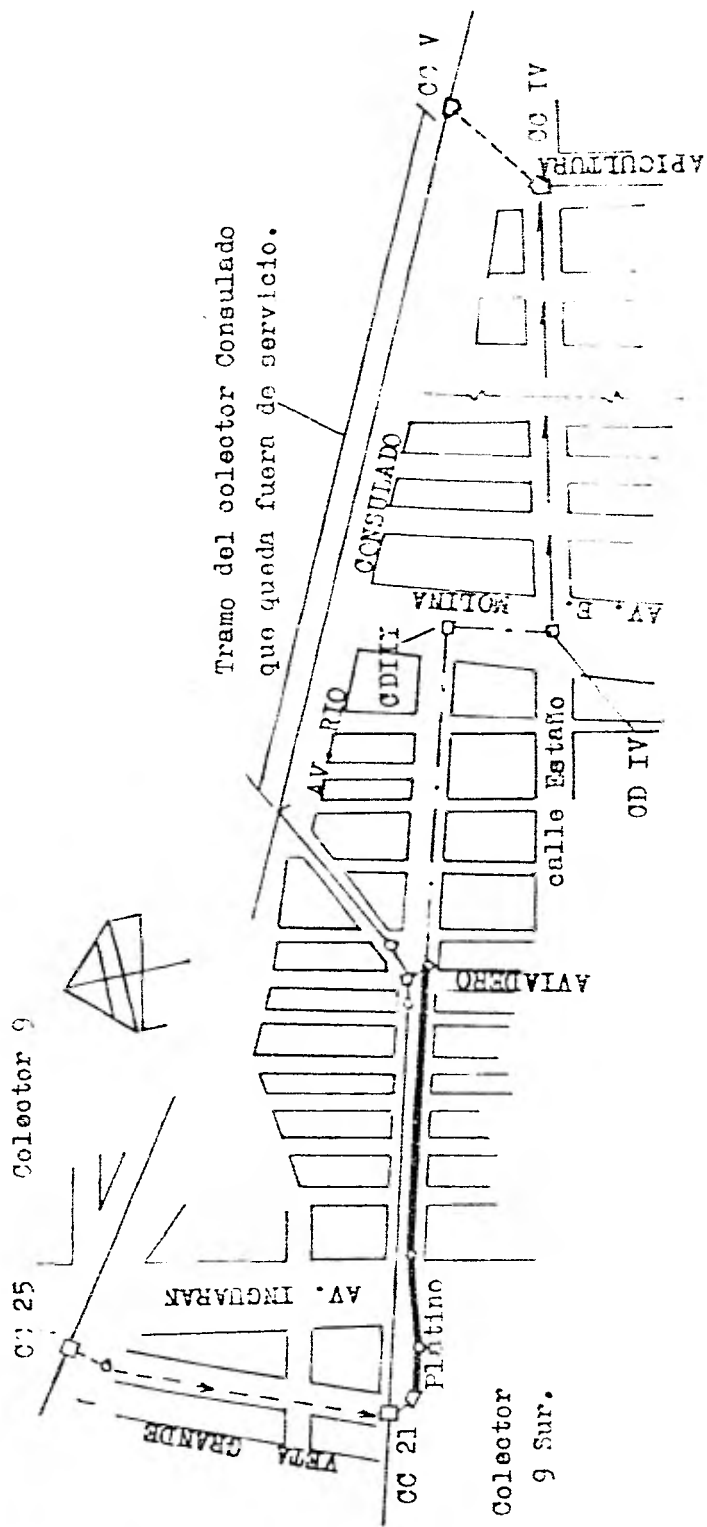


Fig. III.1 Croquis de ubicación de los diferentes frentes de trabajo.

Una vez definido sobre el terreno el trazo del tramo por a tacar, se llevó a cabo una excavación preliminar a mano hasta - una profundidad de 1.00 m. en toda el área, por excavar, con el fin de detectar las instalaciones municipales que pudieran exis tir y darles la debida protección evitando dañarlas.

A continuación se procedió al hincado de las viguetas de a cero (III.1.2) en el terreno, prosiguiendo la excavación con má quina. A medida que ésta se profundiza es necesario ir colocan- do la estructura de contención, por lo que las siguientes eta- pas de la excavación están marcadas por el número de niveles de madrinas y puntales requeridos por el proyecto, ya que tanto -- las vigas madrinas como los puntales deben colocarse tan pronto como la excavación descubre sus puntos de aplicación, no debien- do continuar este proceso si estos elementos no han sido coloca dos en las elevaciones correspondientes a fin de evitar proble- mas en el terreno, tales como deslizamientos en zonas adyacen- tes a la excavación.

El talud en el frente de avance de la excavación se conser vó con una inclinación máxima de 1:1 (45°).

Con el objeto de controlar las filtraciones que se presen- tan durante la excavación es necesario construir pequeños adron os de bombas a lo largo del eje longitudinal de la excavación, separados y comunicados entre sí por medio de zanjas, desde las cuales se extraerá el agua utilizando bombas apropiadas.

La extracción del agua se debe realizar con el número requerido de bombas de tal manera que el fondo de la excavación permanezca siempre estanco.

La maquinaria utilizada básicamente en estas etapas de excavación fueron dragas Link Belt tipo LS - 98 de almeja loca, que al mismo tiempo cargaban en volteos el material producto de excavación, siendo evacuado de esta manera hacia el lugar designado como tiro.

III.1.2 Ademe y Apuntalamiento.

Los elementos que constituyen la estructura de contención son el ademe y el apuntalamiento.

Como ademe se conformó un tupido de tablonces de 2 pulgadas de espesor, colocado entre las viguetas hincadas y sujeto por medio de largueros de madera de 6 X 6 pulgadas colocados a cada 75 cms. de profundidad a partir del nivel de terreno natural.

El apuntalamiento está formado por viguetas de acero hincadas en el terreno, vigas madrinan de acero y puntales de tubo de acero.

La distribución y ubicación de todos éstos elementos se indica en las siguientes figuras:

Tramo Veta Grande figura III.2 y III.3

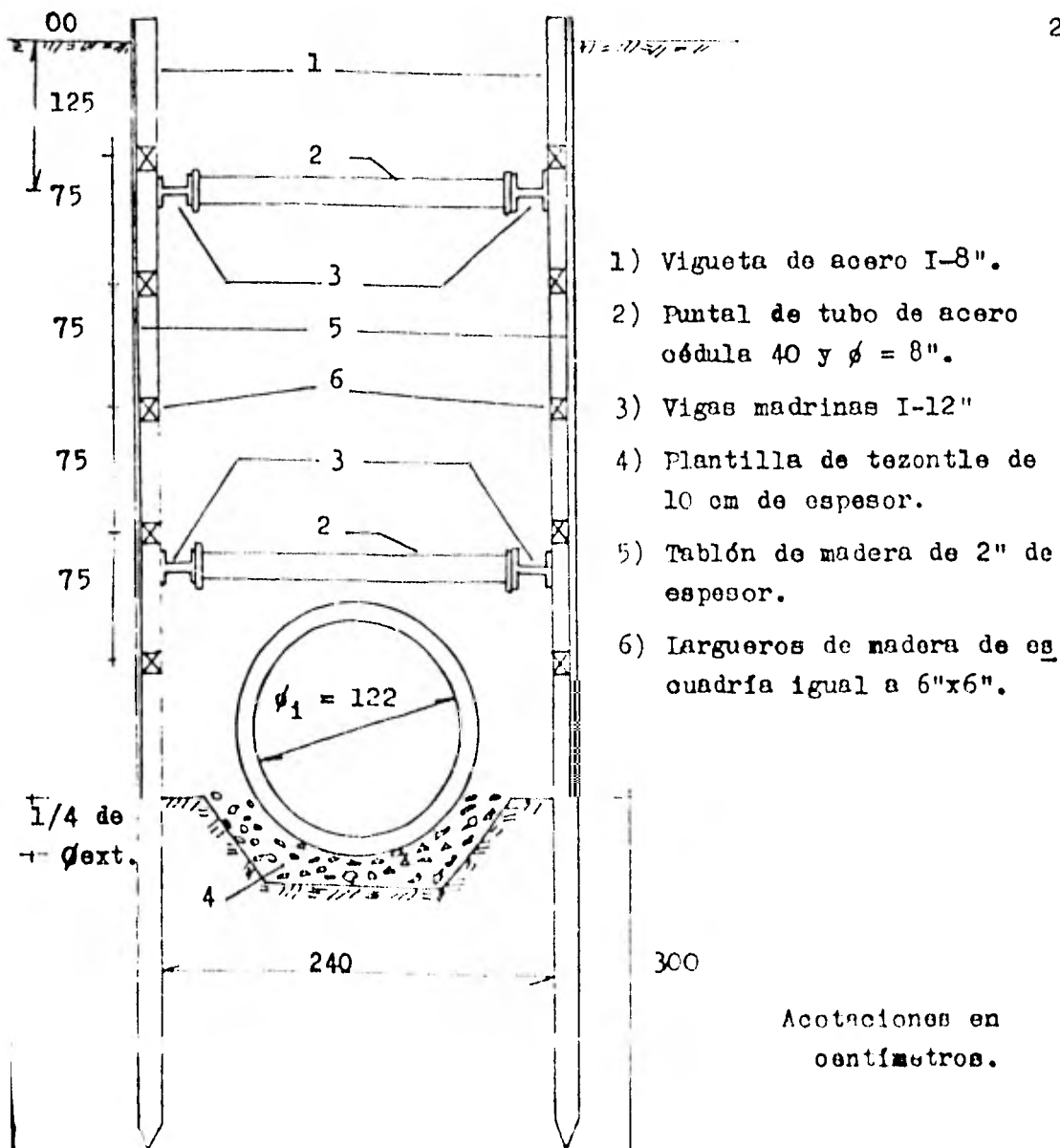
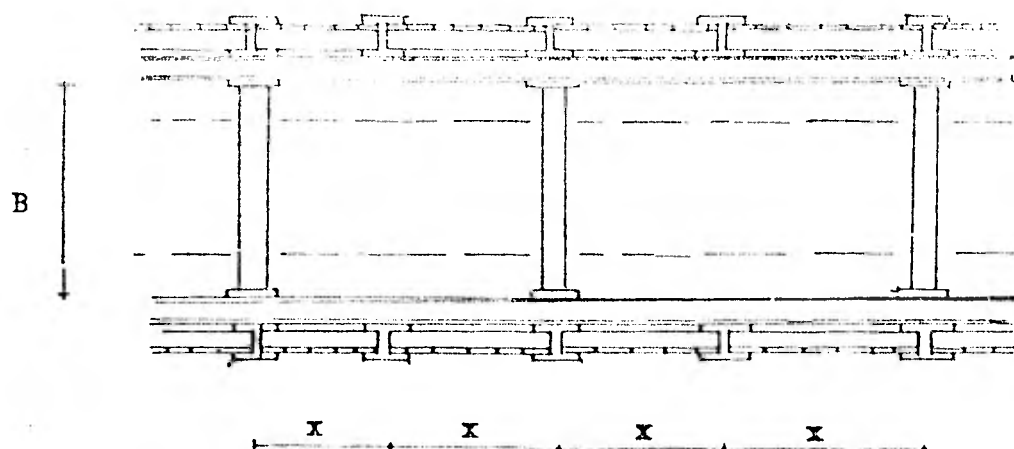


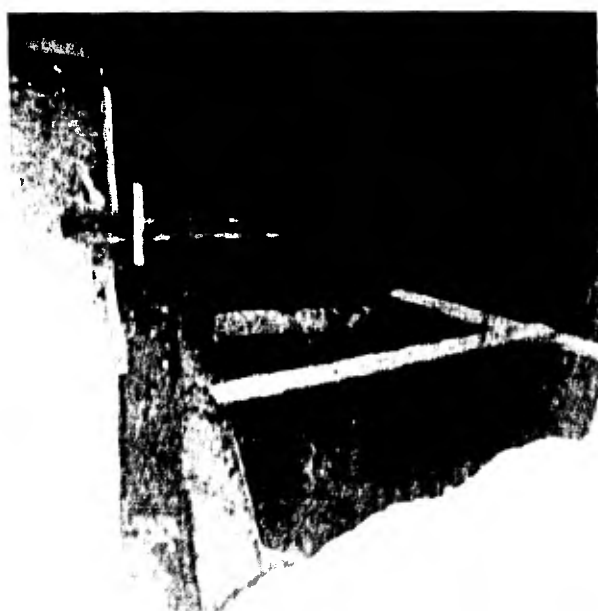
Fig. III.2 Corte de la excavación en que se aprecia la distribución y ubicación de los elementos componentes de la estructura de contención utilizada en el tramo Vota Grande.



| ϕ_1
(m) | B
(m) | X
(m) | B máximo
(m) |
|-----------------|----------|----------|-----------------|
| 1.22 | 3.60 | 1.20 | 2.90 |
| 1.52 | 3.15 | 1.05 | 3.25 |
| 2.13 | 3.15 | 0.90 | 4.00 |

Tabla de Dimensiones.

Fig. III.3 Planta y dimensiones de la estructura de contención utilizada en todos los tramos.



Tramo Platino figura III.4

Tramo Estaño figura III.4

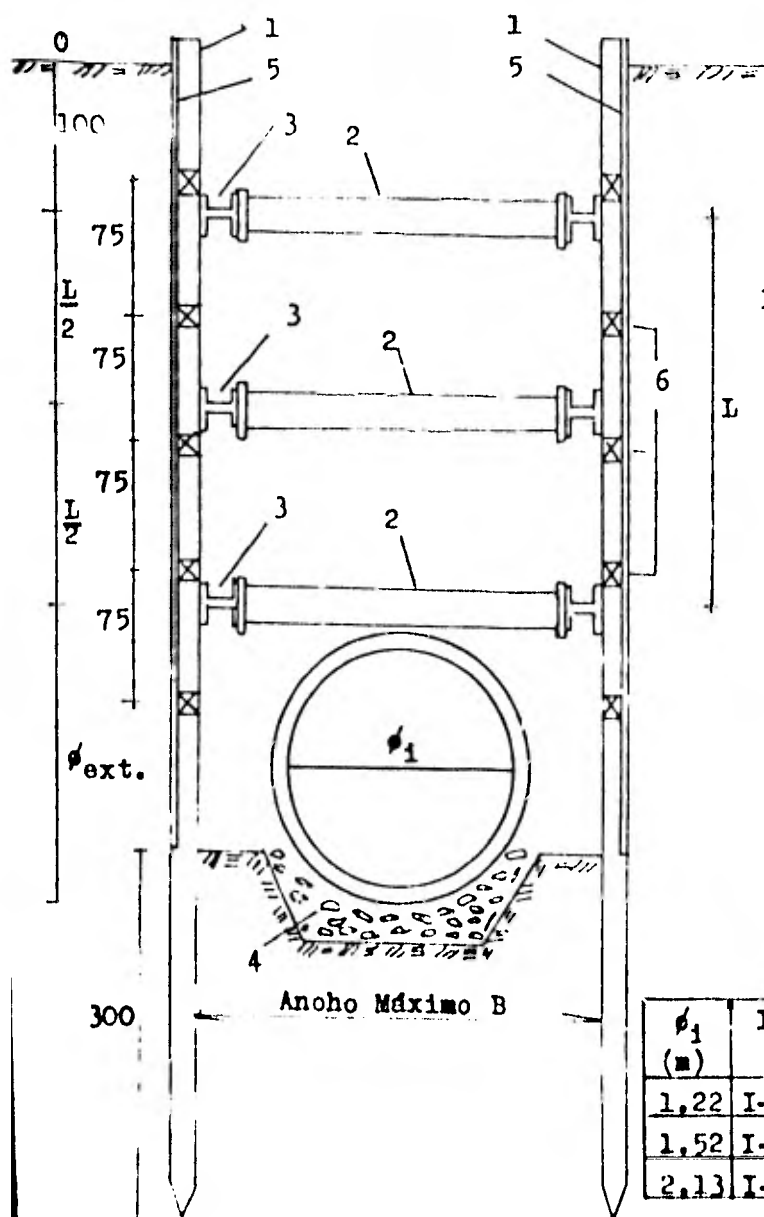
El procedimiento para llevar a cabo el apuntalamiento es el siguiente:

- a). Hincado de Viguetas: Se realiza mediante el repetido golpeo del extremo superior de las viguetas con un elemento (martillo, fig. III.5) de peso y resistencia suficientes para producir el efecto de "olavar" las viguetas en el terreno.

Para un buen hincado es necesario tener señalada perfectamente la localización de las viguetas a ambos lados del eje del colector y controlar su verticalidad mediante plomadas colocadas lateral y frontalmente respecto a la excavación.

Para facilitar la introducción de las viguetas en el terreno se debe aguzar el extremo inferior de las mismas.

- b). Una vez descubierto el nivel correspondiente a las vigas madreñas, se procede a soldar escuadras de asiento en las viguetas hincadas en número suficiente para sostener y mantener en su posición dichas madreñas, procediendo a su colocación.
- c). A continuación se instalan los puntales ó troqueles de tubo de acero, cuidando que exista el debido contacto entre los -



- 1) Vigüeta de acero hincada en el terreno.
- 2) Puntal de tubo de acero célula 40.
- 3) Vigüeta de acero funcionando como madrina.
- 4) Plantilla de tezontle.
- 5) Tablón de madera de 2" de espesor.
- 6) Largueros de madera de 6"x6".

Anotaciones en centímetros.

| ϕ_1
(m) | 1 | 2
ϕ | 3 | 4
cm |
|-----------------|------|-------------|--------------|---------|
| 1,22 | I-10 | 8" | I-12 Liviana | 10 |
| 1,52 | I-10 | 10" | I-12 Pesada | 15 |
| 2,13 | I-10 | 10" | I-12 Pesada | 20 |

Fig. III.4 Corte en que se puede apreciar la distribución de los elementos que componen el apuntalamiento en Platino, Estañó y la conexión Apicultura - Consulado.

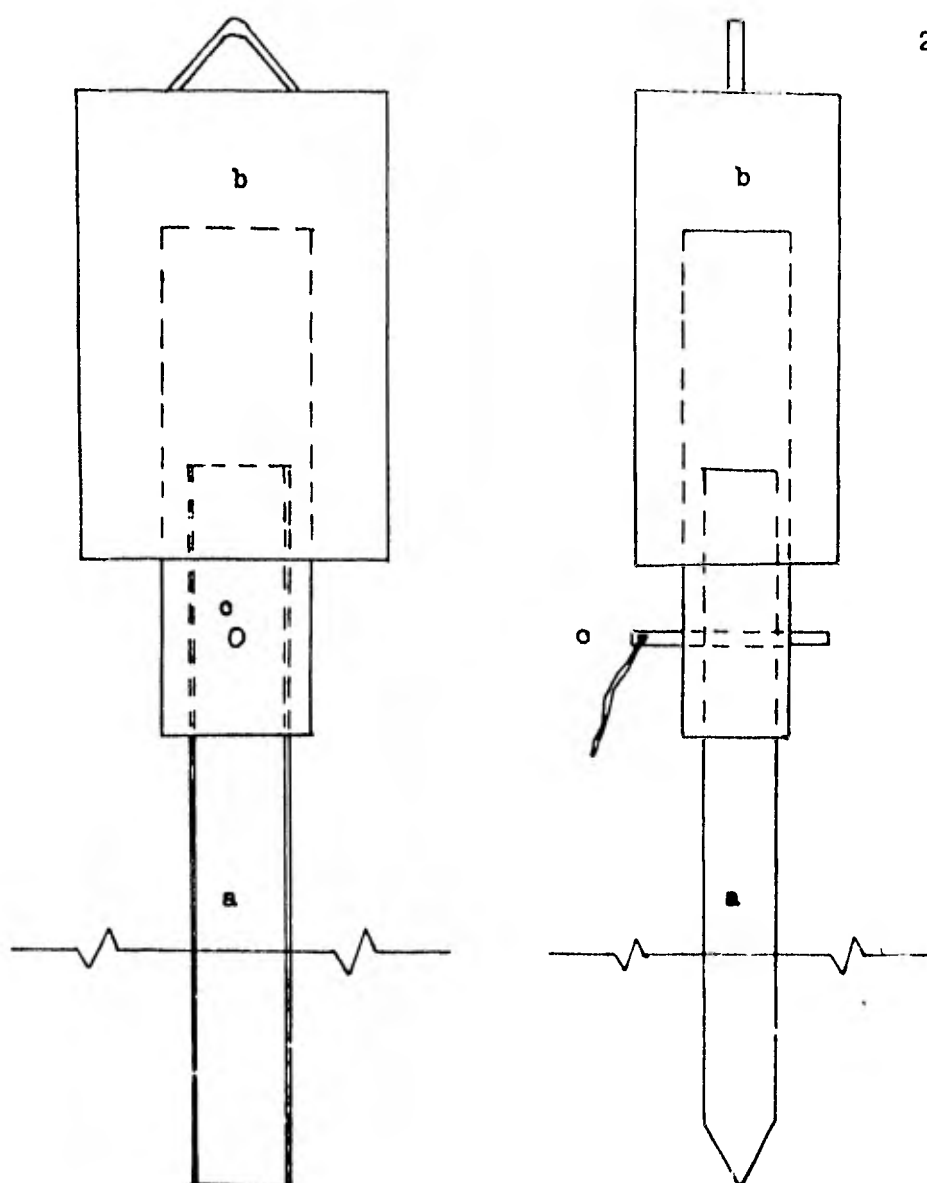


Figura III.5 Martillo.

- a) Vigueta para hincar, con su extremo inferior aguzado.
- b) Martillo de acero con espacio interior suficiente para permitir el movimiento de la vigueta y servir de gufa.
- c) Pasador de seguridad, se retira para iniciar el hincado.

elementos que componen este sistema, auxiliándose con ouñas cuando así se requiera.

La maquinaria utilizada para el hincado de viguetas y la colocación de madrinan y puntales fué principalmente la draga Link Belt, tipo IS - 98 en tanto que para la colocación de madrinan y puntales se empleó la motogrua ó "Pato" Pettibone debido a su mayor movilidad y facilidad para transitar, que se aprovecha para el acarreo y posterior colocación de estos elementos.

Una vez colocado este primer nivel de madrinan, prosigue la excavación hasta llegar a descubrir la elevación en que se debe colocar el siguiente troquelamiento, repitiéndose el -- procedimiento mencionado anteriormente.

III.1.3 Plantilla.

Una vez instalado el total de niveles de vigas madrinan y puntales requeridos se continúa el proceso de excavación.

Cuando se llega a la máxima profundidad de excavación de inmediato se coloca una plantilla de tezontle que se compacta manualmente con pisón metálico. El fondo de la caja y la plantilla se conforman de acuerdo a la forma circular de la tubería por alojar.

El espesor de la plantilla es variable, según el diámetro - del colector, así tenemos que para el de diámetro interior = -- 1.22 m., el espesor de la plantilla es de 10 cms. y de 15 cms. - cuando éste es de 1.52 m.

III.1.4 Tendido de la tubería.

Terminada la construcción de la plantilla, se procede a bajar, colocar y unir los tramos de tubería correspondientes al -- tramo excavado. (fig. III.6).

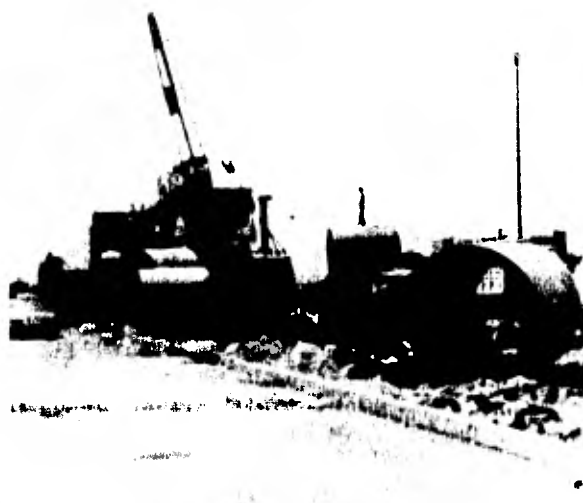


Figura III.6 Puede apreciarse la forma en que la draga inicia su movimiento la carga y bombea la tubería para su colocación en la excavación.

La colocación de los tramos se efectúa con draga, cuidando de comprobar que la elevación de su arrastre hidráulico corresponda al de proyecto.

La unión de los tramos de tubería debe llevar un junteado - con mortero, hecho de cemento y arena.

El avance promedio logrado en la obra fue de un tramo de tubería colocado diariamente en cada frente de ataque.

III.1.5 Acostillado y Relleno.

Instalada la tubería en su posición definitiva, se efectúa el acostillado relleno los costados del colector con material producto de excavación hasta alcanzar una altura igual a la mitad de su diámetro, este material de relleno se coloca en capas de 20 cms. de espesor, las cuales se compactan por medio de polines de madera o varillas.

A partir de este nivel el relleno de la caja se lleva a cabo con material de Banco areno-limoso (tepetate), compactado entre el 90 y 95 % técnica proctor Estandar hasta el nivel de la caja de terracerías, efectuando el relleno en capas de 20 cms. de espesor.

La compactación se realizó con "patas de elefante", "bailarinas" con motor de explosión y "bailarinas" alimentadas con com

presor de aire, es decir equipo con mucha facilidad para manio--
brar y trabajar no sólo en la parte central de la cepa sino tam--
bién en las partes laterales, entre las viguetas hincadas, lo--
grando así una compactación más uniforme en toda el área de la -
cepa por rollenar.

Los troqueles y las vigas madrinas se retiran cuando el re--
lleno se encuentra a una distancia de 30 cms. abajo de sus pun--
tos de aplicación. El tiempo máximo a transcurrir desde que se -
alcanza la máxima profundidad de excavación y la colocación del
relleno al nivel del lomo de la tubería no debe exceder de 24 --
hrs. para cada tramo de 10.0 m. de longitud. Cuando el relleno -
haya alcanzado el nivel de Subrasante, se procede a la restitui--
ción del pavimento.

III.1.6 Repavimentación.

La reconstrucción del pavimento consiste básicamente en la
colocación de una estructura formada por Cape Sub-rasante, Sub--
base, Base y Carpeta sobre el relleno anteriormente conformado.

En la obra que nos ocupa fué necesario efectuar esta recons--
trucción no sólo en el área afectada por la excavación, sino en
el total del área de las calles en que se aloja el desvío del co--
lector, ya que debido al tránsito y trabajo con maquinaria pesa--
da y a la aparición de pequeñas grietas debido a ligeros asentam--
ientos en la zona adyacente a la excavación, el pavimento del -

área restante de las calles se vió afectado. Para efectuar la reconstrucción del Pavimento se sigue el Procedimiento de Construcción siguiente:

A) Levantamiento de la estructura del pavimento anterior.

Como primera etapa de la reconstrucción de la estructura -- que conforma el pavimento de las calles en que se localiza el -- desvío del colector, tenemos el levantamiento y retiro de los materiales que constituían el pavimento original.

Este trabajo se llevó a cabo utilizando el traxcavo ó carga dor frontal sobre orugas y la moteconformadora con su escarifica dor (fig. III.7), con lo cual se logra aflojar las diferentes capas de material y su carga en volteos que lo llevan a bancos previamente establecidos.

El retiro de este material se efectúa hasta llegar a descubrir totalmente la caja de terraceras, desde la cual se inicia el proceso de repavimentación con la colocación de una capa subrasante o de mejoramiento del terreno.

B) Sub-rasante.

Se colocó en una capa cuyo espesor es de 20 cms. debiéndose compactar hasta alcanzar un grado de compactación del 93 % con respecto al peso volumétrico seco máximo obtenido de la norma --

Figura III.7 Levantamiento y retiro de los materiales que conformaban la estructura del pavimento original.

a) Motocconformadora aflojando las diferentes capas de material.



b) Traxoavo en labor de carga.



AASHTO/ESTANDAR T99-74.

El material a utilizar para construir la capa sub-rasante - es una arena limosa con las siguientes características:

| | | |
|-----------------------|---|----------------|
| Límite Líquido | - | Menor de 25 %. |
| VRS Estándar Saturado | - | 20 % Mínimo. |
| Expansión | - | 5 % Máxima. |

C) Sub-Base

La Sub-base tiene un espesor de 15 cms. y su colocación se realiza en una sola capa compactándola hasta alcanzar un grado - de compactación del 95 % con relación al peso volumétrico seco - máximo de la norma AASHTO modificada T180-74.

La curva granulométrica del material a utilizar en la formación de la Sub-base, debe quedar comprendida entre las zonas 1 y 3 de las curvas mostradas en la fig. III.8 el porcentaje de material que pase la malla 200 no debe ser mayor del 25 %. El Límite Líquido debe ser inferior al 25 % y el Índice Plástico inferior al 6 %. El VRS Estándar Saturado debe ser igual ó mayor que el - 80 %. El equivalente de arena debe ser igual ó mayor que el 35%.

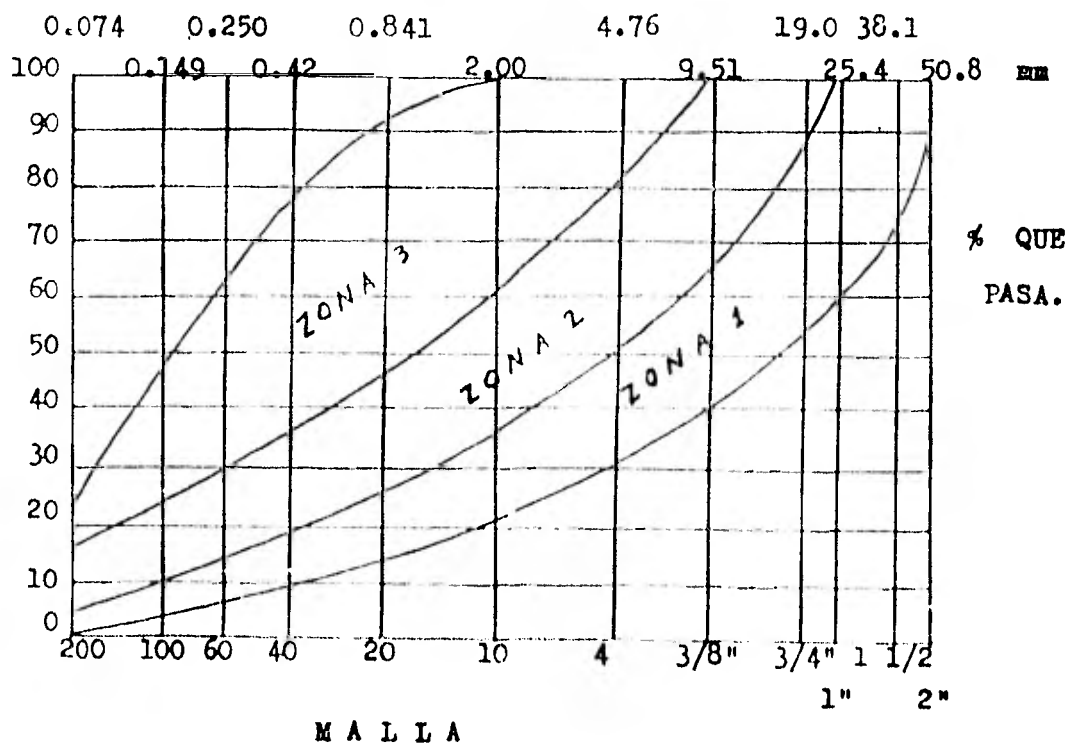


Figura III.8 Gráfica de composición granulométrica para materiales de Sub-base. La curva granulométrica del material a utilizar debe quedar comprendida entre las zonas 1 y 3.

D) Base.

Sobre la Sub-base se construye la Base, cuyo espesor es de 15 cm. este material se coloca en una sola capa. El material a utilizar en la Base debe contar con una curva granulométrica comprendida entre las zonas 1 y 3 mostradas en la fig. III.9, es decir una grava limo-arenosa y adoptar una forma similar a las curvas que delimitan dichas zonas.

El material se debe tender y compactar hasta alcanzar un grado de compactación del 100 % con respecto al peso volumétrico seco máximo según la prueba AASHTO modificada T180-74. La tolerancia en niveles para la Base como para la sub-base es de ± 1.00 cm, debiendo tener la Base las pendientes transversales de proyecto.

Las pendientes deben darse desde la sub-rasante con el propósito de que los espesores de las capas del pavimento sean similares.

La maquinaria utilizada en la compactación de las diferentes capas de material fué:

- Compactador de rodillos lisos con accionamiento vibratorio
- Dragpieter (1 eje rodillo liso y el eje restante de neumáticos).
- Motoonformadora para el tendido de las diferentes capas de material.

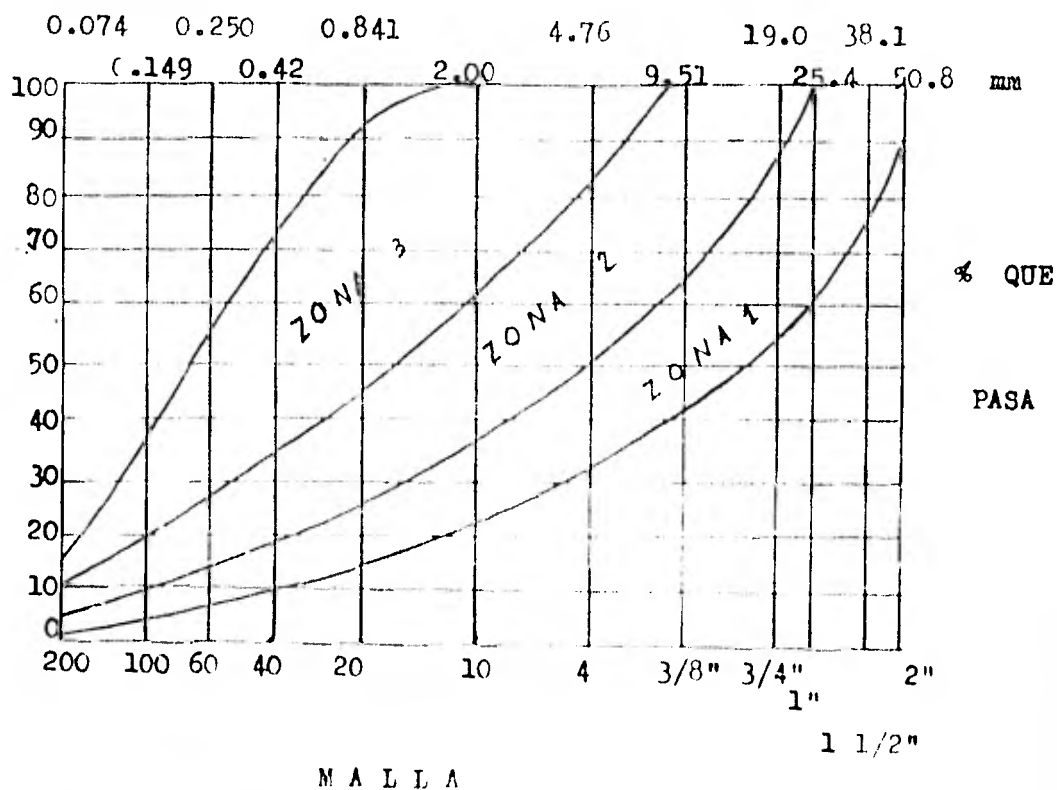


Figura III.9 Gráfica de composición granulométrica para materiales a utilizar en la formación de la base. La curva granulométrica debe quedar comprendida entre las zonas 1 y 3.

El procedimiento es el siguiente:

i) Una vez presente en el tramo el material a utilizar en - capa de base ó sub-base, se procede a su tendido con motoconformadora.

Se debe cuidar que el espesor de las capas de material tendido sea lo más uniforme posible, pues esto se reflejará en el - espesor de la capa ya compactada. Para ejercer un control sobre este aspecto, se colocan previamente escantillones ó "maestras" en los que se marcan los niveles deseados.

Un factor que se debe cuidar es el contenido de agua del material, pues es básico para llegar a alcanzar las compactaciones de proyecto.

ii) Habiendo humedecido y tendido el material en una capa - uniforme, se procede a su compactación.

Primero se debe proporcionar acomodo inicial, lo que - se logra con el duopáctor. Posteriormente se trabaja haciendo pa-sar el equipo vibratorio y detrás de él el duopáctor, planchado que debe efectuarse longitudinalmente al eje de la calzada.

Esto debe hacerse con el fin de llevar la compactación de - manera uniforme y evitar deformaciones ó depresiones en la super-ficie.

E) Riegos asfálticos.

Habiendo terminado la construcción de la base, el proceso - continúa llevando a cabo la ejecución de los riegos asfálticos - necesarios, como son los de impregnación y Liga, para lo cual se observan los pasos siguientes:

1) Riego de impregnación:

Sobre la base hidráulica superficialmente seca y barrida, - se aplica un riego de impregnación usando un producto asfáltico rebajado del tipo FM-1, a razón de 1.5 a 1.8 lts./m². El riego - del material asfáltico deberá hacerse de preferencia en las ho-- ras más calurosas del día. La superficie impregnada deberá pre-- sentar un aspecto uniforme y el material asfáltico debe estar su perfcionalmente adherido al material de la base hidráulica, la pe netración del riego no deberá ser menor de 4 mm y la absorción - total debe presentarse en no más de 48 horas.

ii) Riego de liga.

Previo al tendido de la carpeta y 48 horas después del rie- go de impregnación, se debe aplicar un riego de liga con produc- to asfáltico FM-3 a razón de 0.5 a 0.7 lts/m² aproximadamente. Antes de aplicar el riego de liga sobre la base impregnada, ésta debe ser barrida para dejarla exenta de materias extrañas y pol- vo. Antes del tendido de la carpeta, se debe dejar transcurrir -

un tiempo no menor de 30 minutos para que el material asfáltico del riego de liga adquiriera la viscosidad adecuada.

F) Carpeta de concreto asfáltico.

Por último se construye la carpeta de concreto asfáltico cuyo espesor fué de 7.5 cm por tratarse de calles de primera importancia.

El material a emplear es un pétreo triturado y cribado con un tamaño máximo de 25.4 mm (1") con cemento asfáltico no. 6. Esta capa debe compactarse al 95 % de su peso volumétrico seco máximo determinado por el procedimiento Marshall.

El concreto asfáltico debe tenderse a una temperatura no menor de 110° C con un espesor uniforme; inmediatamente después — del tendido se deberá planchar uniforme y cuidadosamente por medio de una aplanadora tipo tandem de rodillo liso de 6 a 8 ton. de peso para dar acomodo inicial a la mezcla, este planchado debe efectuarse longitudinalmente a "media rueda". A continuación se compactará la carpeta en formación utilizando compactadores de llantas neumáticas de 8 ton; inmediatamente después se empleará una plancha de rodillo liso de 10 ton para borrar las huellas que dejan los compactadores de llantas neumáticas. La compactación de la carpeta deberá terminarse a una temperatura no menor de 70° C. Por otro lado no debe tenderse concreto asfáltico sobre una base húmeda, encharcada o cuando esté lloviendo.

Cuando sea necesario se aplica un riego de sello sobre la -
carpeta construida con lechada de cemento portland tipo I. La do-
sificación del riego de sello es de 0.75 Kg de cemento por metro
cuadrado.

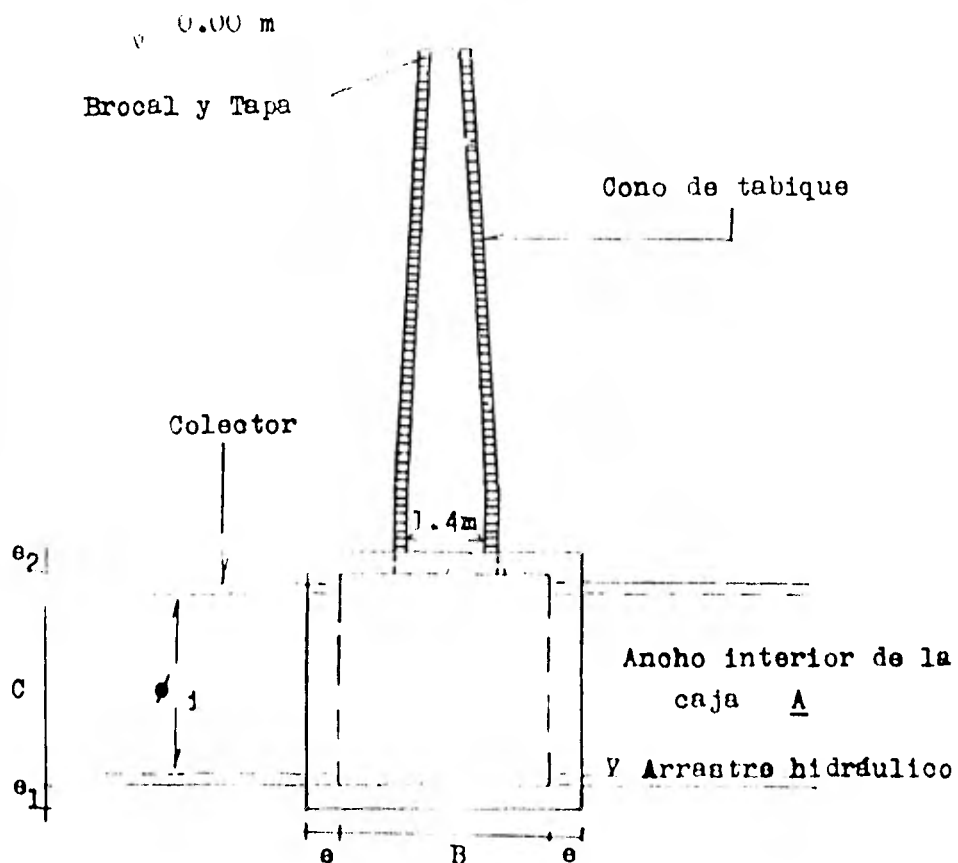
III.1.7 Cajas pozo.

Los pozos de visita son una parte vital para el buen funcio-
namiento del sistema, ya que permiten el acceso a personal encar-
gado de las labores de mantenimiento y principalmente desazolve
del colector, además de constituir una vía de escape de los ga-
ses generados por la descomposición de los elementos caracterís-
ticos de las aguas negras.

Para el desvío se proyectó la construcción de 14 pozos de -
visita del tipo caja pozo (fig. III.10) la cual se llevó a cabo
simultáneamente con el tendido de tubería, aprovechando así la -
misma estructura de contención.

Una vez señalada la localización de una caja pozo y de lle-
gar a ella el tendido de tubería, se continúa éste dejando única-
mente el espacio suficiente (2.00 m.) para el posterior enboqui-
llado del colector con los muros de la caja pozo.

El siguiente paso es la colocación de una plantilla de 10 -
cms. de espesor de concreto pobre con el fin de proporcionar una
superficie estable en la que pueda trabajar con eficiencia y ra-



| e_1
(m) | A
(m) | B
(m) | C
(m) | e
(m) | c_1
(m) | e_2
(m) |
|--------------|----------|----------|----------|----------|--------------|--------------|
| 1.22 | 2.00 | 2.00 | 1.52 | 0.20 | 0.25 | 0.20 |
| 1.52 | 2.00 | 2.00 | 1.87 | 0.25 | 0.30 | 0.20 |

Figura III.10 Corte característico de una caja pozo,
se anexa tabla de dimensiones.

pidez en el armado de la losa de piso.

Al llevar a cabo este armado se debe tener cuidado de dejar la preparación necesaria para continuar el armado de los muros estructurales, 24 horas después del colado de la losa de piso.

Terminado el armado de los muros se procede a su cimbrado y colado, 24 horas después es posible iniciar la construcción de la cimbra necesaria para efectuar los trabajos de armado y colado de la losa superior. En ésta etapa se debe cuidar que el hueco de la losa superior tenga las dimensiones requeridas (1.40 m de diámetro), puesto que constituye el acceso a la caja pozo.

De igual modo se procede a la construcción del cono de tabi que ó chimenea que permite el acceso desde el exterior, se remata con un brocal y su tapa, ambos de fierro fundido, al igual -- que los escalones de que está provista la chimenea y que facilitan el acceso.

Una vez que el concreto de muros y losa superior alcancen la resistencia especificada, se debe iniciar el relleno de los espacios libres comprendidos entre los muros de la caja y las paredes de la excavación, ésto se realizó con material areno - limoso (tapetate) y siguiendo el mismo procedimiento que en el resto de la caja excavada, es decir, en capas de 20 cms. de espesor compactadas entre el 90 y 95 % técnica proctor estándar, hasta el nivel de la caja de terracerías procediendo a restituir el cuerpo del pavimento afectado.

III.2 TUBO HINCADO.

Al ir avanzando la excavación y el tendido de tubería del colector, puede llegar a presentarse el caso de tener que cruzar una calle de primera importancia ó una Avenida con gran afluencia de tránsito de vehículos.

Esto es posible resolverlo de 2 maneras:

- 1) Atacando en forma parcial el cruce de dichas avenidas, o
- 2) Hincando el tubo en dicha zona a fin de no entorpecer en absoluto la circulación.

En el cruce del desvío del colector con la Avenida E. Molina se presenta esta situación, existiendo además un factor adicional que viene a ser determinante en este caso, como lo es la localización de vías del Ferrocarril sobre la Avenida, en su vialidad poniente.

Por lo tanto, y a fin de no interrumpir el tránsito de vehículos, se procedió a la instalación de los tramos de tubería que conforman el desvío del colector en dicha zona por medio de hincado.

III.2.1 Cajas de Disparo.

Para poder llevar a cabo la instalación de la tubería, es necesario construir una caja de disparo, es decir una caja que funcione como estructura de atraque durante el proceso de hincado.

Para la construcción de dichas cajas se observó la secuela descrita a continuación:

III.2.1.A Excavación, Ademe y Apuntalamiento.

La excavación para la construcción de esta caja se realiza a cielo abierto entre una estructura de contención formada por viguetas de acero I-10" pesadas hincadas en el terreno, un tupido de tablonos de 2" de espesor que se sujeta a las viguetas hincadas por medio de largueros de madera de 6" X 6", viguetas de acero cédula 40 de 8" de diámetro. La ubicación y distribución de todos estos elementos se muestra en las figuras III-11, - - - III-12a y III-12b.

Una vez definida el área de excavación, se lleva a cabo una excavación a meno hasta 1.0 m de profundidad con el fin de localizar la localización de instalaciones municipales que pudieran existir, con el objeto de descubrirlas y darles la protección adecuada evitando dañarlas.

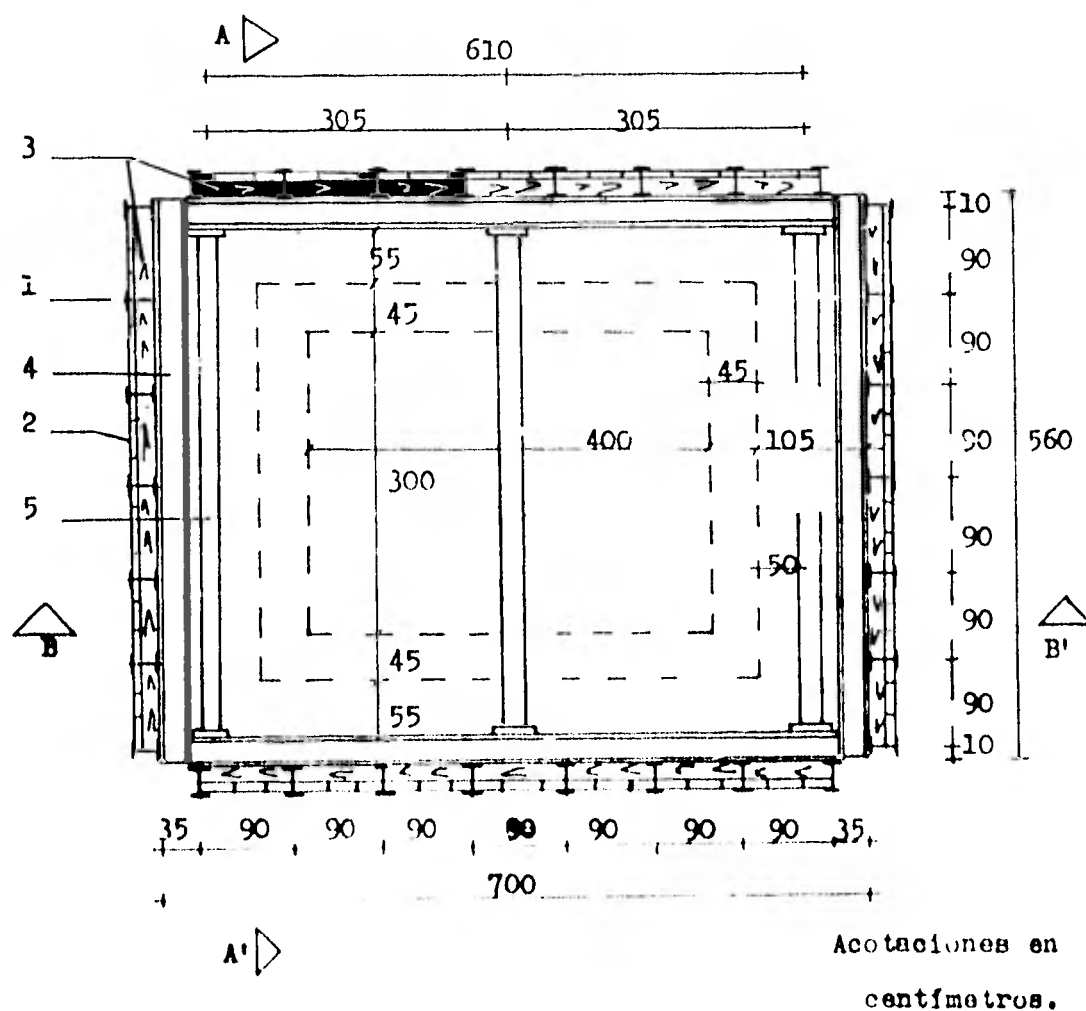


Fig. III.11 Distribución de elementos que forman la estructura de contención de las cajas de disparo.

- 1) Vigas de acero I-10" pesada, hincada en el terreno.
- 2) Tapido de tablonos de 2" de espesor.
- 3) Lamineros de madera de 6" x 6".
- 4) Vigas de acero I-12" formando marcos de contención.
- 5) Troqueles de tipo de acero sold. 40 de 8" de diámetro.

Fig. III.12.a

Corte A-A' en el que se
aprecia la distribucion
de maderas y troqueles.

Acotaciones en
metros.

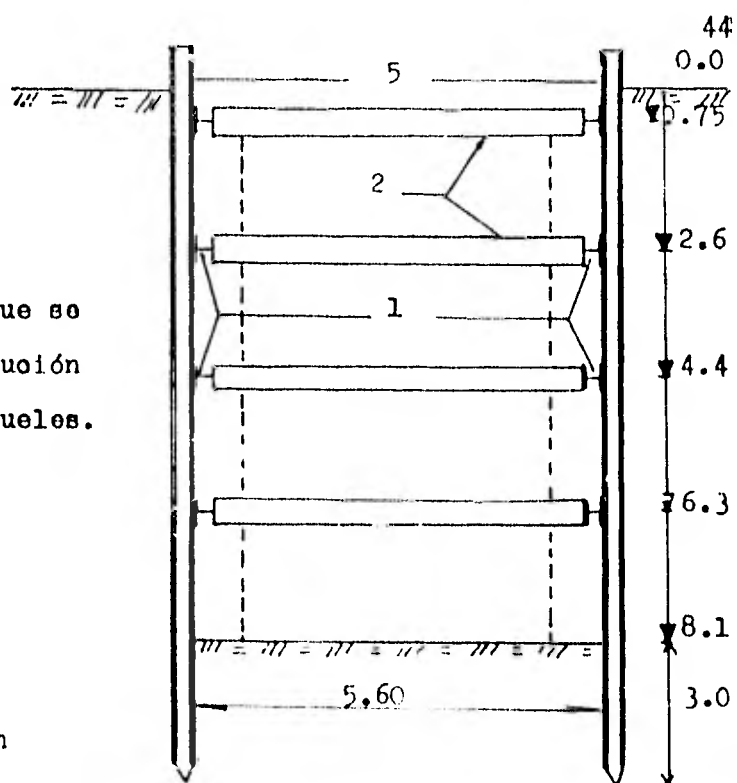
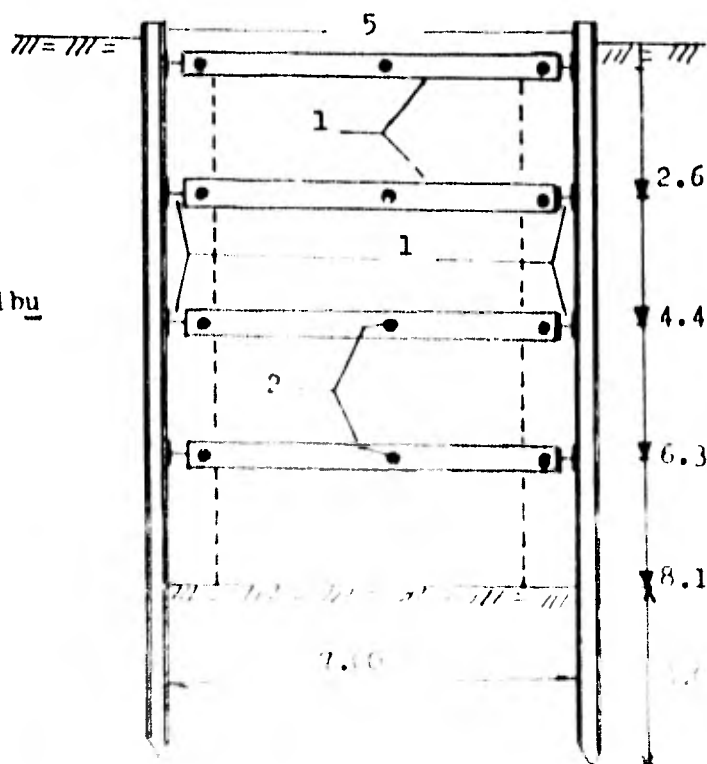


Fig. III.12.b

Corte B-B' con otro
aspecto de la distribu
cion.



A continuación se procede a hincar en el terreno las viguetas de acero I-10" pesadas, hasta una profundidad de 3.0 m abajo de la máxima profundidad de excavación. La separación entre dichas viguetas es de 0.90 m.

Puede llegar a presentarse el caso de que existan estratos de materiales duros que ofrezcan una resistencia considerable durante el proceso de hincado de las viguetas, cuando esto suceda se deben hacer perforaciones previas de 10 cm de diámetro en los sitios señalados para su hincado en el número requerido y hasta una profundidad suficiente en la que se considere eliminado este obstáculo.

Habiendo terminado de hincar el total de las viguetas necesarias, se continúa la excavación con máquina, en este caso se utilizó una draga Link-Belt LS-98 de almeja suelta ó loca, que además realizaba la carga del material producto de excavación en volteos que lo evacuaban rumbo al sitio designado como tiro.

Conforme avanza la excavación se deben colocar los tabloneros y largueros que conforman el ademe entre las viguetas hincadas. Los largueros se colocan a cada 0.75 m de profundidad.

Las vigas maderneas y los troqueles se colocan inmediatamente después de la excavación descubren sus puntos de fijación.

Dichas vigas se colocan en todo el perímetro de la excavación, de tal manera que se formen marcos de contención, tal como

mo se aprecia en la figura III.11.

Se debe garantizar la formación de dichos marcos de contención asegurándose que exista el debido contacto entre las vigas madrinas mediante soldadura, y entre las vigas madrinas y las vigas hincadas para que trabajen efectivamente el sistema.

Se colocan cuatro niveles de vigas madrinas y de troqueles, en la disposición y elevaciones que se detallan en las figuras - III.12 (a y b).

Por ningún motivo se debe continuar con la excavación si -- las vigas madrinas y los troqueles no se han colocado en sus elevaciones correspondientes.

Por otro lado, el agua producto de las filtraciones que se presenten al llevar a cabo la excavación, se controla con la --- construcción de pequeños cárcamos espaciados y comunicados entre sí, desde los cuales se puede extraer el agua utilizando bombas autocebantes en número suficiente, de tal manera que el fondo de la excavación permanezca siempre estanco.

Una vez colocados los cuatro niveles de vigas madrinas y de troqueles se continúa la excavación hasta alcanzar la máxima profundidad de proyecto.

III.2.1.B Plantilla y Losa de Piso.

Inmediatamente después de que la excavación descubre la máxima profundidad, se procede a colar una plantilla de concreto -- pobre de 10 cm de espesor con aditivo acelerante de fraguado como sikalite, sigunite ó rapidur, esto es con el fin de estabilizar el fondo ó piso de la excavación y proporcionar una superficie en la que se pueda efectuar el trabajo de armado de la losa de piso correspondiente a la caja de disparo.

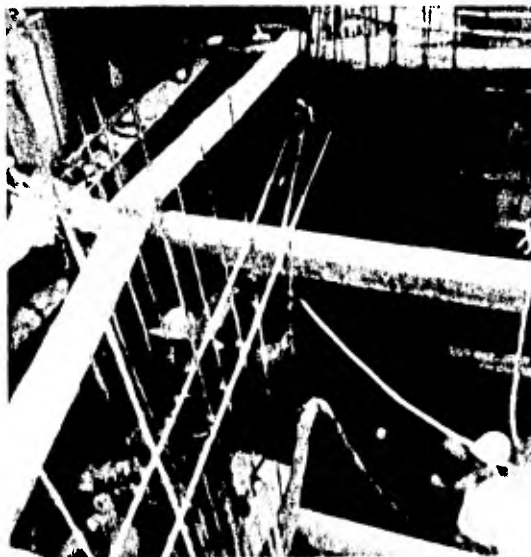
Es posible iniciar este trabajo de armado tres horas después de haber colado la plantilla, es de primordial importancia el dejar la preparación necesaria para continuar el armado de -- los muros estructurales antes de llevar a cabo el colado de la -- losa, con el objeto de asegurar el cumplimiento de especificaciones al respecto, y principalmente la continuidad del armado requerido, por cuanto a traslapes y demás detalles de funcionamiento estructural.

III.2.1.C Muros Estructurales.

Veinticuatro horas después de haber terminado el colado de la losa de piso se procede al armado de los muros estructurales.

Como primer paso debe efectuarse el levantamiento de un muro de tabique en el perímetro exterior de la caja, lo que constituirá una frontera que delimitará las dimensiones de la misma, -- por lo que debe comprobarse su trazo cuidadosamente.

Dicho muro de tabique funcionará además como contracimbra - ó cimbra perdida, como puede apreciarse en la figura adjunta.



Debido a la considerable altura interior de los muros, el proceso de armado, cimbrado y colado de los mismos, se lleva a cabo en dos o más etapas o niveles, debiendo tener sumo cuidado de dejar las preparaciones necesarias en el sitio en donde se -- hincará la tubería de acero, además en donde se realizará la unión de la caja con el colector.

Por otro lado, al ir avanzando en la construcción de los muros llega el momento en que interfieren los troqueles con dichas labores, por lo que deben dejarse en los lugares en que exista -- interferencia con los troqueles, cajas de succión cuadrada de -- 0.30 m. x 0.30 m.

Habiendo terminado la construcción de los muros estructurales y el concreto alcanzado la resistencia especificada, se procede a efectuar el relleno.

III.2.1.D Relleno.

El relleno de los espacios libres comprendidos entre los muros de la caja y las paredes de la excavación se lleva a cabo -- con un material areno- limoso de banco (tepetate) colocado en capas de 20 cm de espesor, y compactado al 90 % técnica Proctor Estándar.

Los troqueles y vigas maderinas se retiran cuando el relleno alcance sus puntos de aplicación. Los espacios que permiten el - paso de los troqueles a través de los muros se rellenan de concreto con aditivo estabilizador de volúmen, una vez que éstos hayan sido retirados.

El proceso de relleno se continúa hasta alcanzar una altura de 30 cm abajo del paño superior de los muros.

Tratándose de una caja de disparo, éste es el momento adecuado para iniciar los trabajos de implementación del proceso de hincado, pues la estructura de ataque necesaria es proporcionada por la caja con el grado de construcción alcanzado.

III.2.1.E Losa de Techo.

Una vez terminado el hincado del tubo de acero y colado el revestimiento definitivo, se procede a efectuar el armado y colado de la losa superior.

Debe tenerse cuidado de observar la localización de los accesos situados en esta losa, en los que posteriormente se levantará una chimenea ó cono de tabique según se trate de un acceso rectangular ó circular, que se rematan con un brocal y su tapa de fierro fundido a nivel de rasante.

Terminada la construcción de la losa se retiran las viguetas que fueron hincadas en el terreno, y cuando la losa haya alcanzado la resistencia especificada se continúa con el relleno en toda el área ocupada por la excavación, este proceso debería efectuarse hasta el nivel de la caja de terracerías y proceder a la reconstrucción del pavimento si nos encontráramos situados en zona de circulación de vehículos, pero en este caso la excavación se localiza sobre un camellón por lo que el relleno mencionado se lleva a cabo hasta el nivel de rasante.

III.2.2 Tubo Hincado.

Como ya se menciona, a fin de no interrumpir el tránsito de vehículos y librar la interferencia que se presenta en el sitio de cruce con las vías de ferrocarril en la Avenida Eduardo Mili-

na, el colector a instalar en este sitio está constituido por un tubo de acero hincado en el terreno que funciona como revestimiento provisional.

El revestimiento definitivo lo constituye una pared de concreto armado, colada en todo el interior del tubo.

III.2.2.A Características Generales del Tubo.

El tubo por hincar es de acero A-36 con un diámetro interior de 2.0 m y un espesor de 15.875 mm (5/8) (fig. III.13).

La tubería se hincó en tramos de 2.0 m de longitud, los cuales deben tener en su interior atiesadores constituidos por una solera de acero de 3" X 1/2" y dos ángulos de 2" X 2" X 1/8 " cuya disposición y separación se indican en la figura III.13.

El primer tramo por hincar debe llevar en el frente, en todo su perímetro exterior, una placa de acero soldada de 25 cm de ancho y 25.4 mm (1") de espesor tal como se muestra en la figura III.13.

Todos los tubos subsecuentes llevan en el frente en todo su perímetro interior, una placa de acero soldada de 12.7 mm (1/2") de espesor, que servirá de guía para que éstos embonen sin holgura en los tramos ya hincados, como puede apreciarse en el detalle "a" de la fig. III.13.

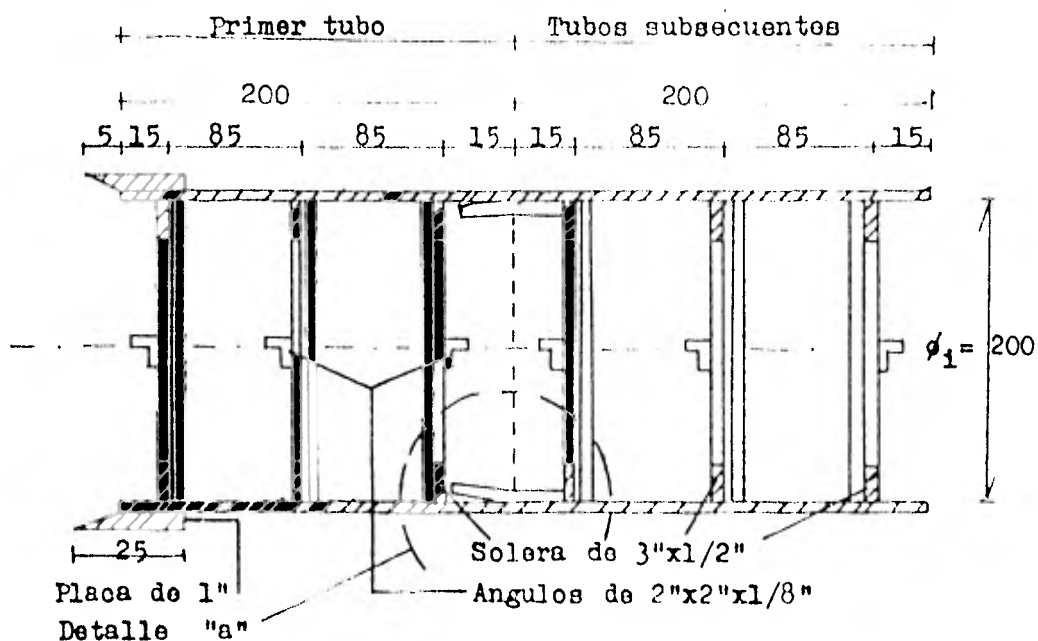
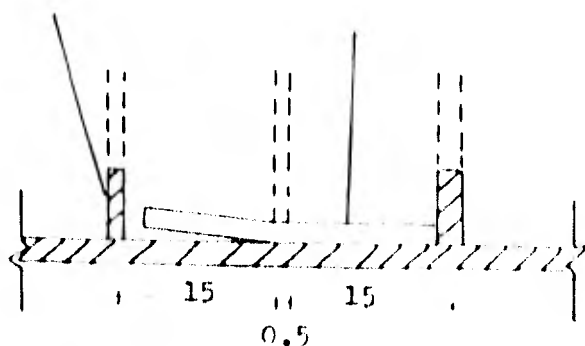


Fig. III.13 En la figura superior puede apreciarse un corte longitudinal de los tubos de acero que se van hincando, mientras que en la figura inferior se muestra el detalle "a" correspondiente a la unión de los tubos.

Detalle "a".

Solera de 3"x1/2"

Placa de 1/2"



La unión definitiva de los tramos se efectuará por medio de soldadura, con determinadas características.

Durante el proceso de hincado debe vigilarse rigurosamente - que tanto la dirección como la pendiente de la tubería instalada, sean las correspondientes al proyecto hidráulico.

Si alguno de estos puntos no satisfacen los requerimientos - de proyecto, se debe realizar la debida corrección en los tramos subsiguientes.

Todos los tramos de tubería por hincar deben ser cubiertos - en su área exterior con tres capas de pintura anticorrosiva.

Es conveniente que, con el fin de disminuir la fricción que se genera durante el hincado, cubrir todos los tubos antes de hincarse con una capa de grasa en toda el área perimetral.

III.2.2.B Proceso de Hincado.

El proceso de hincado se realiza de acuerdo al orden siguiente:

- a) Como primer paso se baja y coloca en posición el primer tramo de tubo por hincar en el interior de la caja. Para esto será necesario apoyarlo sobre una estructura de madera capaz de soportarlo y mantenerlo en esa posición durante el proceso de hincado.

Es condición necesaria para iniciar el hincado de los tubos, - que el muro de la caja que servirá de apoyo para el hincado, - tenga el 100 % la resistencia de proyecto.

La vigueta hincada que interfiere con el paso del tubo debe -- ser cortada con soplete y retirada posteriormente de la zona - de trabajo.

El hincado se realiza por medio de dos gatos hidráulicos con - capacidad de 150 toneladas y carrera de 0.60 m ó de 0.90 m ca- da uno.

Estos gatos empujarán a los tubos a través de una estructura - metálica integrada por viguetas de acero I-12" livianas, solda- das a dos placas circulares de 50.8 mm (2") de espesor, como - se indica en la fig. III.14 y en la III.15.

Para iniciar el hincado, los gatos se apoyan sobre un conjunto de viguetas de acero I-12" livianas dispuestas en la forma que se muestra en la fig. III.16.

Este conjunto conformará la estructura de atraque que transmi- tirá el empuje de los gatos al muro opuesto al frente de ata- que.

- b) Una vez que el primer tubo se encuentre en contacto con el te- rreno y los gatos estén en su posición definitiva se inicia el

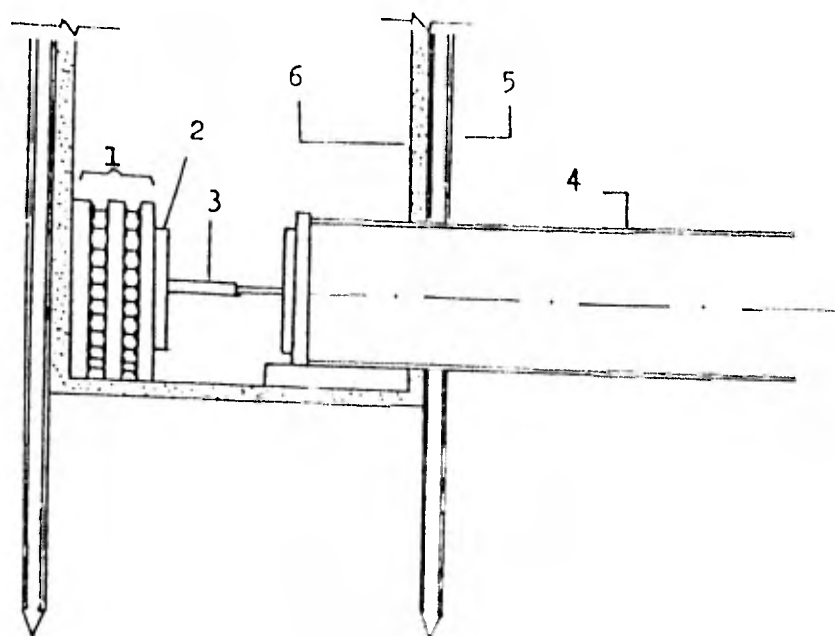


Fig. III.14 Representación esquemática del proceso de hincado de tubos de acero.

- 1) Tupido de viguetas de acero.
- 2) Estructura de atraque.
- 3) Gatos hidráulicos.
- 4) Tubería de acero hincada.
- 5) Vigueta de acero hincada en el terreno que será cortada para dar paso al tubo de acero.
- 6) Caja de diámetro.

Vigusta
I-12"
liviana

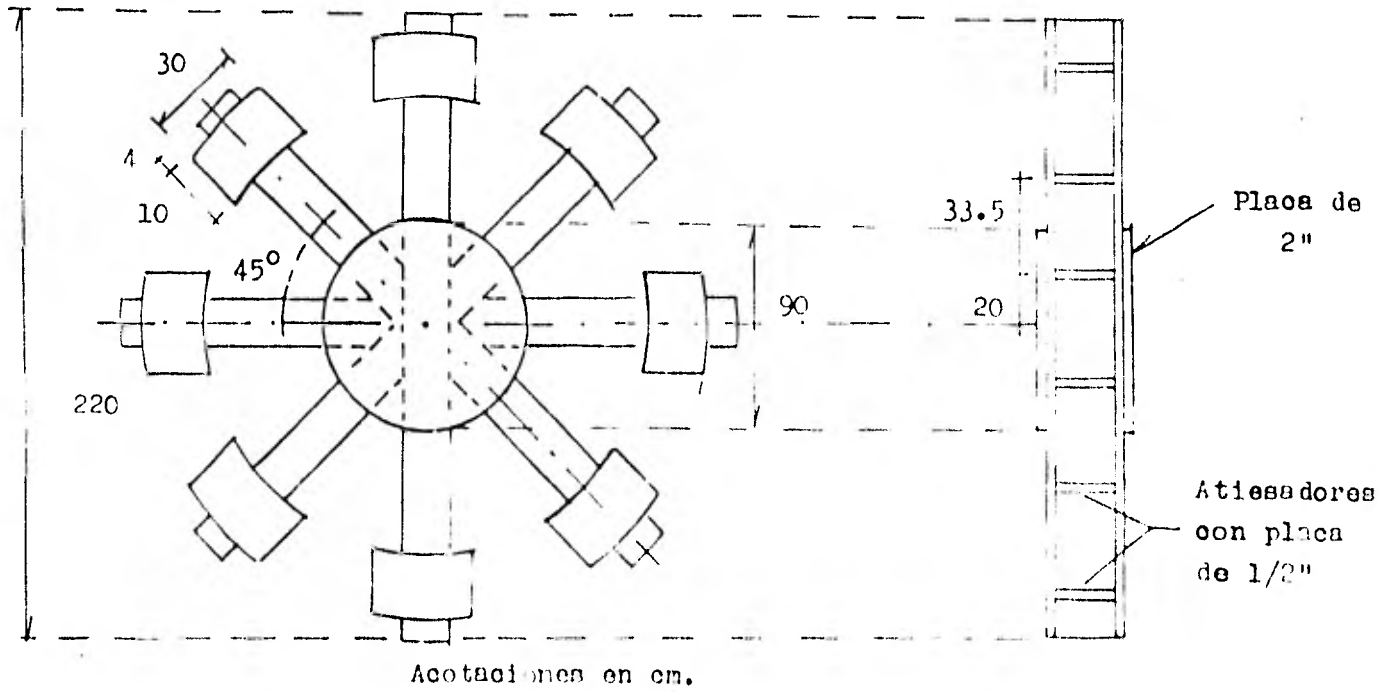
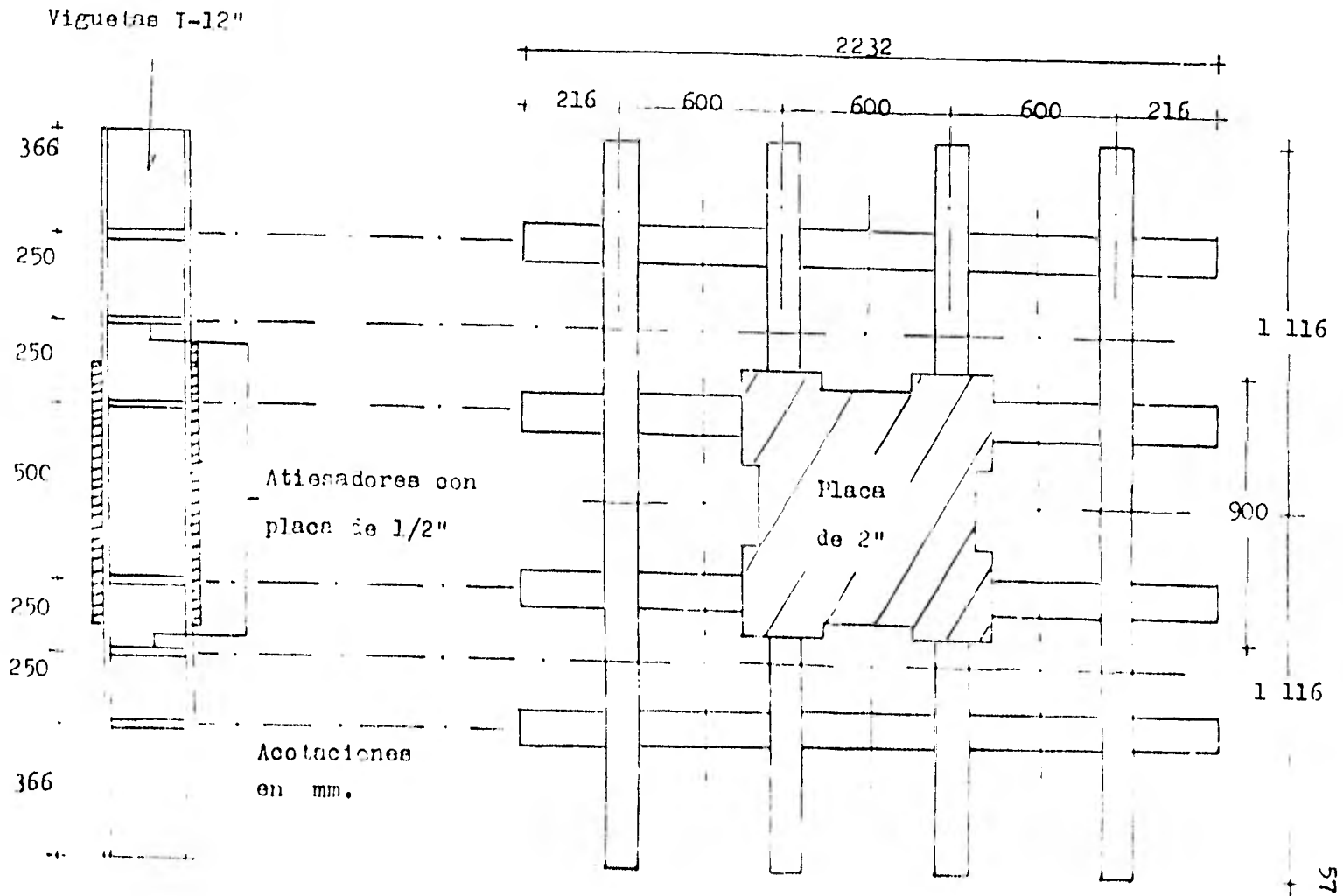


Fig. 11.15 Estructura metálica utilizada para distribuir uniformemente el empuje de los pistones hidráulicos.

Fig. III.16 Estructura de atraque.



hincado en avances definidos por el total de la carrera de los gatos, es decir de 0.60 m a 0.90 m. de longitud. Al concluir cada avance inmediatamente se debe proceder a retirar el material alojado en el interior del tubo.

La excavación en el frente de ataque debe ser realizada con herramienta manual, para el retiro del material producto de excavación es recomendable utilizar un malacate que nos permite el ahorro en tiempo al llevar a cabo esta labor.

- c) Una vez logrado el avance que nos permite el total de la carrera de los gatos, se retraen totalmente éstos y se procede inmediatamente a efectuar el avance de la estructura de ataque -- con el fin de que se puedan ejecutar nuevos avances, este proceso se repite hasta lograr el hincado total del primer tramo de tubería.

La estructura de ataque se apoyará sobre un tupido de viguetas de acero, las cuales se colocan de tal manera que se pueda aumentar ó disminuir el número de ellas a fin de lograr que la estructura de ataque avance ó retroceda según sea el caso.

La carrera de los gatos debe de controlarse con la finalidad de garantizar la correcta dirección de los tubos y la transmisión uniforme de las fuerzas.

Habiendo terminado de hincar el primer tubo, se retraen total^umente los gatos y se procede a la colocacion del tramo siguiente para lo cual es necesario repetir el mismo proceso de hincado utilizado para el primero. Los tramos siguientes se hincarán de la misma forma.

d) Realizado el hincado de la totalidad de los tramos y habiendo retirado el material producto de excavación del interior de los tubos, se procede a cortar los ángulos que existen en el interior de éstos, tras lo cual se procede inmediatamente a la construcción del revestimiento definitivo de la tubería instalada.

III.2.2.C Revestimiento Definitivo.

El revestimiento definitivo está conformado por una pared de concreto reforzado de 8.5 cm de espesor, quedando una sección libre de 1.83 m de diámetro interior, como se aprecia en la figura III.17.

El concreto a utilizar es de $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$ con un agregado con tamaño máximo de $3/4"$, reforzado con electromalla de $6 \times 6 - 6/8"$.

1) Como primer paso se procede al colado de la cubeta del túnel utilizando una bomba para concreto.

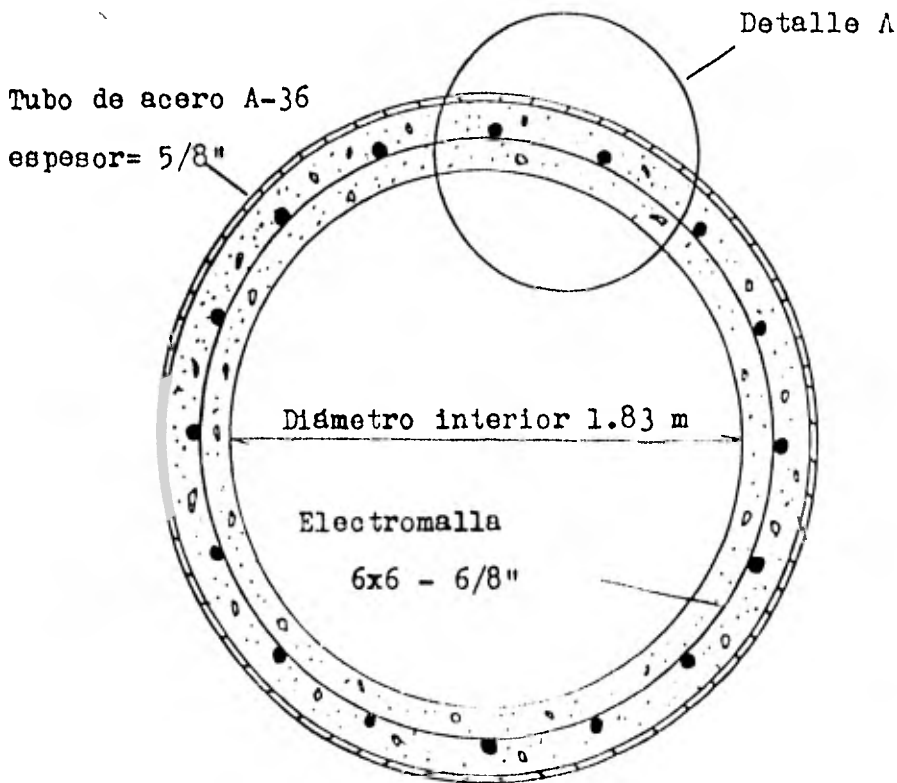
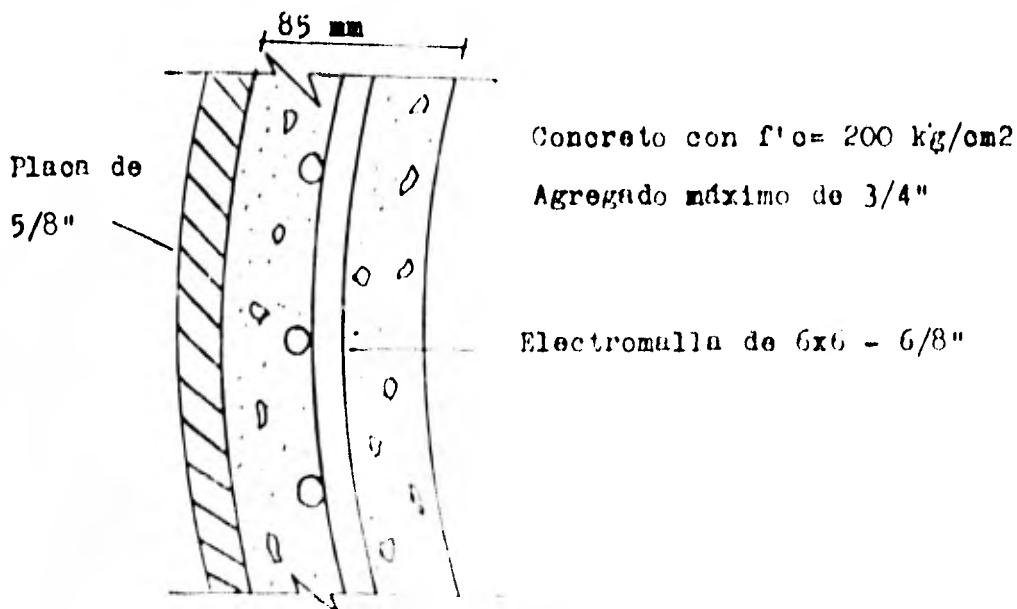


Fig. III.17 En la figura superior se observa el revesti-
miento definitivo del tubo de acero hincado.

En la figura inferior se muestra el detalle A.



El colado se lleva a cabo en tramos saltados de 2 a 3 m de longitud, para lo cual es necesario definir correctamente sus --- fronteras, dejando la preparación requerida para la continuación del refuerzo en los tramos adyacentes.

Posteriormente se realiza el colado de los tramos interme--- dios que son los faltantes, con lo que queda construida la cubeta del túnel formado por los tramos de tubo de acero hincado.

Para garantizar un buen colado se debe asegurar la limpieza de la superficie interior del túnel, retirando totalmente el pro--- ducto de excavación que aún pueda permanecer adherido a ella. De igual modo se debe tener cuidado de humedecer dicha superficie an--- tes de iniciar el colado, cuidando además la buena colocación de la electromalla que servirá de refuerzo.

11) Una vez colada la cubeta se inicia el colado de las pare--- des y de la clave del túnel mediante concreto lanzado. A este con--- creto se le dará un acabado similar al del concreto colado con -- bomba.

El método ó procedimiento que debe usarse para aplicar el --- concreto lanzado es el de "mezcla húmeda", el cual consiste en -- mezclar cantidades medidas de agregados, cemento, agua y un aditi--- vo acelerante de fraguado, para introducir la mezcla resultante - en un recipiente y conducirla neumáticamente a través de una man--- guera, expulsándola finalmente por una boquilla.

Es importante utilizar este método ya que es el único que garantiza una variación mínima en la relación agua-cemento, que a su vez asegura la resistencia requerida en este tipo de trabajo.

A continuación se mencionan algunos puntos de interés concernientes a la aplicación de esta técnica:

I) Dosificación y Mezclado.

a) Agregados: El agregado a utilizar debe tener un tamaño de $3/8"$. Se debe agrupar en dos fracciones para ser mezclado, la primera de tamaños entre la malla 4 y $3/8"$ y la segunda constituida por arena (entre la malla 200 y la 4), no conteniendo más del 60% de ella. La relación cemento-agregados debe ser aproximadamente - 1 a 4.

b) Cemento: Debe emplearse el tipo I o tipo III.

c) Relación Agua-Cemento: Con objeto de lograr la resistencia especificada la relación a utilizar debe ser de 0.64 aproximadamente.

d) Aditivos: Se debe agregar a la mezcla un aditivo acelerante de fraguado del tipo Sigumite, Rapidur, Ioz Lig, Stabilator ó similar una proporción que no exceda de 2 % de aditivo en relación al peso del cemento.

Si el aditivo utilizado viene en polvo, se debe añadir directamente al recipiente de mezclado, y si viene líquido se debe mezclar con el agua y tomar en cuenta su volumen para sustituirlo -- por el volumen correspondiente de agua de la mezcla.

e) Tiempo de Mezclado y de Fraguado: El tiempo de mezclado -- debe ser de dos minutos y la dosificación de agregados y cemento debe hacerse por peso en una mezcladora o revolvedora. El fraguado inicial debe ser de 1.5 horas y el final de 10 horas.

f) Resistencia: La resistencia a la compresión axial del concreto ($f'c$) debe ser de 200 Kg/cm^2 .

II) Colocación.

a) Presión de Lanzado: La presión de lanzado debe mantenerse entre 3.5 y 4.5 Kg/cm^2 , por lo que debe evitarse tener intermitencias en el suministro del aire a presión, para lo cual debe contarse con un compresor y todo el equipo necesario para garantizarlo.

Por otro lado, debe aumentarse 0.3 Kg/cm^2 por cada 15 m de manguera en exceso de los primeros 30 m.

b) Posición de Lanzado: Al llevar a cabo el trabajo el lanzador siempre debe estar ubicado en una posición normal a la super-

ficie del muro, siendo esto muy importante para una buena adherencia entre concreto y superficie, además de disminuir el rebote.

Para garantizar una buena compactación y calidad del concreto con un mínimo de rebote, el lanzado debe efectuarse a una distancia que varíe entre 1.0 m y 1.2 m de la superficie por recubrir.

o) Secuencia y Espesor de las Capas: El lanzado se ejecuta de abajo hacia arriba en franjas de un ancho máximo de 6 m, aplicándose en una sola capa. Deben instalarse maestras ó elementos que indiquen al operador el espesor a que debe llegarse. Es recomendable iniciar el lanzado desde el tramo más alejado hacia la caja de disparo, una vez hecha la colocación de la electromalla de refuerzo.

III) Preparación de la Superficie.

Con el objeto de lograr la correcta adherencia entre la superficie interior del túnel formado por los tramos de tubo de acero hincados (paredes y clave), y las capas de concreto lanzado, dicha superficie debe quedar libre de polvo, de material producido de excavación y de material de rebote del propio concreto lanzado. De igual modo, la superficie que recibirá el concreto debe estar húmeda.

IV) Rebote.

Se debe cuidar que el rebote se mantenga siempre abajo del - 20%, para lograr ésto debe tenerse ouidado con respecto a los siguientes aspectos que influyen en el incremento del mencionado rebote:

- a) Calidad pobre del lanzado.
- b) Mala graduación del agregado.
- c) Angulo incorrecto de lanzado.
- d) Distancia incorrecta de lanzado.
- e) Presión de aire insuficiente ó pulsante.
- f) Mala operación de la máquina lanzadora.
- g) Segreguación del agregado de la mezcla.

Por último, y una vez terminada la construcción del revestimiento definitivo del túnel, las hoquedades que quedan entre el - muro definitivo de la caja y el último tramo de tubería hincado, se rellenan con concreto simple provisto de un aditivo estabilizador de volumen.

III.2.2.D Unión entre Tubo de Acero hincado y Tubo de Concreto tendido a cielo abierto.

Para dar por concluidas las etapas concernientes a la instalación de los tramos de tubería por medio de hincado de tubo de acero, es necesario llevar a cabo la unión con los tramos de tubería de concreto tendidos a cielo abierto.

Para realizar este trabajo se necesita efectuar una excavación de 4.50 x 4.50 m hasta llegar a una profundidad de 30 cm -- por debajo de los dos tipos de tubería por unir, utilizando una estructura de contención como la que se describe más adelante.

a) Excavación preliminar.

Como primer paso es necesario localizar en la superficie -- del terreno el sitio de unión de las 2 tuberías, para posteriormente iniciar una excavación a mano en una área de 4.50x4.50 m y hasta una profundidad de 1.50 m con la finalidad de localizar y proteger las instalaciones municipales que pudieran existir. Como 2o. paso se procede a hincar en el terreno en todo el perímetro de la excavación y hasta una profundidad de 3.00 m abajo de la máxima profundidad de proyecto, viguetas de acero 1-10".

Con respecto a las viguetas que sea necesario hincar sobre las tuberías ya instaladas, se debe aclarar que deben alcanzar

una profundidad de 30 cm arriba del lomo de las mismas.

La separación de las viguetas es de 0.90 m y 1.20 m como es posible observar en la figura III.18, que a continuación se presenta.

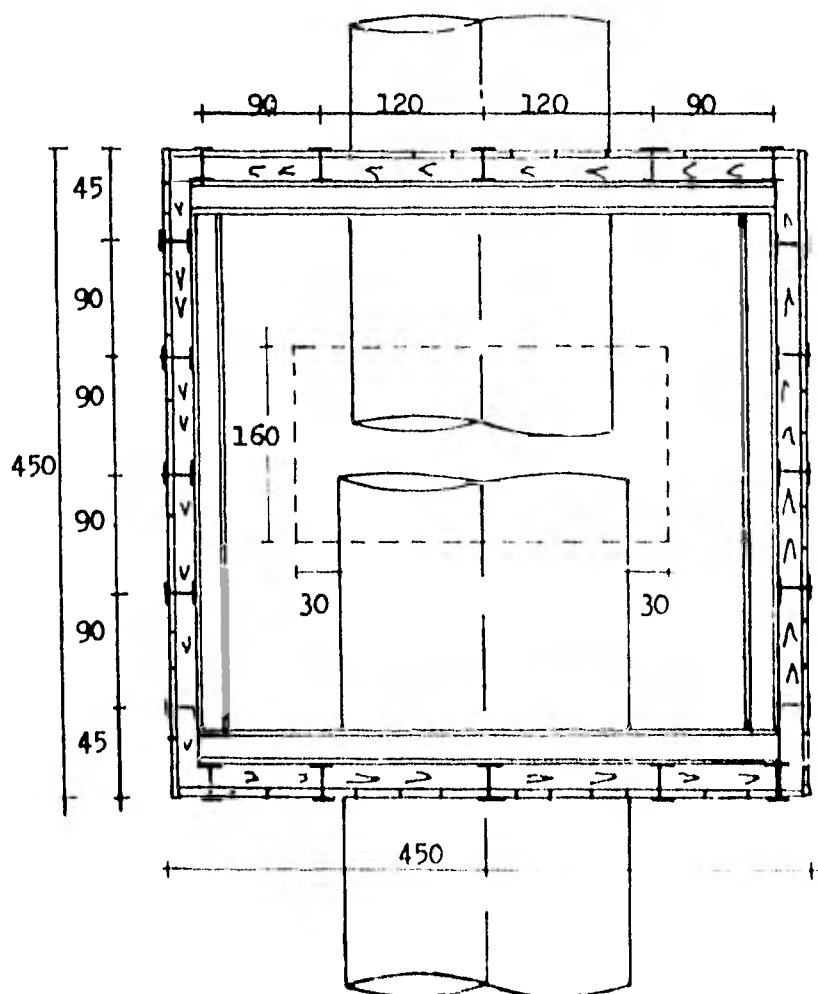
B) Excoavación y Apuntalamiento.

Una vez terminado el hincado de las viguetas en el terreno, se inicia la excoavación con máquina. A medida que ésta vaya progresando se debe colocar entre las viguetas hincadas por un lado un tupido de tablonos de 2" de espesor, y por otro largueros de madera de 6" X 6", a cada 75 cm de profundidad, con la finalidad de fijar el tupido de tablonos de madera a las viguetas hincadas.

Se deben colocar 3 niveles de vigas madrinas, en los niveles -1.00 m, -2.80 m, -4.60 m, ya que la excoavación máxima es de aproximadamente -7.50 m.

Las vigas madrinas se colocan en todo el perímetro de la excoavación y van soldadas entre sí en sus extremos, de tal manera que se formen marcos de contención como se indica en la figura III.18.

Las vigas madrinas se instalan tan pronto como la excoavación descubre sus puntos de aplicación, por lo que no se debe conti-



Anotaciones en
centímetros.

Fig. III.18 Puede apreciarse la separación de la vigueta hincada y la formación de los marcos de contención con vigueta I-12", así como el adomado de tablones y largueros de madera. - Con líneas punteadas se señala la localización del dado de unión de ambas tuberías (hincada y tendida a cielo abierto).

nuar la excavación si aquellas no han sido colocadas en su elevación correspondiente.

Una vez instalado el último marco de contención, se debe continuar con el proceso de excavación hasta descubrir totalmente — las dos tuberías, debiendo alcanzar una profundidad de 35 cm por abajo de ellas.

c) Dado de Unión.

Habiendo terminado la excavación se procede a colar una plantilla de concreto pobre de 5 cm de espesor utilizando un aditivo acelerante de fraguado.

La finalidad de esta plantilla es proporcionar una superficie estable sobre la que, tres horas después de colada, se pueda efectuar el armado y posterior colado de un dado de concreto que unirá a las tuberías, como se aprecia en las fig. III.19.a y b.

Es importante que al efectuar la última etapa de excavación, se realice simultáneamente el habilitado del acero necesario para llevar a cabo el armado sin contratiempos, con lo que es posible colar el dado a la mayor brevedad posible reduciendo el tiempo — que la excavación permanezca abierta.

El concreto a utilizar es de resistencia $f'_{c} = 150 \text{ Kg/cm}^2$ y el acero de refuerzo con $f_y = 4000 \text{ Kg/cm}^2$. Antes de iniciar el co-

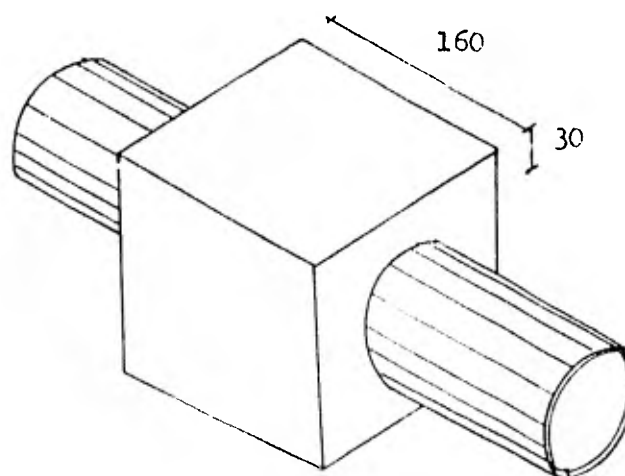
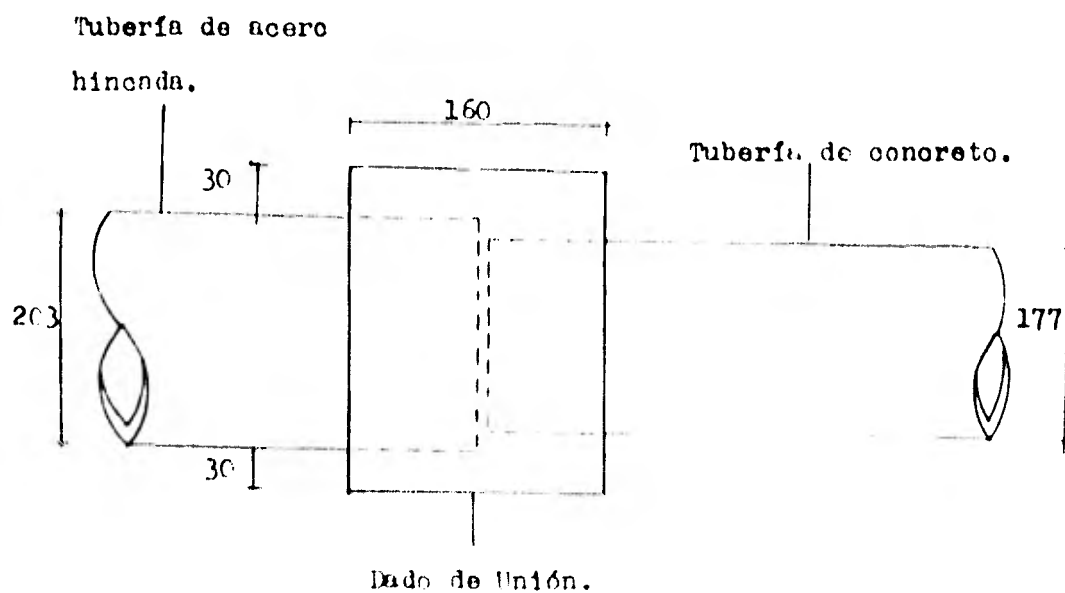


Fig. III.19.a En la figura superior se ilustra el dado de unión de concreto, mientras que en la figura inferior es posible apreciarlo en planta.

Acotaciones en
centímetros.



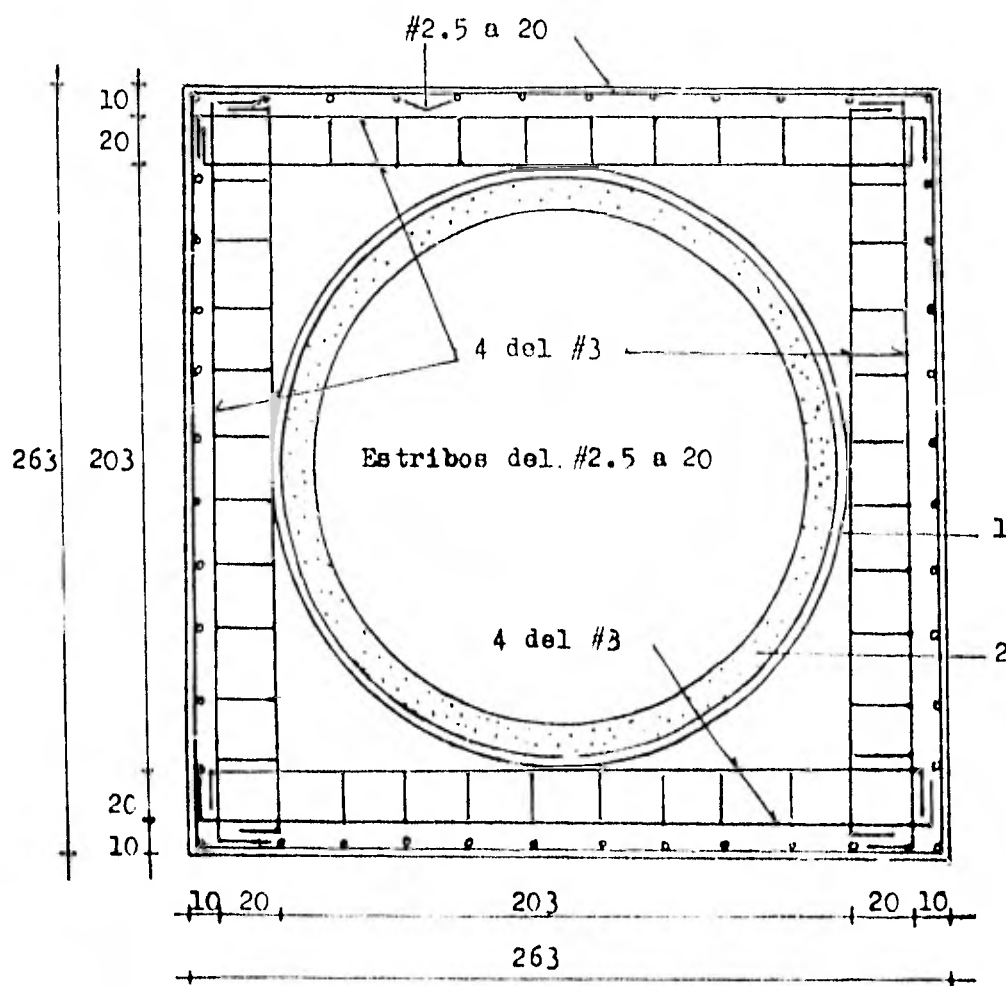


Fig. III.19.b Corte transversal que muestra el tipo de armado necesario para reforzar el dado de unión.

- 1) Tubo de acero.
- 2) Revestimiento de concreto.

lado se debe picar, limpiar y humedecer la zona correspondiente -- del tubo de concreto, limpiando y humedeciendo la correspondiente al tubo de acero.

d) Relleno.

El proceso de relleno es posible iniciarlo 24 horas después - de haber efectuado la unión de las tuberías, utilizando material - de banco areno-limoso, tipo tepetate, la colocación del material - de relleno se lleva a cabo en capas de 20 cm de espesor compacta-- das al 90 % de su peso volumétrico máximo según la técnica Proctor Estándar.

A medida que el relleno avanza se va alcanzando el punto de - aplicación de los diversos elementos que conforman la estructura - de contención, y en ese momento se retiran.

Para llevar a cabo el proceso de relleno es conveniente utili-- zar equipo con gran libertad de acción y mucha maniobrabilidad pa-- ra lograr compactaciones lo más uniformes posible, incluso en las zonas adyacentes a las vigas madrems. Debido a lo anterior, es re-- comendable el uso de equipo tal como pinones con motor de explo-- sión ó del tipo neumático, alimentado por un equipo compresor de - aire.

Las viguetas que fueron hincadas en el terreno se pueden ex-- traer cuando el material de relleno se encuentre a 1.50 m abajo de

la superficie del terreno. Una vez que el relleno alcance el nivel de Sub-rasante se debe proceder a la reconstrucción del pavimento, que, como se mencionó en capítulos anteriores, consiste en la colocación de una estructura formada por Carpeta, Base, Sub-base y capa sub-rasante con espesores definidos (7.5 cm, 15 cm, 15 cm y -- 20 cm respectivamente).

La reconstrucción del pavimento retirado de la zona ocupada -- por la excavación hecha para la construcción del dado de unión, -- fué realizada simultáneamente y por lo mismo incluida en la reconstrucción integral del pavimento de las calles que alojan el desvío del Colector, siendo tratado anteriormente en el punto III.1.6.

III.3 CAJAS DE CONEXION Y CAJAS DE DEFLEXION.

Para llevar a cabo la construcción de las cajas de conexión y las cajas de deflexión que constituyen una parte importante para el buen funcionamiento del colector, existen procedimientos adecuados a las circunstancias que prevalecen en cada situación.

En el caso que nos ocupa se utilizaron dos procedimientos de construcción cuya diferencia básica estriba en la estructura de contención utilizada. Dichos procedimientos constructivos se describen a continuación.

III.3.1 Cajas con adomado de tablonos y viguetas.

La excavación necesaria para realizar la construcción de las cajas se lleva a cabo a cielo abierto entre una estructura de contención constituida por viguetas de acero I-10" pesadas hincadas en el terreno, un tupido de tablonos de madera de 2" de espesor, largueros de madera de 6" X 6", vigas madrinan de acero I-12" pesadas y troqueles de acero órdula 40 de 8" de diámetro.

La utilización de estos elementos se realiza de acuerdo a las etapas marcadas en la secuencia siguiente:

III.3.1.A Excavación y Apuntalamiento.

Como primer paso es necesario definir el área de excavación, para lo cual se realiza el trazo de los paños exteriores de los muros de la caja y a partir de éstos se toman en consideración las dimensiones que se muestran en la fig. III.20.

Una vez definida el área de excavación de la caja, se procede a excavar a mano hasta 1.0 m de profundidad con la finalidad de procurar la localización de algunas instalaciones municipales que pudieran existir, descubrirlas y darles la protección adecuada para no dañarlas.

A continuación se procede a hincar en el terreno hasta una profundidad de 3.0 m abajo de la máxima profundidad de excavación las viguetas de acero I-10" pesadas dándoles una separación eje a eje de 0.60 m.

Las viguetas que se localicen sobre el colector existente en algunos casos, deben alcanzar una profundidad tal que la distancia mínima que exista entre su extremo inferior y el punto más cercano del colector sea de 0.50 m.

Al llevar a cabo el hincado de las viguetas en el terreno puede darse el caso de encontrar algunos estratos de materiales duros que ofrezcan resistencia excesiva para dicho hincado, para solucionar esto deben hacerse perforaciones en el número pe

se requiera y hasta una profundidad suficiente para eliminar es ^{os} obstáculos en los sitios donde las viguetas serán hincadas.

Una vez hincado el total de las viguetas de acero requeridas, se continúa con la excavación en toda el área y conforme ésta avance se deben colocar los tablones y largueros de madera entre las viguetas. Los largueros se colocarán a cada 0.75 m de profundidad y de tal manera que sujeten a los tablones.

De este modo se conforman un tupido de tablones que apoyado en el sistema constituido por las viguetas de acero, trabaje en la contención de las paredes de la excavación.

Las vigas madrinan y los troqueles se deben colocar inmediatamente después de que la excavación descubre sus puntos de aplicación.

Las vigas madrinan se colocan en todo el perímetro de la excavación de manera que se formen marcos de contención tal como se indica en la mencionada figura III.20.

Para el caso que nos ocupa y que tomamos en consideración para fines de descripción del proceso constructivo, el proyecto señala la colocación de dos niveles de vigas madrinan y de troqueles, cuya disposición y elevaciones se indican en las figuras III.21.a y III.21.b.

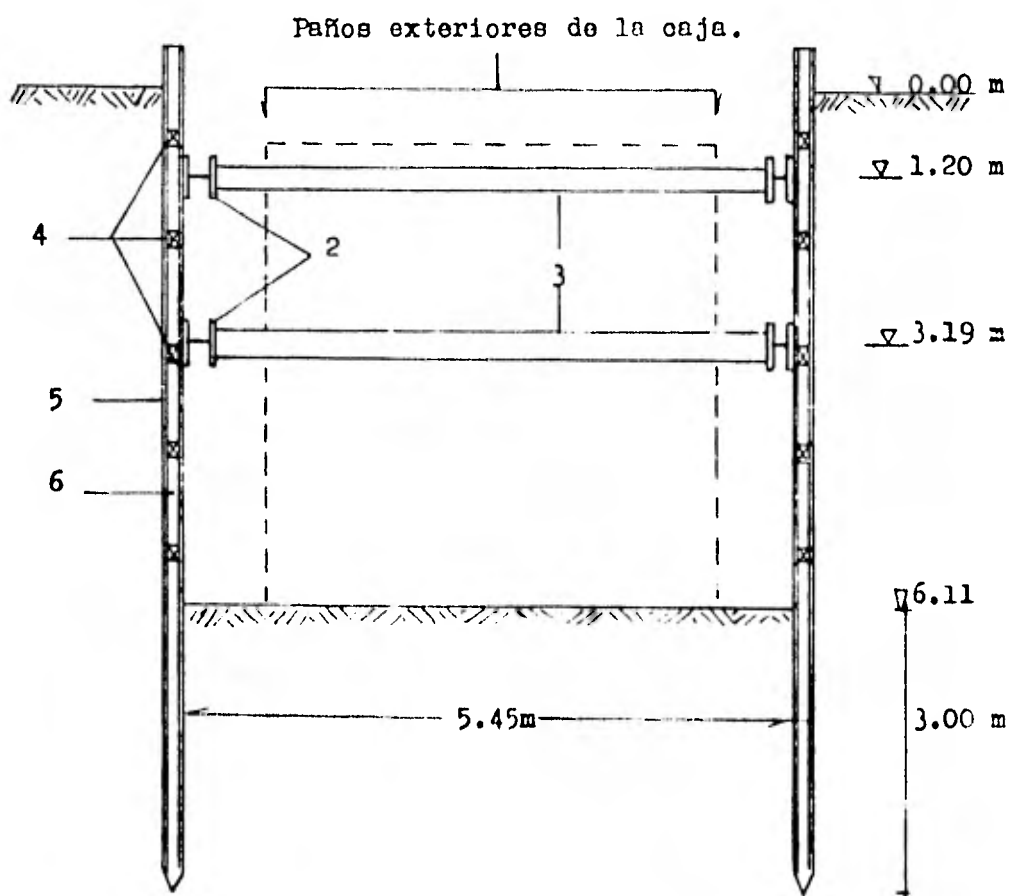


Fig. III.21.a Distribución de la estructura de contención

- 2) Viga de acero I-12" pesada.
- 3) Troqueles de tubo de acero cédula 40 de 8" de diámetro.
- 4) Largueros de madera de 6"x6".
- 5) Tupido de tablonos de 2" de espesor.
- 6) Viga de acero I-10" pesada hincada en el terreno

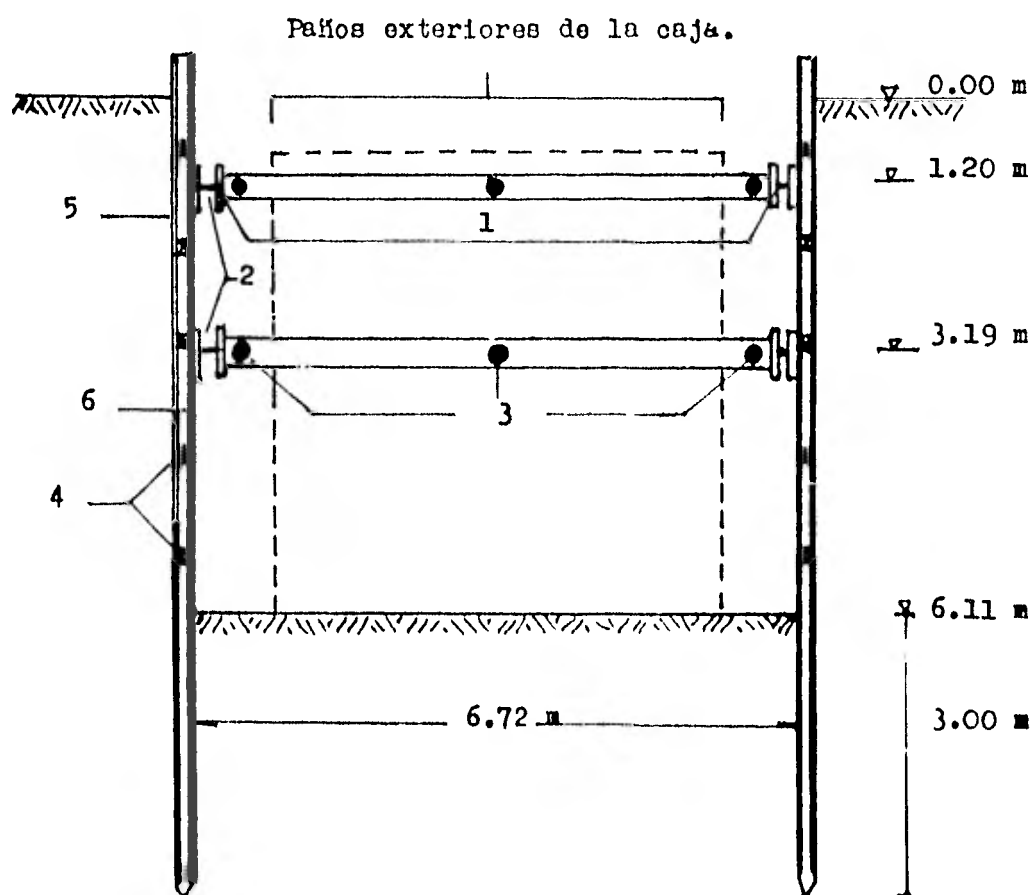


Fig. III.21.b Corte de la excavación en que se puede apreciar otro aspecto de la estructura de contención.

- 1) Zona donde se deben soldar las vigas madrinas.
- 2) Viga de acero I-12" pesada funcionando como madrina.
- 3) Troqueles de tubo de acero oédula 40 de 8" de diámetro.
- 4) Largueros de 6"x6", de madera.
- 5) Tapido de tablonos de 2" de espesor.
- 6) Viga de acero I-10" pesada.

Por otro lado, por ningún motivo se debe continuar con la excavación si las vigas madreñas y los troqueles no han sido colocados en sus elevaciones correspondientes, con el fin de evitar cualquier deslizamiento del terreno que pudiese ocurrir al afectar su estabilidad.

Como es obvio, la excavación se lleva a cabo por etapas definidas y limitadas ó marcadas por las elevaciones en que se colocan las vigas madreñas y sus troqueles correspondientes, hasta haber realizado la colocación del último nivel requerido de estos elementos.

Por otro lado, el agua producto de las filtraciones que se presenten durante la excavación se controlará por medio de pequeños cárcamos contruidos en los lugares donde sean necesarios, comunicados entre sí por zanjás, y desde los cuales se pueda extraer el agua por medio de bombas autocebantes, que serán utilizadas en número suficiente para mantener el fondo de la excavación siempre estanco.

III.3.1.B Plantilla y Losa de Piso.

Habiendo colocado el último nivel de vigas madreñas y de troqueles, se continúa la excavación hasta alcanzar la máxima profundidad de proyecto, tras lo cual se cuela inmediatamente una plantilla de concreto pobre con aditivo acelerante de fraguado con un espesor de 10 cm.

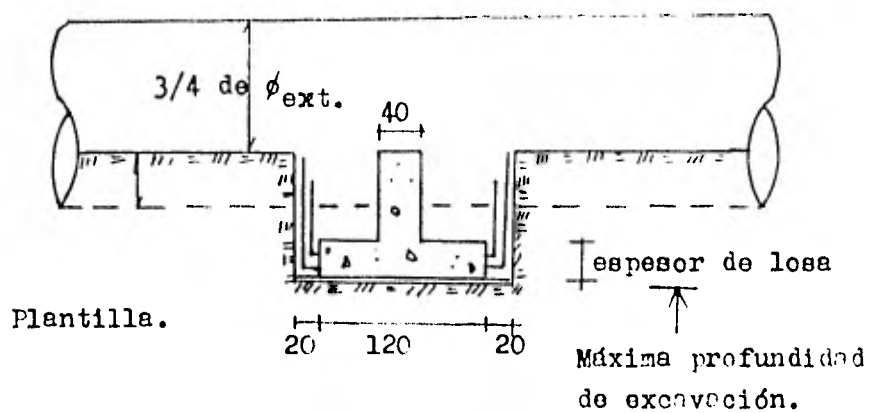
Tres horas después de haber colado la plantilla que nos -- proporciona una superficie estable sobre la cual se puede trabajar en forma eficiente, se inicia el armado de la losa de piso para posteriormente llevar a cabo su colado, teniendo cuidado -- de mantener en funcionamiento un pequeño cárcamo de bombeo fuera de la zona ocupada por la mencionada losa, con el fin de conservar la zona de trabajo con el menor nivel posible del agua -- producto de filtraciones hacia la excavación.

Veinticuatro horas después de haber terminado el colado de la losa de piso se procede a trabajar en la construcción de los muros de la caja.

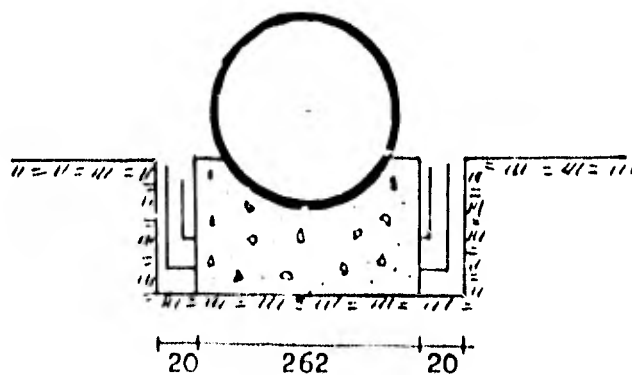
La secuencia anterior no es plenamente aplicable en los casos de cajas de conexión sobre un colector en funcionamiento, -- al cual debemos conectarnos y que al mismo tiempo constituye -- una grave interferencia para la ejecución de los trabajos, esto debido a la inestabilidad que se produce en torno al colector -- existente al tener que llevar a cabo la excavación en su rede--dor con objeto de llegar al nivel de excavación de proyecto.

Cuando se presenta este caso se procede a la construcción de silletas de concreto (fig. III.22) bajo el colector existente, con el fin de sostenerlo e inmovilizarlo, para lo cual se -- lleva a cabo lo siguiente:

Habiendo colocado el último nivel de vigas maderneas y de --



CORTE LONGITUDINAL.
Acotaciones en centímetros.



CORTE TRANSVERSAL.

Fig. III.22 Silletas de concreto.

troqueles, se continúa la excavación hasta llegar a descubrir las tres cuartas partes de la altura del colector en funcionamiento.

Posteriormente, en este nivel y al centro de la longitud descubierta de dicho colector, se hace una zanja transversal al eje del mismo hasta alcanzar la profundidad máxima de excavación. La zanja debe tener 1.60 m de ancho por 3.0 m de largo.

Una vez terminada la zanja, se procede a colar dentro de ella una plantilla de concreto pobre con un espesor de 10 cm y provisto de aditivo acelerante de fraguado.

Tres horas después de terminar el colado de la plantilla se debe efectuar el armado y colado del tramo correspondiente de la losa de piso descubierto por la zanja. Enseguida se procede al armado y colado de la silleta que sostendrá a la tubería y por lo tanto permitirá continuar con la excavación.

Es conveniente tomar en consideración que, durante la construcción de la losa de piso dentro de la zanja, se debe dejar preparado el armado correspondiente, con el objeto de que exista liga estructural entre el tramo de losa colado y el resto de la misma que se colará posteriormente.

La silleta de concreto debe tener un ancho de 40 cm y una longitud de 2.62 m como se muestra en la mencionada fig. III.22

Por otro lado, en caso de que el colector existente resulte estar constituido por tramos de tubo, las silletas se deben construir abajo de cada junta de unión.

Si alguna junta de unión se localiza en el sitio donde se deba construir algún muro, es necesario contruir silletas a am los dos lados de la junta de tal manera que no interfieran con la construcción de dicho muro.

En la elaboración del concreto para la construcción de las silletas debe utilizarse un aditivo acelerante de fraguado ó utilizar cemento tipo III, para que transcurridas 72 horas después de haber terminado la construcción de dichas silletas continúe la excavación en toda el área hasta alcanzar la máxima profundidad de proyecto.

Inmediatamente después de ésto, se procede a oclar el resto de la plantilla, con un espesor de 10 cm y dotada de aditivo acelerante de fraguado. Tres horas después de terminar el oclado de la plantilla, se procede a armar y oclar la losa del piso restante.

En los tramos de losa que fueron contruidos junto con las silletas, se debe preparar juntas frías que garanticen la continuidad estructural de toda la losa.

Por otro lado, las uniones de la losa de piso con las si--

lletas deben impermeabilizarse, por lo que se debe tener el suficiente cuidado en ello.

III.3.1.C Muros Estructurales.

Transcurridas 24 horas después de haber terminado el colado de la losa de piso, es posible iniciar el armado de los muros estructurales de la caja.

Una vez terminado el armado, para el cual se debe tener especial cuidado en lo concerniente a traslapes, recubrimiento, anclajes, etc., se procede a llevar a cabo el cimbrado correspondiente.

Para facilitar el colado de los muros, es posible construirlos en 2 etapas ó niveles cuidando de preparar la junta fría correspondiente para asegurar la continuidad estructural requerida.

En los lugares donde exista interferencia con los troqueles, se deben dejar cajas de sección cuadrada de 0.30 m X 0.30m con el fin de permitir el colado de los muros sin dejar los troqueles ahogados en el concreto.

Una vez que el concreto de los muros alcance su resistencia especificada, se debe colocar el relleno de concreto simple ó pobre en el interior de la caja conformando la media caña adecuada.

cuada para permitir la conducción de aguas negras y deshechos - eficientemente en su paso por la caja.

III.3.1.D Losa de Techo y Relleno.

Una vez que el concreto de los muros alcance su resistencia especificada, también se inicia el relleno de los espacios libres comprendidos entre los muros de la caja y las paredes de la excavación, utilizando un material areno limoso de banco, colocado en capas de 20 cm de espesor y compactado al 90 % técnica próctor estándar.

Conforme avance el relleno se lleva a cabo la extracción - de toda la estructura de contención. Los troqueles y las vigas madreñas se retiran cuando el relleno alcance sus puntos de aplicación ó se encuentre a una distancia de 30 cm abajo de dichos puntos.

Los espacios que permiten el paso de los troqueles a través de los muros, se rellenan de concreto con aditivo estabilizador de volumen una vez que éstos se hayan retirado.

El relleno continúa hasta alcanzar una altura - de 30 cm abajo del paño superior de los muros. Enseguida se procede a efectuar el armado de la losa superior ó de techo, para lo cual es necesario terminar el cimbrado del total del área - ocupada por dicha losa.

Debe verificarse que el nivel en que se haya colocado la cimbra sea el correspondiente al del proyecto, además de localizar perfectamente en ella los registros de ventilación circulares, y los de acceso - rectangulares-.

Una vez terminado el armado se procede a realizar el colado de la losa. Fig. III.23.



Cuando la losa de techo haya alcanzado su resistencia especificada, se continúa el relleno y además se retiran las viguetas que fueron hincadas en el terreno. En caso de que se dificulte la extracción de las viguetas, es posible utilizar un motor con giro excéntrico que produzca vibraciones el cual se coloca en la pluma de la grúa.

Una vez que el relleno alcance el nivel de la capa Sub-rasante se procede a la reconstrucción del pavimento si es que existía y fue dañado por la excavación, si no es éste el caso el relleno continúa hasta llegar a nivel de terreno natural.

Dicha reconstrucción del pavimento consiste en la colocación de una estructura formada por Carpeta, Base, Sub-base y capa Sub-rasante, el proceso a seguir se describe con más detalle en el inciso 3.1.6.

III.3.2 Cajas con Muros Tablestaca ó Milán.

Para ilustrar el proceso constructivo de cajas con este tipo de estructura de contención, tomaremos en consideración la construcción de la caja de conexión CCV correspondiente al desvío de colectores y que se localiza sobre la Avenida Río Consuelo a la altura de la calle Apicultura.

La excavación para la construcción de la caja se realiza a cielo abierto entre taludes y muros tablestaca armados y colados en el sitio.

La geometría y dimensiones generales de la caja se muestran en la fig. III.24. Los muros tablestaca se ubican en los lados norte y sur de la caja, tal como se muestra en la misma figura. Los taludes se conforman en los lados oriente y poniente con una inclinación de 1:1 horizontal a vertical.

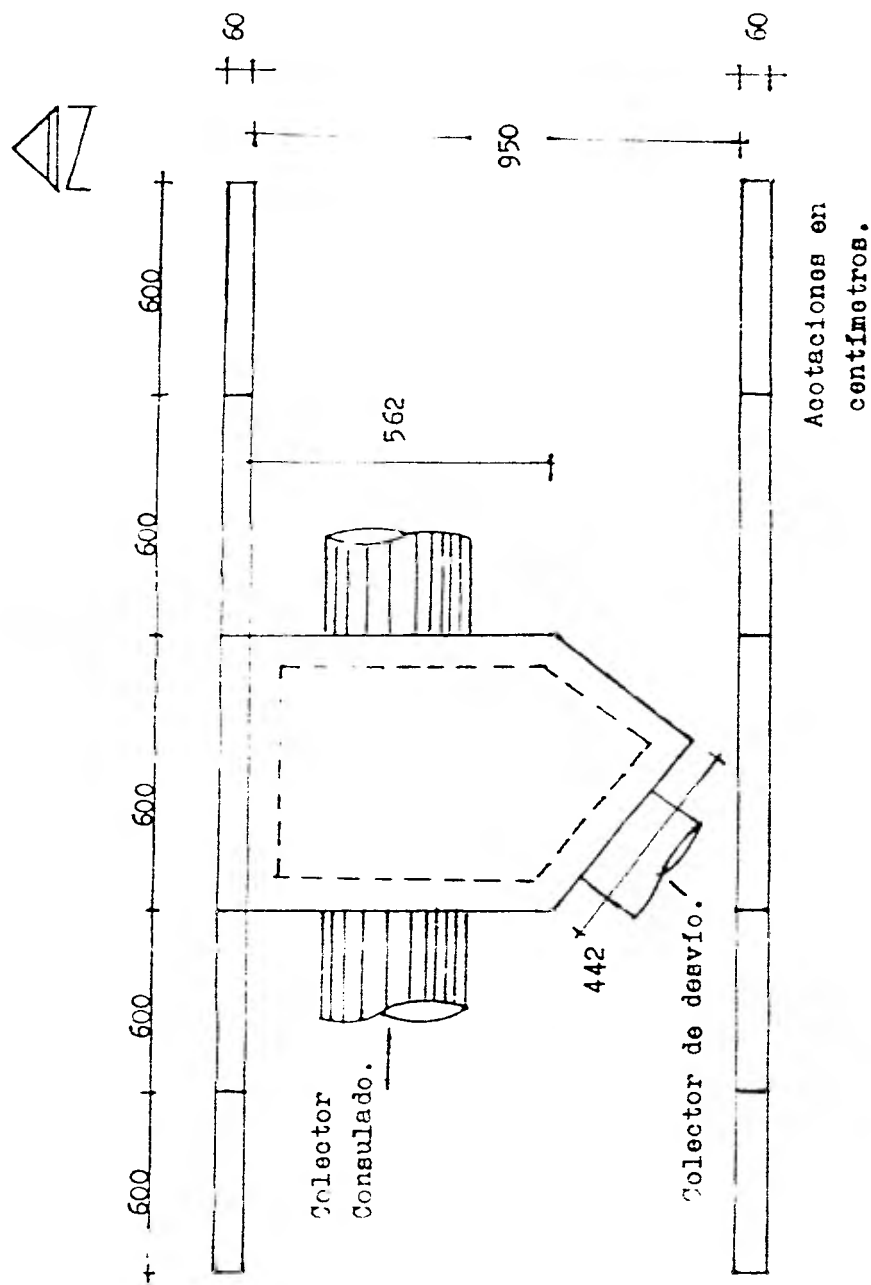
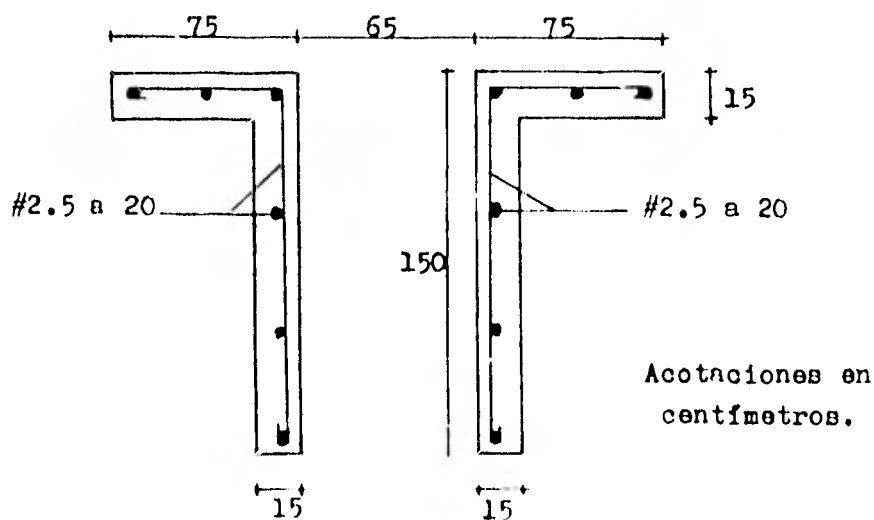


Fig. III.24 Localización y dimensiones de los muros tableros.

III.3.2.A Construcción de los muros Milán.

Una vez que sobre el terreno se haya definido la ubicación de los muros tablestaca ó Milán, se procede a construir los brocales correspondientes.

Los brocales son piezas en forma de ángulo recto, "delantales" de concreto colados en el lugar. Su refuerzo y separación del mismo se observa a continuación:



Los brocales tienen la finalidad de retener los rellenos - sueltos superficiales y de servir de guías a las herramientas - de excavación de los muros. Para cumplir adecuadamente con esta última función deberán dejar espacio de 65 cm para muros de 60 cm de espesor y su alineación debe ajustarse al trazo.

Para construir estos brocales deberá que excavar primero la

parte superior de las zanjas donde se van a alojar los muros, - hasta una profundidad variable de acuerdo con el espesor de los rellenos si existen, pero no menor de 1.50 m ni mayor que la -- profundidad a la que se encuentra el nivel freático. La profundidad del faldón del brocal para cada tramo se indica en proyecto.

En virtud de que dentro de los dos primeros metros bajo la superficie se encuentran la mayoría de los tubos y ductos de -- los servicios municipales, la excavación de las zanjas guía debe hacerse con precaución ya sea a mano ó con maquinaria, para no dañarlos.

Para colar las ramas verticales ó faldones del brocal, es necesario cimbrar. La cimbra de un lado se apoya contra la del otro por medio de puntales, de manera que se eviten las irregularidades o los abolsamientos.

Los puntales deben tener polines de madera de sección cuadrada de 10 X 10 cm y se colocarán a cada 2.0 m de separación -- horizontal. En el sentido vertical se colocan en dos niveles -- cuando la altura del brocal es de 1.50 m y en tres niveles cuando sea mayor.

Las ramas horizontales de los brocales constituyen pequeñas lonas sobre las cuales se puede rodar las máquinas de excavación.

El ancho mínimo de estas ramas horizontales es de 0.50 m. pero puede modificarse de acuerdo a las condiciones que presente el terreno de apoyo, de tal manera que se pueda garantizar siempre que el brocal quede bien apoyado sin peligro de voltearse durante la excavación.

Una vez que se han colado los brocales y las zanjas han quedado libres de estorbos, se deben colocar compuertas de madera ó de acero para aislar tramos de zanja guía correspondientes a la longitud del tablero del muro que se va a construir.

La longitud de la zanja aislada será igual a la del muro por construir y su valor se indica en proyecto, siendo por lo general de 6.0 m.

Por otro lado, las paredes de los tableros que se deben excavar para construir dentro de ellas los muros de concreto reforzado no son estables por sí solas aún cuando se conserve un tirante de agua equivalente al del nivel freático ó mayor. Para evitar que estas paredes se derrumben se deben estabilizar con lodo tixotrópico.

El lodo estabilizador debe ser una suspensión estable de bentonita sódica en agua. Se llama tixotrópico porque presenta una cierta resistencia al flujo cuando está en reposo, actuando como gel, al agitarse se vuelve líquido. La bentonita ó brea, que es la materia prima para la preparación del lodo estabilizador, es un tipo de arcilla que se encuentra en la naturaleza en forma de finas laminillas que se separan fácilmente una de otra al agitarse.

El lodo estabilizador debe tener una densidad mayor que la del agua con objeto de que el empuje hidrostático que ejerza sobre las paredes sea mayor que el de ésta.

El lodo se debe vaciar en el interior de los tableros desde el inicio de la excavación para mantener un nivel superior al freático con objeto de generar un gradiente de presiones sobre las paredes de la excavación que ayude a detenerlas ó a mantenerlas estables.

El gradiente además producirá infiltraciones del lodo hacia el interior de las paredes, por lo que debe controlarse la proporción agua-coloides, con objeto de que dicha infiltración sea mínima.

Al producirse la infiltración, se va formando en la frontera lodo-suelo una película de pequeño espesor de moléculas de lodo que constituye una verdadera membrana impermeable y resistente, conocida como "onke".

La tixotropía del lodo al pasar de sol a gel y las fuerzas electroquímicas y de tensión capilar que se generan entre lodo y suelo en la frontera de los dos materiales durante el filtrado, contribuyen a la formación de esta película y a la adquisición de su resistencia.

El gradiente además producirá infiltraciones del lodo

do para estabilizar las paredes de los tableros excavados.

Para que el lodo estabilizador cumpla adecuadamente su fun
ción, se requiere que:

i) Forme una película impermeable en la frontera con el --
suelo. Si no se forma o si se forma *gruesa* y poco resistente, -
el lodo penetrará por los poros del suelo y no se logrará la es
tabilización.

Para garantizar la formación de la película, el lodo debe
tener una cantidad importante de bentonita sódica. Las caracte-
rísticas de la película cambian notablemente por pequeñas varia
ciones en el proporcionamiento agua-bentonita ó por la contami-
nación del lodo con arena u otras partículas sólidas no coloida
les.

La cantidad de bentonita sódica que debe tener el lodo de-
be ser tal que la dosificación varíe entre 12:1 y 15:1 en peso
como proporción inicial. No debe usarse en la elaboración del -
lodo bentonita cálcica, ya que ésta reacciona con el concreto,
lo cual no es deseable para los fines que se persiguen con el -
empleo del lodo.

ii) Que la suspensión de bentonita sódica en agua sea esta
ble. Es decir, no debe haber sedimentación ó floculación de las
partículas de bentonita.

El lodo debe ser capaz de aceptar que se le añada un material inerte de más peso sin sedimentarse como puede ser la barita, material que permite obtener un lodo de más densidad, útil en la estabilización de tableros próximos a construcciones ó sobrecargas que imponen a las paredes de la excavación esfuerzos de compresión y de corte mayores que los de su peso propio.

Adicionalmente es necesario controlar el límite de fluencia del lodo (que es el punto de cambio de la ley de variación del esfuerzo cortante con la velocidad de deformación) debido a que el radio de penetración del lodo en los poros del suelo, -- así como el tamaño de las partículas sólidas no coloidales (limo y arena) que puede mantener en suspensión están en función -- del límite de fluencia.

Otras propiedades que juegan un papel importante en la calidad de los lodos y por tanto en su utilización más económica son sus características tanto físicas como mecánicas por lo que adicionalmente deberán controlarse los valores correspondientes a su viscosidad, su contenido de arena, su P.H. y su volumen de agua en pruebas de infiltrado.

Con todo lo anterior los límites dentro de los cuales deben mantenerse las propiedades de los lodos son las sgtes.:

- | | |
|------------------------|---------------------------------|
| 1) Viscosidad Plástica | Entre 10 y 15 centipoises |
| 2) Límites de Fluencia | " 5 y 25 lb/100 ft ² |

| | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 3) Viscosidad Marsh | Entre 35 y 50 segundos |
| 4) Contenido de Arena | Máximo 3 % |
| 5) Volúmen de Agua Filtrada | Máximo 20 cm ³ |
| 6) Densidad | Entre 1.03 y 1.06 gr/cm ³ |
| 7) Espesor de la costra
(cake) | " 1.0 y 1.5 mm |
| 8) P.H. | " 7 y 10 |

Todas las propiedades deben controlarse en laboratorio para establecer la relación agua-bentonita recomendable y verificarse periódicamente en las muestras obtenidas de los lodos que se manejen en campo.

El lodo se prepara con un mezclador de chiflón y se bombea a los recipientes de almacenamiento donde deben permanecer en reposo durante un período de 12 horas, dichos recipientes deben tener amplia capacidad para satisfacer las necesidades diarias de la obra.

De los recipientes se translada el lodo a las zanjas con una bomba centrífuga para lodos.

Mediante desarenado ó regeneración y recirculación se le podrá dar al lodo varios usos, la recirculación puede efectuarse pasando por la planta central de fabricación y almacenamiento, o bien, mediante una batería portátil de hidrociclones, en este último caso se pueda recircular localmente de un tramo de zanja a otro.

Esto es aconsejable cuando el empleo local del lodo se ubi-
que a una distancia tal de la planta central que sea antieconó-
mico bombearlo a ésta para limpiarlo y recircularlo.

El número de usos que se da al lodo está limitado por el -
cumplimiento de las propiedades ya mencionadas, por lo que cuan-
do el lodo haya perdido dichas propiedades debe desecharse y u-
tilizarse un lodo nuevo.

En todos los casos el nivel del lodo en la zanja ó tablero
estabilizado debe quedar 0.80 m abajo del borde superior del --
brocal. En ningún caso debe aumentarse esta distancia.

Durante la excavación debe efectuarse un control de las --
propiedades del lodo de perforación, este control consistirá en
efectuar las pruebas necesarias para confirmar que dichas pro-
piedades cumplan con los límites especificados.

Se deben llevar a cabo cuando menos dos pruebas de lodo --
por cada tablero, la primera al vaciar el lodo en la zanja an--
tes de iniciar la excavación y la segunda inmediatamente antes
de introducir la parrilla de refuerzo.

Si los resultados de las pruebas de lodo indican que no se
cumple con algunas de las propiedades, el lodo debe recircular-
se desde la zanja hasta la batería de hidrociclones desarenado-
rea.

Es conveniente que en caso de ser necesaria esta recirculación se cuente con las instalaciones necesarias (toma y descarga) para mantener en funcionamiento continuo la batería de hidrociclones durante todo el proceso de recirculación.

Todo lodo de primer uso que se utilice en las zanjas de excavación debe tener un período de reposo mínimo de 8 horas.

En caso que el suministro de lodo se haga por medio de pipas, el lodo contaminado debe ser sustituido por lodo nuevo conservando siempre el nivel del lodo dentro de la zanja a 80 cm - abajo del borde superior de los brocales.

El nivel mencionado anteriormente no debe ser abatido en ningún momento, a riesgo de causar succiones y gradientes en el manto freático que favorecen la desintegración y el derrumbe de las paredes de la excavación.

Es necesario proveer las instalaciones de preparación y regeneración de lodos y la capacidad de almacenamiento suficientes para cubrir ampliamente las necesidades diarias de la obra.

Es conveniente que esta amplitud cubra un 50 % en exceso - del volumen de las zanjas por rellenar en el día, para absorber el consumo adicional que se tenga por fugas ó pérdidas de lodo a través de las fisuras y grietas en las arcillas ó a través de los poros en los materiales más permeables.

Cuando las fugas se noten extraordinarias puede usarse aserrín en el lodo para rellenar las grietas. El aserrín debe añadirse en los recipientes de mezclado y no después, para evitar la formación de grumos.

Una vez que se ha aislado el tramo de zanja que se va a -- construir, se procede a la excavación de las zanjas mencionadas hasta el nivel de desplante de los muros señalado en el proyecto, manteniendo siempre el nivel del lodo a 0.80 m abajo del nivel superior de los brocales.

La excavación de los muros debe hacerse con equipo ó maquinaria cuya herramienta de corte sea guiada, con objeto de ofrecer una amplia garantía en lo que respecta a la verticalidad, alineamiento e integridad de las paredes de la zanja y que permite alcanzar sin problemas la profundidad media del muro indicada en el proyecto.

Se debe evitar el uso de maquinaria que utilice cucharón - de almeja suelta ó libre, ó cualquier otra herramienta no guiada, ya que con este equipo la verticalidad de los muros no se garantiza y se provocan derrumbes durante la excavación.

Por otro lado, la herramienta de excavación debe deslizarse con suavidad, sin chicoteos ni golpes, hincarla sin dejarla que choque o que caiga libremente contra el lodo ó contra las paredes de la zanja para evitar desmoronamientos ó caídas.

Se debe meter y sacar la herramienta de corte sin brusquedad para evitar efectos de émbolo en el lodo, cortar firmemente la arcilla hincando la herramienta a presión sin sacudir ni arrancar de súbito.

Una excavación hecha con destreza y siguiendo las precauciones indicadas, conduce a mejores acabados de los muros, a un celado limpio ahorrando problemas posteriores de rellenos, reedificaciones o afinaciones de los muros para cumplir con su verticalidad y alineamiento.

Las excavaciones de las zanjás se hacen en forma alternada es decir que no deben excavar-se tableros contiguos en forma simultánea. De igual modo, no debe excavar-se ningún tablero hasta que el concreto del contiguo haya alcanzado su fraguado inicial.

La longitud de las zanjás que alojarán los muros tablonetas se indica en el proyecto para cada caso particular, pero en ningún caso excede de 6.0 m, la profundidad de excavación se indica del mismo modo.

La excavación debe realizarse con el equipo trabajando en un total de 3 posiciones. La primera se inicia en un extremo del tablero.

Continúa hasta el extremo opuesto del tablero, se retira el equipo y se repite el proceso en el extremo opuesto, para completar la excavación del tablero.

que corresponde a la parte central del tablero en cuestión, lo que nos permite continuar con la limpieza necesaria del fondo de la excavación. Fig. III.25.



Fig. III.25 Aspecto de la excavación de un muro tableta ca con equipo de corte guiado.

Por otro lado, no se debe dejar una zanja totalmente exca- vada y ademada con lodo por mucho tiempo, por lo que no deben pasar más de 24 horas entre el inicio de la excavación de un ta blero y el inicio de su colado. De igual modo, no deben transcu rrir más de 6 horas entre el momento en que se alcanza la máxi- ma profundidad y el inicio del colado.

Tomando un ejemplo de la excavación de un muro de concreto.

de la zanja es curva, la profundidad de dicha excavación debe aumentarse al menos 20 cm a la que indica el proyecto en cada caso.

Una vez terminada la excavación, debe procederse a la limpieza del azolve del fondo, utilizando un tubo evector que se pasa por todo el piso de la zanja. Otra alternativa consiste en la recolección del azolve con la almeja.

Cuando se haya concluido la excavación y se haya verificado la profundidad de la zanja y las propiedades del lodo, se procede a introducir las juntas metálicas y la parrilla de refuerzo.

Las juntas son tubos metálicos huecos de forma semicircular ó rectangular que en una de sus caras tienen la forma macho ó hembra y que contiene una banda de PVC integrada.

Una parte de esta banda queda ahogada en el momento del colado y la otra parte queda libre en el interior del tubo para ahogarse durante el colado del muro contiguo.

A la cara de la junta que queda en contacto con el concreto debe aplicarse una película de grasa o de un desmoldante constituido por una resina epóxica para facilitar su extracción posterior.

En el interior del tubo-junta no debe introducirse el con-

creto, por lo que debe tener sus extremos cerrados y en su parte inferior lleva una caja metálica que se hince y asienta firmemente en el fondo de la excavación para evitar que se mueva o deforme durante el colado. Dicha junta debe ser lastrada para evitar su flotación.

Una vez que se han instalado las juntas se procede de inmediato a introducir la parrilla de armado dentro de la zanja ad
mada con lodo. Las parrillas van contraventeadas con rigidizado
res y se hacen descender por su propio peso por medio de una grúa, tomando las debidas precauciones con respecto a la verticalidad, el alineamiento y la profundidad de su colocación.



Fig. III.26 Parrillas de refuerzo para muros tablostaca esperando su colocación.

cal.

En el sentido horizontal van cuatro roles también ubicados de manera equidistante y en cada nivel mencionado. Así mismo, es necesario dejar dentro de la parrilla espacios libres de 60 cm de longitud y de ancho igual al existente entre los dos lechos del armado que contiene la parrilla, con varillas verticales de guía para el paso de las trompas de colado.

Después de colocada, centrada y nivelada la parrilla, se introducen las trompas de colado por tramos. Los coples de unión de cada tramo de las trompas deben ser perfectamente herméticos para impedir que la succión de la columna de concreto al bajar, chupe aire o lodo del interior.

Cada tramo debe ser de no más de 2.0 m de largo y con un diámetro no menor de 30 cm. El tubo que sobresale en la superficie se le conecta un embudo y una tolva. La boca de esta tolva debe quedar a una altura conveniente para que se pueda descargar directamente el concreto donde las ollas revolvedoras.

Todo el conjunto se subirá o bajará durante el colado, por lo tanto se debe contar con el equipo necesario para efectuar estos movimientos. Los tramos de tubo deben ser lo suficientemente fuertes y pesados para soportar el manejo.

El extremo inferior de la trompa y boca de descarga debe -

quedar apoyado en el fondo de la zanja antes de iniciar el colado.

Una vez introducidas las trompas de colado se coloca entre la tolva y el tubo un tapón constituido por un balón de látex, el cual desciende obligado por el peso del concreto vaciado evitando en esta forma la segregación y contaminación del concreto.

En esta forma se evita la descarga de concreto con mucha energía, que pueda dar lugar a la mezcla del concreto con el lodo. Para iniciar el flujo de concreto, la trompa debe levantarse a una distancia de 30 cm del fondo de la zanja.

Por otro lado, el concreto debe ser lo suficientemente fluido para que sin necesidad de vibrarlo penetre y se distribuya uniformemente por todo el tablero.

La boca de descarga de la trompa de colado no debe quedar ahogada menos de 1.50 m en ningún momento en el concreto que se esté colando.

Para ayudar al concreto a fluir al principio puede desplazarse la trompa verticalmente hacia arriba y hacia abajo vigilando que permanezca siempre suficientemente ahogada para que no exista contaminación del concreto con el lodo.

A medida que fluye, se va retirando la trompa de la tolva.

va con el fin de mantener la columna a una altura conveniente - para regular la rapidez del flujo, en esta forma el lodo de la zanja es desplazado hacia la superficie por la diferencia de -- densidades prácticamente sin necesidad de mover la tubería.

El impulso que lleva la primera mezcla al salir por la boca de descarga produce un efecto de arranque en el fondo del tablero y lo deja limpio de lodo.



Fig. III.27 Un aspecto del colado de un muro mildn. El - concreto es suministrado en ollas revolvedoras mientras que un "lato" se encarga de las maniobras verticales de las trompas de colado. Al fondo puede apreciarse el equipo utilizado para la - excavación del tablero.

El concreto no debe ser vaciado de golpe dentro de la tolva para lograr un flujo suave y continuo, por lo que no se deben tener retrasos ó suspensiones mayores de 15 minutos.

Siguiendo este procedimiento de colado el lodo no se mezcla con el concreto, sino que éste lo lleva siempre por delante hasta rebosar, ya sea a un recipiente colector o bien al tablero vecino ó irse succionando con una bomba de lodos.

También es necesario llevar un riguroso control de colado midiendo en forma permanente la variación del nivel del concreto y anotándolo en un registro, con objeto de poder decidir en un momento dado el retiro oportuno de los tramos de las trompas de colado y programar adecuadamente el suministro del concreto para evitar los reveses.

Son suficientes dos trompas de colado para llevar a cabo el colado de un tablero de 6.0 m de longitud, debido a las pendientes que desarrolla el concreto fluido dentro del lodo.

Las dos trompas de colado deben usarse en forma simultánea y una vez iniciado el colado no se deben desplazar lateralmente dentro del tablero, verticalmente sí es posible siempre que la boca de descarga quede ahogada más de 1.50 m en el concreto que se está colando.

Se debe tener presente que un buen procedimiento de colado representa:

- a) Tener un lodo de buena calidad y bajo control.
- b) Tener un concreto fluido.
- c) Dejar la trompa de colado ahogada siempre en el concreto no menos de 1.50 m durante el colado y asegurarse de que los coples de unión de los tramos de la trompa sean herméticos, es decir, que impidan la entrada del lodo hacia el interior.
- d) Hacer un colado continuo que no se interrumpa por más de 15 minutos.
- e) Evitar todo movimiento brusco de la trompa así como todo vibrado y picado, puesto que ello favorece la mezcla del lodo con el concreto, lo que da por resultado oquedades y zonas contaminadas de baja resistencia en el muro.
- f) Verificar durante el colado el volumen de concreto que entra en el tablero y el volumen de lodo que desplaza y compararlos con los volúmenes calculados de acuerdo con la geometría del tablero.

Si se encuentran diferencias notables puede significar que está habiendo fugas ó que hay mezcla del lodo con el concreto.

Por otro lado, el concreto de los muros debe llevar a un nivel de 30 cm. sobre el nivel anterior indicado en el proyec-

to. Estos 30 cm en exceso se consideran contaminados y que no contribuyen al trabajo estructural del muro.

III.3.2.B Excavación y Apuntalamiento.

Para llevar a cabo la excavación, en algunos casos es necesario abatir el nivel de aguas freáticas, esto se logra mediante la previa instalación y operación de pozos de bombeo en el área comprendida entre los muros milán.

Los pozos se perforan hasta 4.0 m abajo de la máxima profundidad de excavación. Los ademes de los pozos son tubos de fierro de 4" de diámetro, ranurados en toda su longitud excepto 1.50 m en ambos extremos.

Además deben estar provistos de tres aletas formadas por varillas de 3/4" cuyo diámetro circunscrito debe ajustarse a las paredes de la perforación. Estas aletas se localizan en puntos equidistantes a lo largo del ademe.

Para la extracción del agua del interior de los pozos se utilizan bombas de pozo profundo del tipo eyector de 1" X 1 1/4" operadas a una presión de 5 kg/cm². El nivel de succion de las bombas se colocan a 2.0 m abajo de la profundidad máxima de excavación.

Se comienza a bombear a di a antes de iniciar la excavación

y se suspende el bombeo en el momento en que finaliza el colado de los muros perimetrales de la caja.

La excoavación debe iniciarse cuando el concreto utilizado en la construcción de los muros tablestaca haya alcanzado su resistencia especificada, lo cual sucede a los 14 ó a los 28 días en el caso de haber usado cemento tipo III ó tipo I respectivamente.

El procedimiento de excavación y apuntalamiento entre los muros tablestaca se realiza por etapas, mismas que a continuación se describen. Los niveles que se indican en ellas están referidos a la elevación de la superficie de rodamiento, considerada como nivel 0.00 m.

En principio las etapas de excavación están definidas por los niveles de troqueles ó panteles a utilizar, cuya distribución es mostrada más adelante.

Como primer etapa se excava desde el nivel 0.00 m hasta el nivel -2.30 m procediendo de inmediato a la colocación de el -- primer nivel de troqueles, ubicado en el nivel -2.0 m.

Todos los troqueles del primer y segundo nivel están formados por tubos de acero estándar 40 de 14" de diámetro. En ambas -- extremos de los troqueles, en la zona de contacto del concreto de los muros y el cerro de los troqueles mencionados, se colo--

con "quesos" ó colchones de madera de forma circular cuyo objeto es repartir uniformemente los esfuerzos generados por la acción de los troqueles y el empuje del terreno. (Fig. III.28, -- III.29 a y b).



Fig. III.20 puede apreciarse la excavación con equipo provisto de almeja suelta ó loca para la colocación del segundo nivel de troqueles.

La colocación de todos los troqueles se lleva a cabo mediante la aplicación de una presión de 30 toneladas, misma que se realiza utilizando un gato tal como podemos apreciar en la fig. III.21.

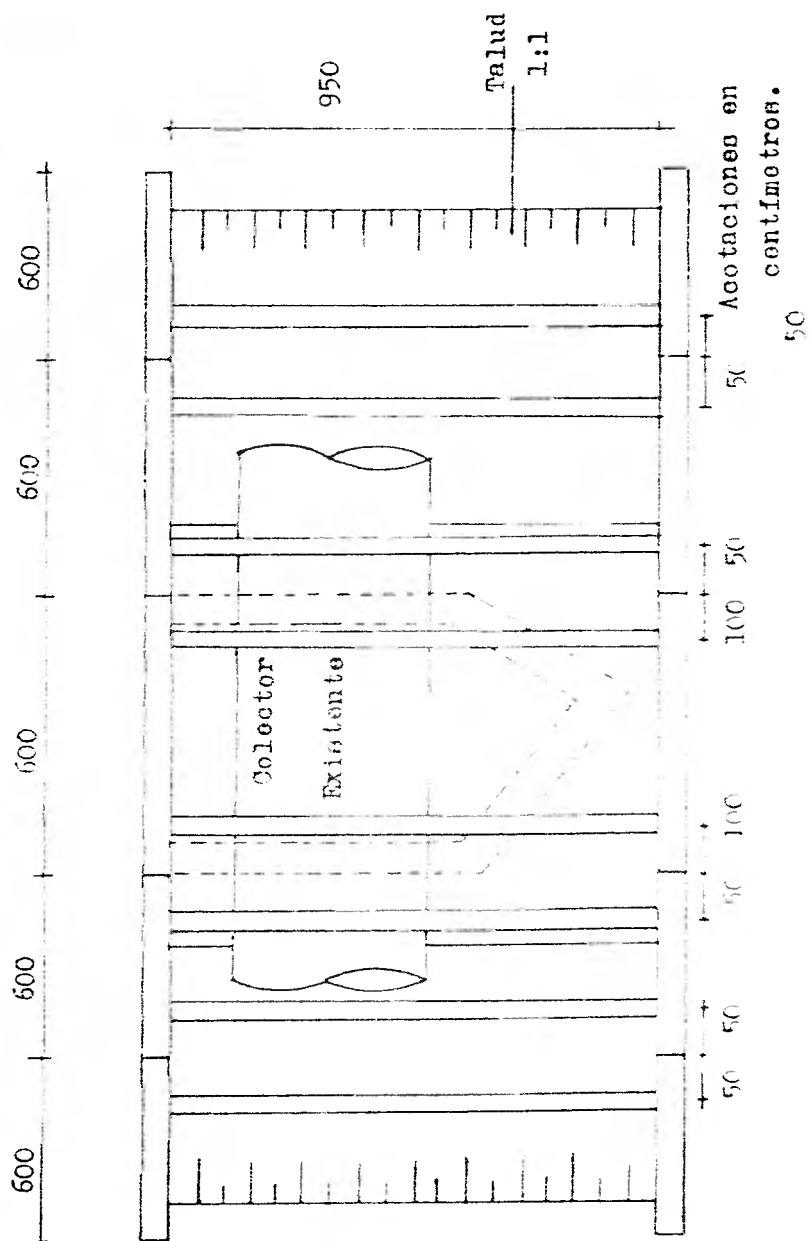


Fig. 111. Plan de localización de un túnel tubular de 40 de 14"

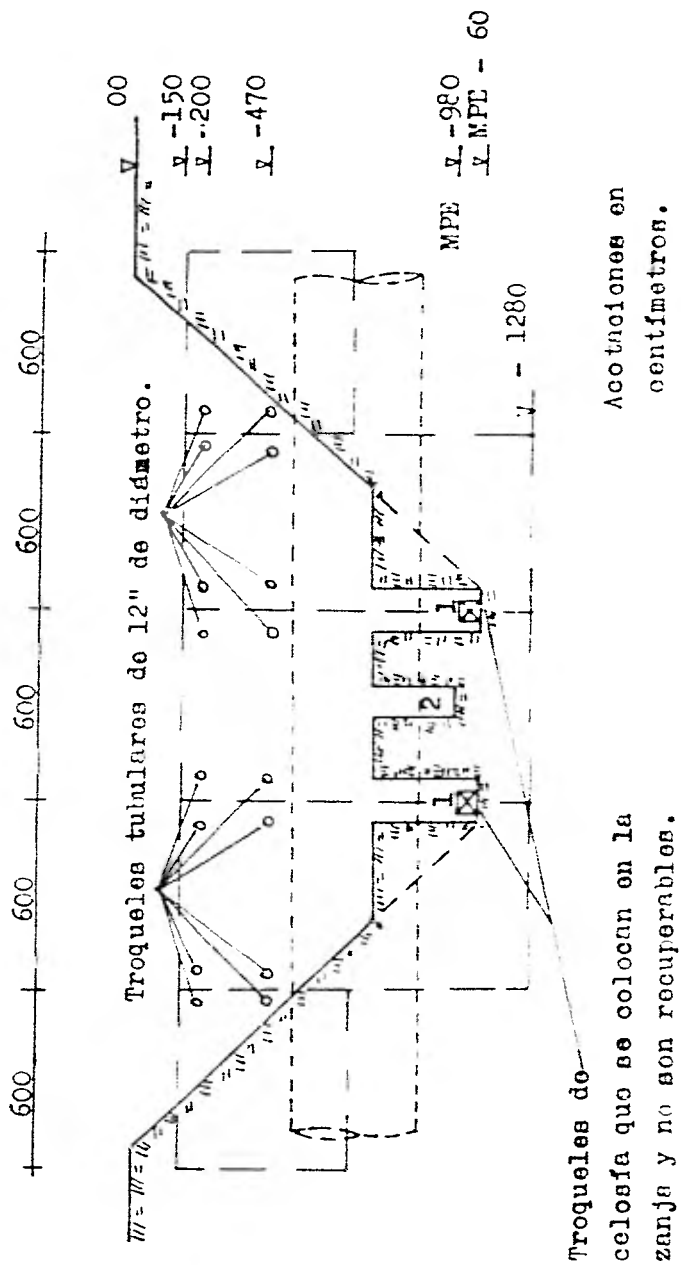


Fig. III.29.b Localización de troqueles. Corte longitudinal del colector orientado.



Fig. III.30 Colocación de troqueles usando un gato para su ministrar la precarga necesaria.

No es conveniente continuar el proceso de excavación si -- los troqueles no han sido colocados en sus elevaciones respectivas, es decir, tan pronto como se descubran sus puntos de aplicación.

Como siguiente etapa se prosigue la excavación hasta llegar a descubrir el lomo del colector existente para enseguida - colocar el segundo nivel de troqueles 30 cm arriba de éste.

III.3.2.C Plantilla y Losa de Piso.

Habiendo colocado totalmente el segundo nivel de troqueles se procede a excavar hasta llegar a la máxima profundidad de -- proyecto llevando a cabo la colocación de una plantilla de concreto pobre en toda el área comprendida entre los muros tablestaca.

El espesor de la plantilla de concreto debe ser de 10 cm -- con aditivo acelerante de fraguado.

Tres horas después de terminar el colado de la plantilla -- se inicia el armado de la losa de piso. Antes de efectuar el colado del mencionado elemento, se dejan las preparaciones necesarias para asegurar su liga estructural con los muros que se --- construirán posteriormente.

En el caso anterior se considera que no hay interferencias como la que constituye el colector en funcionamiento existente en la Caja de Conexión CCV y que nos ocupa para fines de descripción del proceso constructivo utilizando la estructura de -- contención formada por muros tablestaca ó milán y troqueles de acero.

En el caso mencionado se procede a la Construcción de silletas de concreto (fig. III.31) bajo el colector existente, -- con el fin de inmovilizarlo y sostenerlo, para lo cual se lleva

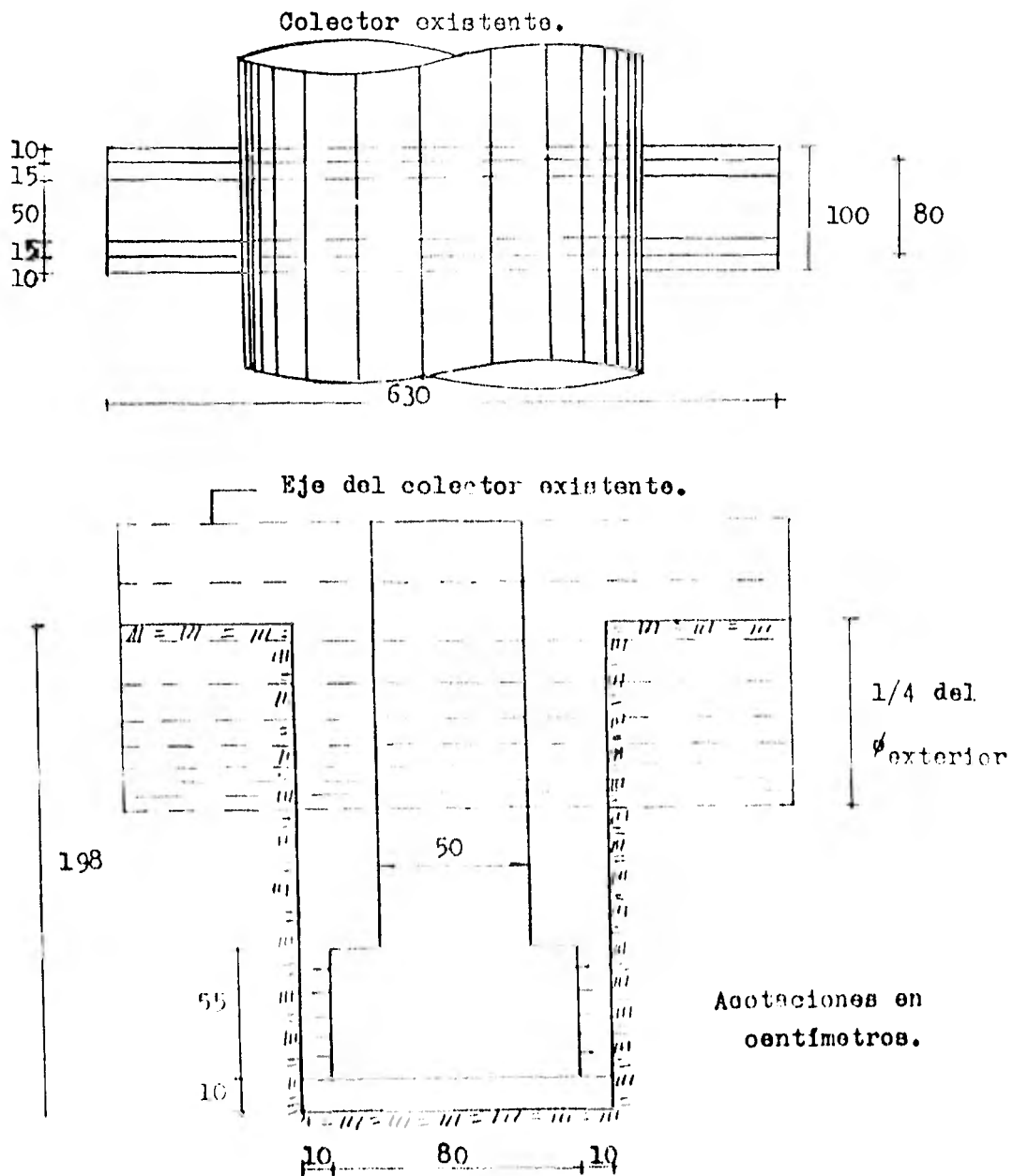


Fig. III.31 Dimensiones de las pilletas.

a cabo la secuencia sgte.:

Una vez colocado el segundo nivel de troqueles, se prosigue la excavación hasta llegar a descubrir las tres cuartas partes del diámetro exterior del colector.

Al llegar a este nivel la excavación se suspende para proceder a hacer zanjas transversales al eje longitudinal del colector existente.

Las zanjas deben alcanzar la máxima profundidad de proyecto, con un ancho de 1.0 m y una longitud de 6.30 m. Son necesarias 3 silletas y por lo tanto la excavación de otras tantas zanjas, la distribución se muestra en la fig. III.32.

Las zanjas de los dos extremos y que se marcan con el número 1 son las primeras en hacerse y se llevan a cabo simultáneamente en los sitios donde se localizan las juntas de los muros tablastoa para aprovecharlas en la colocación de un tercer nivel de troqueles a 30 cm por abajo de la máxima profundidad de excavación del proyecto.

Estas zanjas deben tener una longitud igual a la existente entre los paños interiores de los muros tablastoa, con 1.0 m de ancho y con una profundidad que alcanza los 60 cm por abajo de la máxima profundidad de proyecto, tal como se indica en la ya mencionada fig III.29 en la que se muestra la distribución --

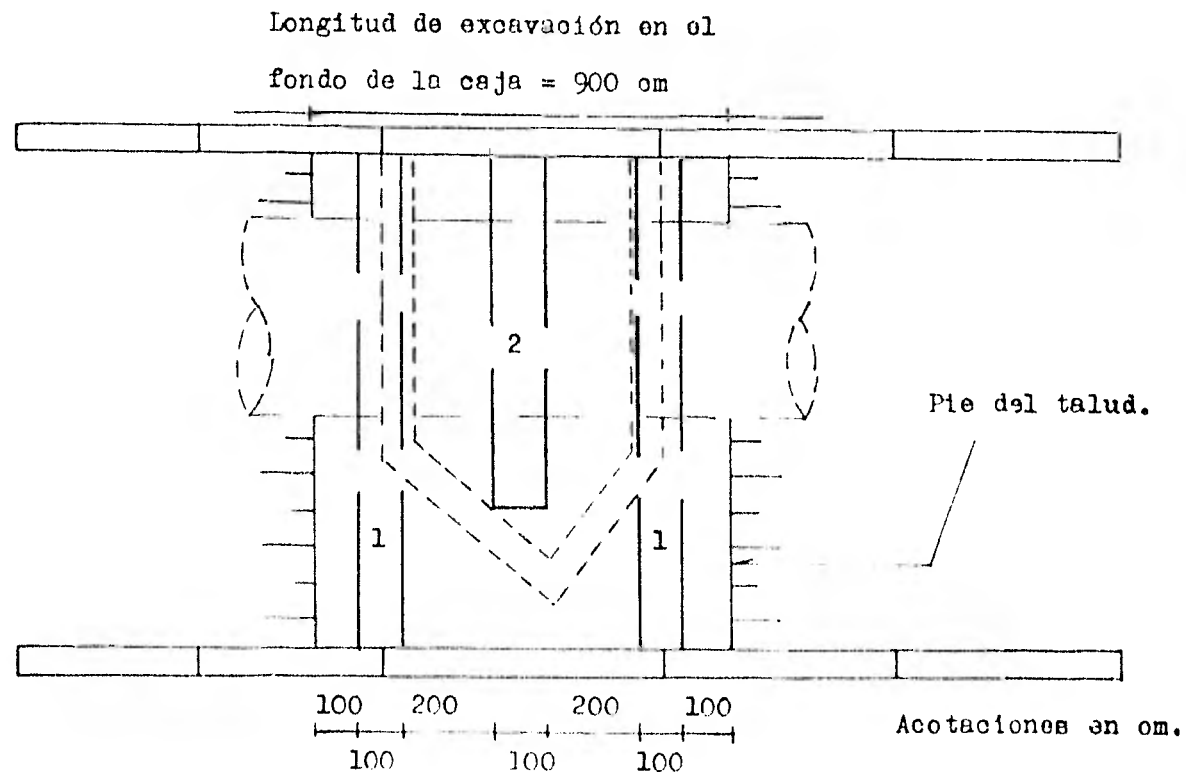


Fig. III.32 Excavación de zanjas para silletas.

- 1) Las zanjas marcadas con el no. 1 son las que deben hacerse primero y simultáneamente, en ellas se colocan los troqueles de celosía.
- 2) La zanja marcada con el no. 2 se ejecuta después que en las primeras se hayan construido las silletas.

de los troqueles.

Los troqueles colocados en este tercer nivel son de oelo--sía y su instalación se efectúa en dos secciones, las cuales se soldarán una vez que se encuentren en su elevación definitiva. Estos troqueles no se podrán retirar, por lo que no son recuperables.

Una vez instalados los troqueles se procede a rellenar con concreto pobre provisto de aditivo acelerante de fraguado hasta llegar al nivel inferior de la losa de piso.

En la zanja correspondiente a la silleta central se excava hasta llegar al nivel máximo de excavación marcado por el proyecto. Hecho esto se procede a colocar dentro de ella una plantilla de concreto pobre de 10 cm de espesor provista también de aditivo acelerante de fraguado.

Habiendo fraguado la plantilla en cada una de las zanjas -- se procede a armar y colar las secciones de losa de piso correspondientes y las silletas de concreto que servirán para soste--ner al colector existente y por lo tanto permitirán continuar -- con el proceso de excavación.

Se debe tener en cuenta que al construir las secciones de losa de piso se debe dejar la preparación correspondiente en -- los armados con el propósito de que al construir la totalidad --

de dicha losa exista continuidad estructural.

El concreto que se utilice en la construcción de las silletas debe contener cemento tipo III ó un aditivo acelerante para el fraguado.

En el momento en que las silletas de concreto tengan el -- 100 % de su resistencia, es conveniente continuar con la erogación en toda el área que ocupa la caja.

Tan pronto como se alcance la profundidad de proyecto en -- toda el área mencionada se coloca la plantilla de concreto po-- bre, con un espesor de 10 cm con aditivo acelerante de fraguado para que 3 horas después de haberla colado, se efectúe el arma-- do y colado de la parte restante de la losa de piso.

Debe tenerse cuidado de ligar el refuerzo de dicha losa -- con el refuerzo de las losas de las silletas y desde luego de-- jar el armado correspondiente para la liga estructural con los muros definitivos.

III.3.2.D Muros Estructurales.

Una vez transcurridas 24 horas después de la terminación -- del colado de la losa de piso, se procede a habilitar el armado y la cimbra para efectuar el colado de los muros definitivos de la caja.

Es necesario que estos muros se construyan dejando las preparaciones que se requieren en el sitio donde se conectará posteriormente el colector de desvío.



Fig. III.33 Puede observarse la preparación de las serchas en el sitio donde se conectará el colector de desvío.

Estas preparaciones consisten en la construcción y colocación de serchas en los sitios en que se requiere dejar espacios vacíos ó libres de concreto para utilizarlos posteriormente.

En la construcción de estos muros se utiliza la cimbra convencional de madera laminada en los muros exteriores como en los interiores, excepto en el caso de los muros, en el cual el muro tablero de madera laminada se utiliza para la construcción de los muros interiores.

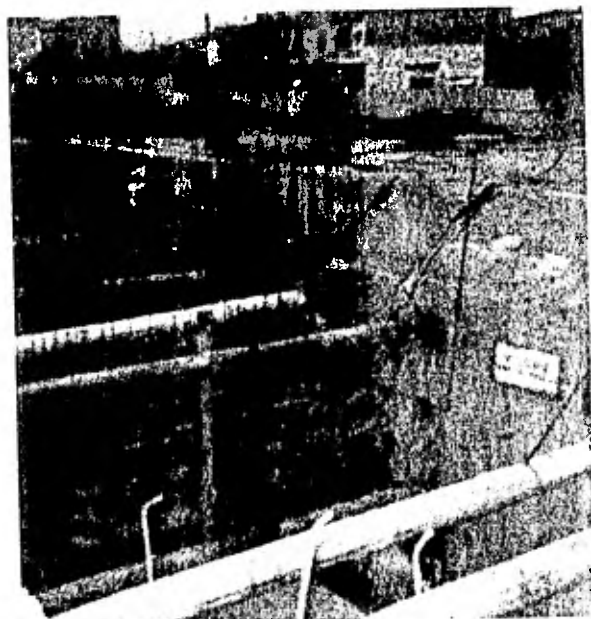


Fig. III.34 Un aspecto del cimbrado y armado de los muros, el cual se va colando por niveles.

La construcción de los muros se lleva a cabo por etapas ó niveles de colado, como es posible observarse en la anterior figura.

En los sitios en donde los troqueles interfieran con la construcción de los muros de la caja, se debe dejar sin construir secciones cuadradas de 40 X 40 cm.

III.3.2.E Losa Superior y Relleno.

Una vez que los muros definitivos alcanzan su resistencia especificada, se procede al armado de la losa superior y al relleno de la caja.

res de la caja en el espacio comprendido entre el paño exterior de los muros estructurales y los muros tablestaca.

El material a utilizar en el relleno debe ser material de banco areno-limoso tipo tepetate, que se coloca en capas de 20 cm de espesor y compactado al 90 % técnica próctor estándar.

Conforme avance el relleno y vaya alcanzando sus correspondientes puntos de aplicación, se lleva a cabo la extracción de los troqueles que fueron colocados tanto en el interior como en el exterior de la caja, a excepción de los troqueles que conforman el primer nivel, los cuales se retiran 24 horas después de colada la losa superior.

Los huecos que quedan en los muros como consecuencia del retiro de los troqueles, se deben rellenar con concreto provisto de aditivo estabilizador de volumen.

Cuando el material de relleno en el exterior de la caja alcance la elevación -1.40 m con respecto al terreno natural, el proceso de relleno debe suspenderse.

Enseguida se procede a efectuar los trabajos de cimbrado del total del área ocupada por la losa superior ya que sobre él se realizan los trabajos de armado necesarios.

Debe verificarse que el nivel en que se haya colocado la -

oimbra sea el correspondiente al de proyecto, además de localizar perfectamente en ella los registros de ventilación y los de acceso.

En el caso específico de la Caja de Conexión CCV el colado de la losa de techo se realizó una vez hecha la demolición del colector existente en el interior de la caja, misma que tuvo lugar al haber terminado todas las uniones de las cajas con el colector de desvío.

Cuando la losa superior alcance su resistencia especificada, se continúa con el proceso de relleno.

Una vez que el relleno alcance el nivel de subrasante se procede a la reconstrucción si es que éste existía en el lugar y resultó dañado por la excavación, pero si no es éste el caso el relleno continúa hasta llegar a nivel del terreno natural.

la reconstrucción del pavimento consiste en la colocación de una estructura formada por Carpeta, Base, Sub-base y capa de Subrasante, cuyo proceso constructivo se describe con más detalle en el inciso III.1.6.

IV. OPERACION DEL DESVIO.

Para llevar a cabo la puesta en operación del desvío del Colector es necesario seguir los pasos que a continuación se describen.

IV.1 INSPECCION OCULAR.

Una vez terminados los trabajos de tendido de tubería y construcción de Cajas en general, es necesario e imprescindible llevar a cabo una inspección ocular del total del tramo construido para posteriormente ser puesto en operación.

La inspección ocular mencionada se realiza con el fin de detectar posibles defectos ó fallas tales como la falta de juntaado interior entre tramo y tramo de tubería, restos de material producto de excavación no desalojado, unión de tubería y cajas incorrecta ó no terminada, etc.

Una vez efectuada la inspección, si llegó a encontrarse alguno de los problemas mencionados, es necesario abocarse a la resolución de los mismos. (Fig. IV.1).

Dado el caso de no encontrar ningún defecto ó falla que corregir, se procede a llevar a cabo la conexión final con la ruptura y demolición de los tramos de tubería que conforman el co-



Fig. IV.1 Aspecto ofrecido por el interior del desvío durante la inspección ocular.

lector en funcionamiento y que se ubica dentro de las Cajas de Conexión.

IV.2 RUPTURA DE LOS TAPONES.

Como se mencionó anteriormente, para realizar la conexión del desvío con el colector en funcionamiento es necesaria la demolición de los tapones que significan los tramos de tubería -- que conforman a este último colector, además de la construcción de los tapones de concreto reforzado que impedirán el paso del agua hacia el tramo del colector que quedará fuera de servicio.

Es decir, la construcción de tapones definitivos de concreto reforzado en los colectores a través de las Cajas de Conexión tienen el objeto de dirigir el agua hacia su nuevo cauce e impedir el paso de la misma hacia el tramo que quedará cegado.

El procedimiento que a continuación se describe fue utilizado para la construcción del tapón en la Caja de Conexión V -- ubicada en la Av. Río Consulado a la altura de la calle Apicultura, Caja que constituye el punto final del Desvío.

La construcción del tapón se realiza por etapas en la forma siguiente, en la que se adjuntan gráficas para su mejor comprensión:

A) El tramo del colector en funcionamiento que queda comprendido entre la Caja de Conexión V se debe perforar en dos arcos cuyas longitudes son las que permita el tirante de agua existente.

Estas perforaciones se deben hacer con perforadoras neumáticas a una distancia de 50 cm de los puños interiores de los muros de la caja.

B) Las perforaciones se deben continuar en el sentido longitudinal del colector hasta llegar a unir los dos extremos de los arcos, tal como se indica en las figuras IV.2 y IV.3 que a continuación se presentan:

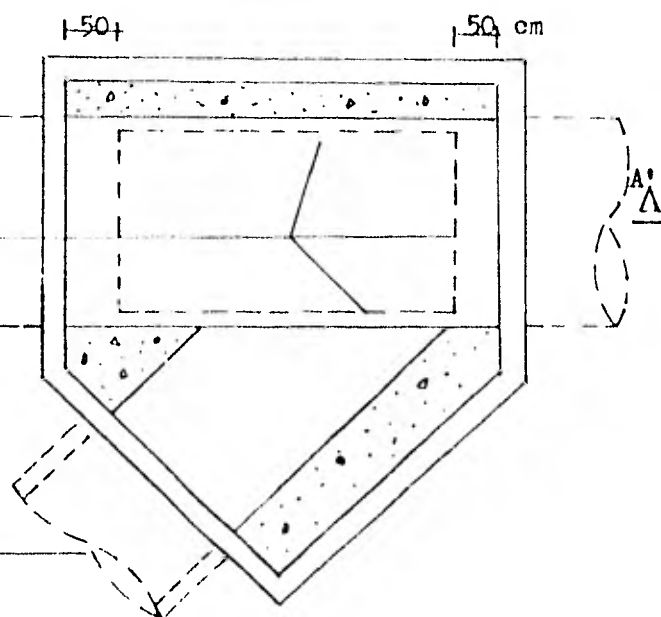
Figura IV.2 Procedimiento de demolición del tubo, puede apreciarse en primer término la Planta y posteriormente un Corte de la Caja de Conexión.

PLANTA

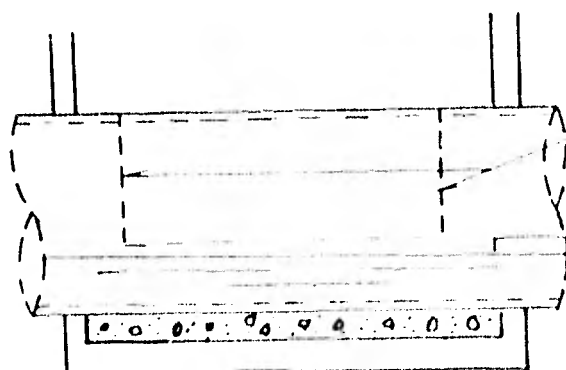
Perforaciones hechas con perforadora neumática.

Tramo que quedará fuera de servicio.

Colector de desvío



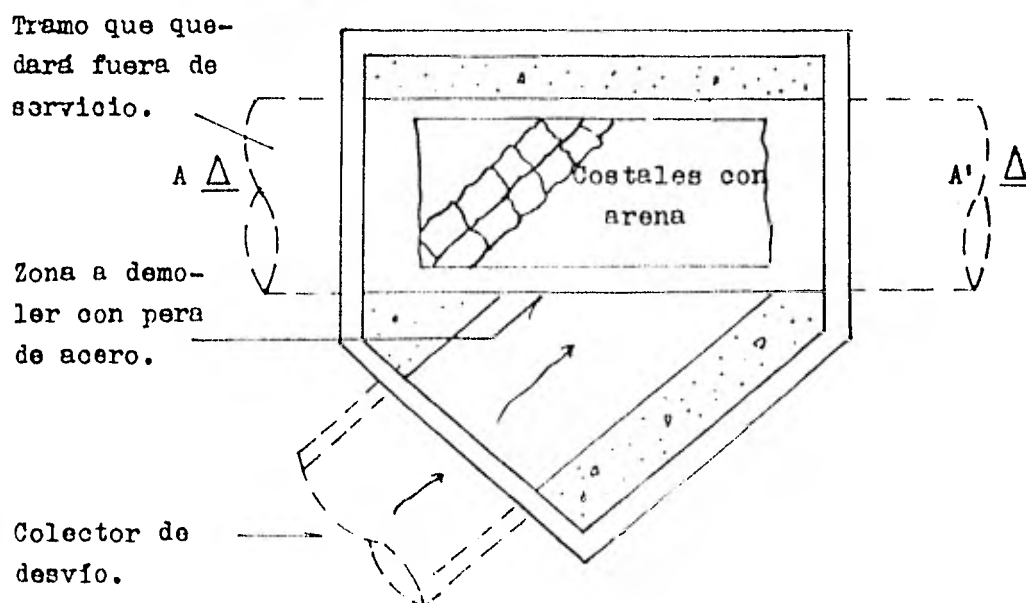
CORTE A-A'



Perforaciones hechas con perforadora neumática.

Tirante existente de agua.

PLANTA



C O R T E A-A'

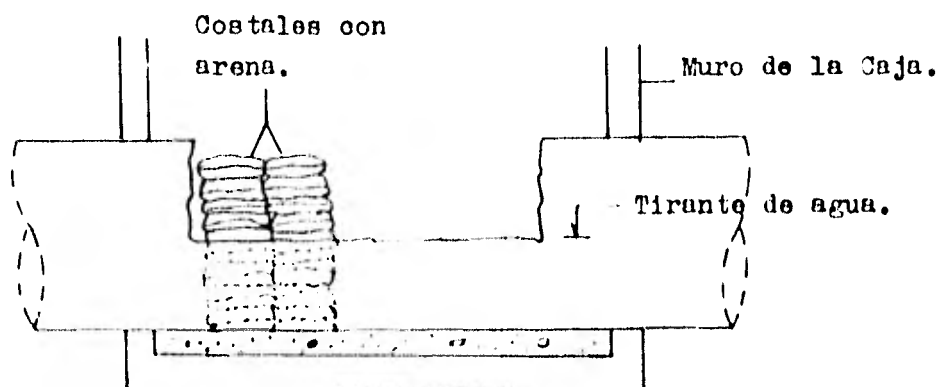


Fig. IV.3 Planta y corte longitudinal en que se ilustra la colocación de los costales.

Habiendo realizado lo anterior, se procede a demoler la -- sección limitada por las perforaciones. El acero de refuerzo -- que exista en la sección de demolición se corta con següeta. -- Posteriormente se realiza el retiro del material producto de de -- molición.

Agua arriba de la Caja de Conexión V se efectúa el desvío del gasto que circula por el Colector Consulado, encauzándolo -- hacia el Colector de Desvío.

C) Una vez que el agua empiece a circular por el Desvío de los Colectores 9 y 9 Sur, se inicia la colocación de los costales con arena en el interior del colector demolido, esto con el fin de permitir que el personal trabaje en seco durante la construcción del tapón definitivo.

El contenido de los costales puede ser también una mezcla cemento-arena con una proporción 1:8, ó suelo-cemento con una -- proporción similar.

D) Una vez colocados los costales se procede a la construcción del tapón, mismo que está constituido por dos muros de tabique de 28 cm de espesor, que nos sirven para colar un muro de concreto reforzado en medio, tal como se muestra en la fig. IV.4.

Una vez construido el tapón definitivo se retirarán los -- costales con arena dejando en funcionamiento el Desvío.

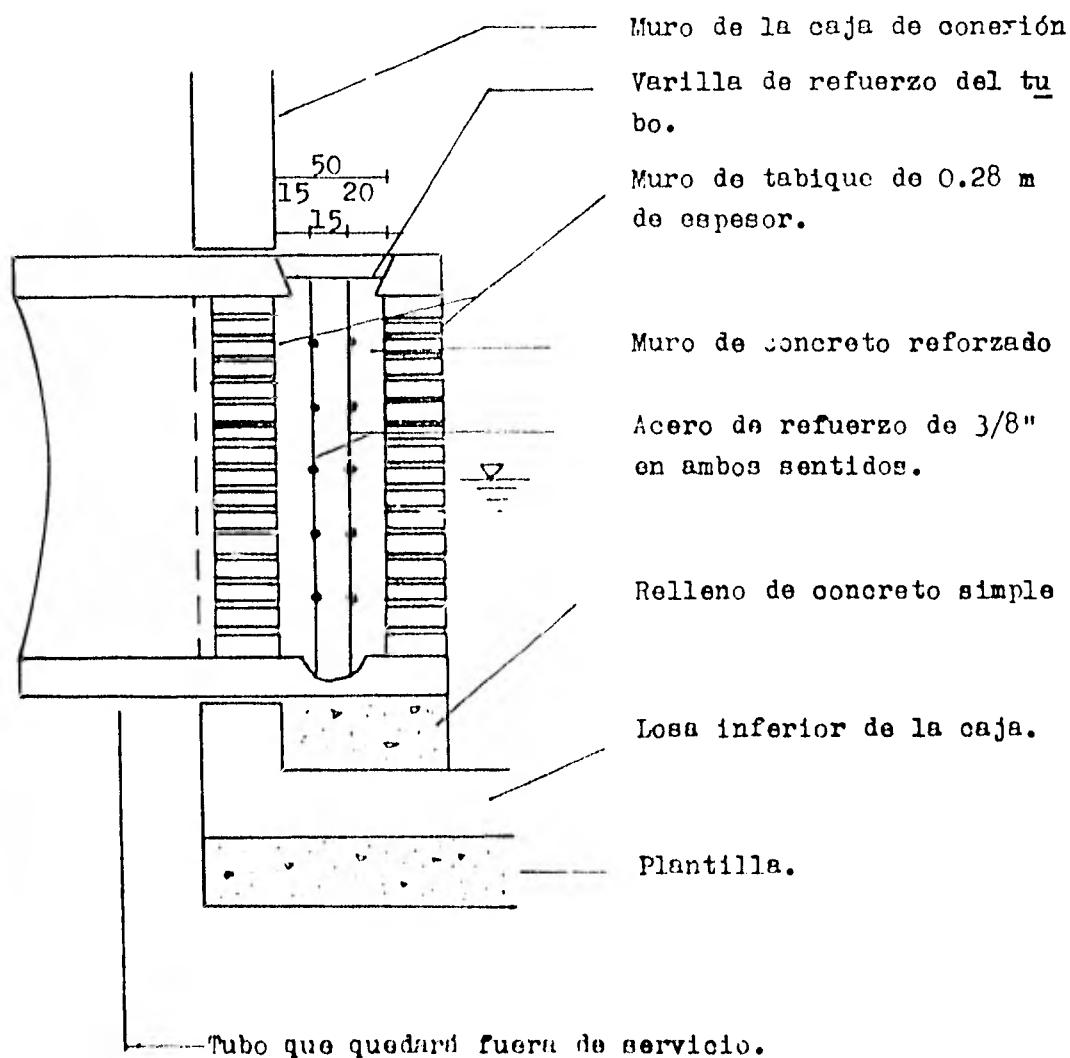


Fig. IV.4 Características del tapón definitivo de concreto armado.

IV.3 PUESTA EN OPERACION DEL DESVIO.

La puesta en operación del Desvío de Colectores se llevó a cabo en dos etapas, la primera de las cuales comprende el tramo de CC 25 a la Caja de Conexión II.

La Caja de Conexión CC 25 conecta el Colector 9 con el Desvío, es decir constituye el punto inicial del mismo.

Agua abajo el Desvío corre por la calle Veta Grande hasta llegar a la Caja de Conexión CC 21 y la Caja de Deflexión CD II ubicadas a la altura de la Calle Platino, por la que prosigue - el colector conservando su diámetro interior de 1.22 m hasta - llegar a las Cajas de Conexión CC I y II.

El colector 9 Sur y el Desvío de Colectores se unen en la Caja de Conexión CC I y en esta primera etapa se encausa el gas to del Desvío hacia el mencionado colector mediante la acción - de una compuerta instalada en la CC II.

Dicha compuerta es utilizada hasta terminar la construo--- oión del tramo que complementa el Desvío de los colectores. En este lapso el gasto del desvío se une al del Colector 9 Sur y - juntos descargan en el Colector Consulado en la Av. del mismo - nombre a la altura de la calle Mangenabo.

Una vez terminada la construcción del tramo faltante del

Desvío, la compuerta de la Caja de Conexión II se retira permitiendo el paso al gasto de los dos colectores captados (Colectores 9 y 9 Sur) aguas abajo en dirección de la Caja de Deflexión III por la calle Platino a la altura de la Av. E. Molina.

En esta segunda etapa, iniciada en la Caja de Conexión II el diámetro interior del Colector de Desvío aumenta de 1.22 m a 1.52 m.

El Desvío continúa aguas abajo rumbo al sur, hacia la Caja de Deflexión CD IV, ubicada en la Av. Eduardo Molina a la altura de la calle Estafío, por la que prosigue el colector hacia el Este en una longitud de aproximadamente 600 m hasta llegar a el cruce con la calle Apicultura.

En el punto mencionado anteriormente se localiza la Caja de Conexión CCIV en la que se lleva a cabo la unión del Colector 5, cuyo gasto escurre de Sur a Norte por la calle Apicultura, con un diámetro interior de 1.83 m.

La etapa final del Desvío también incluye el tramo comprendido entre la Caja de Conexión CCIV y la Caja de Conexión CCV, ubicada en el cruce de la calle Apicultura y la Avenida Río Consulado.

Este tramo está construido con tubería de 2.13 m de diámetro interior; por medio de la Caja de Conexión CCV se conforma

la unión del Desvío con el Colector Consulado realizando así su conexión final.

Este es el momento de llevar a cabo la construcción de un tapón de concreto armado ó reforzado (inciso IV.2), mismo que - debe impedir el paso del agua, además de dirigirla hacia su nuevo cauce, en los sitios ubicados en los siguientes puntos:

- a) Caja de Conexión CC25: Acceso al Desvío, en Av. Río - Consulado y calle Veta Grande.
- b) Colector 9 Sur: En calle Manganeso antes de su unión con el Colector Consulado, a la altura de la Av. del mismo nombre.
- c) Caja de Conexión CCV: Salida del Desvío, en Av. Río - Consulado a la altura de la calle Apicultura.

Una vez realizada la construcción de los tapones definitivos mencionados anteriormente, el Desvío de los Colectores 9 y 9 Sur queda totalmente en Operación.

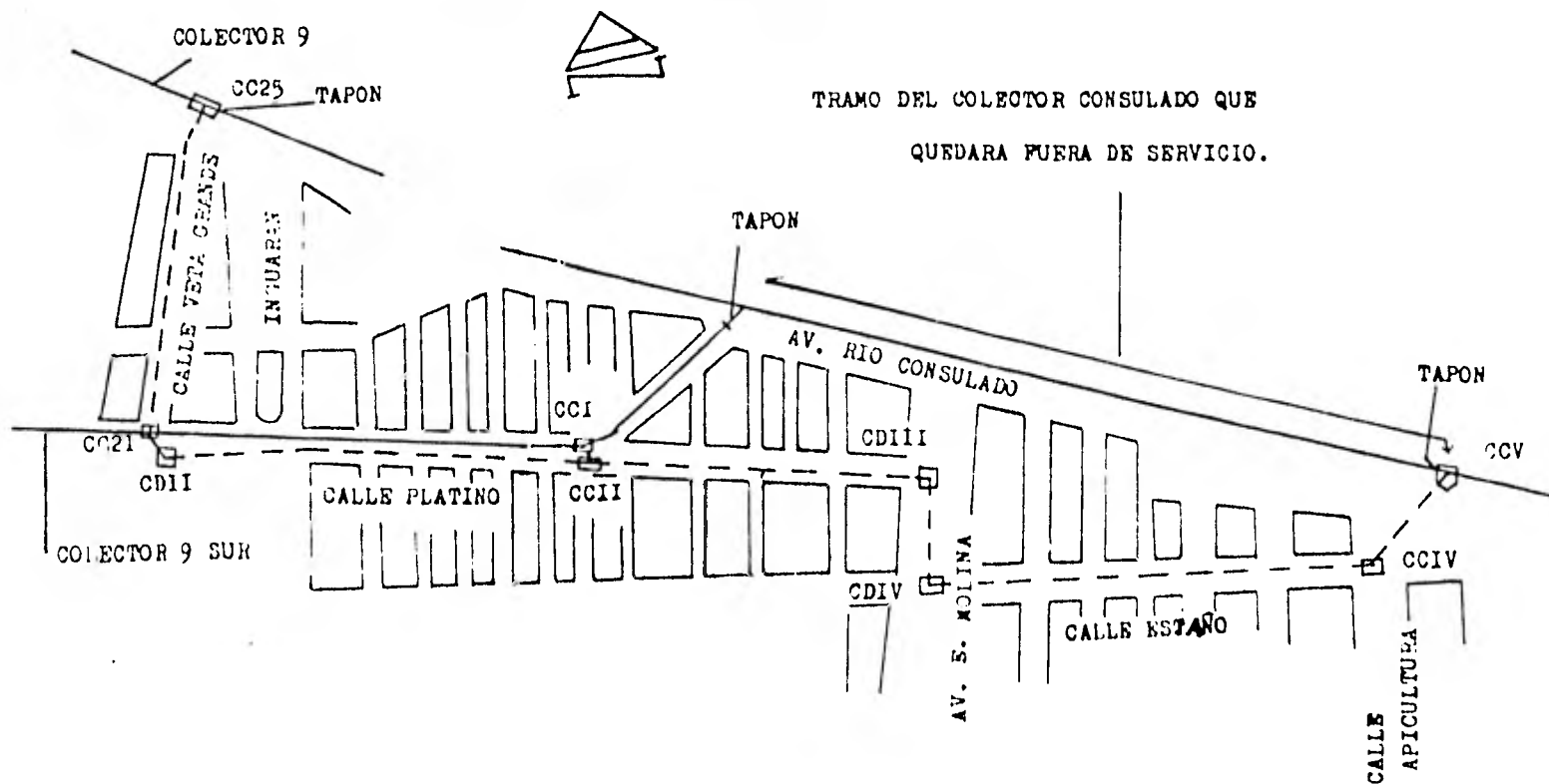


Fig. IV.5 CROQUIS DE LOCALIZACION.

----- DESVIO DE COLECTORES 9 Y 9 SUR.

———— COLECTORES EXISTENTES (9, 9 SUR y CONSULADO)

V. CONCLUSIONES.

Una obra de Ingeniería implica siempre una serie de actividades que conjugar, problemas que resolver y una serie de circunstancias y situaciones específicas que manejar y que se presentan en el Proceso de llevar a cabo su cristalización física ó materialización, a partir de un conjunto de ideas, datos y cálculos.

La obra que hemos descrito en capítulos anteriores es interesante puesto que al localizarse en una zona urbana, algunos de los aspectos anteriores cobran mayor importancia que otros -- por ejemplo tenemos el problema suscitado por la vialidad, que viene a representar una interferencia grave para la realización de la obra, lo que nos obliga a seleccionar rigurosamente el procedimiento de construcción que debe ser utilizado en los diferentes casos que se presenten.

El proceso constructivo adecuado varía según las circunstancias desde el tendido de tubería a cielo abierto hasta el caso extremo de hincar tubería de acero que funciona como ademe -- permitiendo la colocación en su interior de los tramos de tubería correspondientes ó el colado de un revestimiento definitivo de concreto que resulta equivalente.

Así mismo, representa otro aspecto interesante el uso de --

los muros Tablestaca, Pantalla ó Milán como estructura de contención en la construcción de Cajas de Conexión con profundidad de excavación considerable y sobrecargas aplicadas a corta distancia del área de excavación.

Por último, merece considerarse especialmente el grado de dificultad para las maniobras impuesto por el poco espacio libre con que se cuenta al trabajar en las calles de la ciudad, - además del gran cuidado que se debe tener al localizarse tubería de agua potable, drenaje y demás instalaciones municipales en la mayoría de las calles que cruza el Desvío de Colectores 9 y 9 Sur.