

REVISTA DE LA SECCIÓN
INGENIERÍA CIVIL - PUCP

Edificios peruanos con muros de concreto de ductilidad limitada

DI-SIC-2010- 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07
LIMA, JUNIO 2010

Alfonso de la Piedra, Juan Pablo Herrera, Enrique Pasquel, Ángel San Bartolomé,
Richard Klingner, Adolfo Gálvez, Alejandro Muñoz.



Arquitectura y construcción
Tecnología del concreto
Investigaciones experimentales
Normas internacionales de diseño
Comportamiento sísmico esperado

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS ANTISISMICAS

El Laboratorio de Estructuras Antisísmicas del Departamento de Ingeniería, con más de 30 años de experiencia, cuenta con equipos e instalaciones que permiten la ejecución de ensayos estáticos y dinámicos en especímenes a escala natural o reducida. Se dispone de equipos para construcción y traslado de especímenes, montaje de dispositivos, aplicación de carga, medición, adquisición y procesamiento de datos.

En el laboratorio se desarrollan tres tipos de actividades:

- Apoyo a los cursos de Pregrado y Postgrado.
- Investigación en materiales locales para mejorar su comportamiento sísmico.
- Servicio técnico para la industria de la construcción, ejecutando ensayos e investigaciones experimentales para evaluar las características del comportamiento de materiales, estructuras y/o de sus componentes.



Los ensayos que habitualmente se realizan son:

- Ensayos mecánicos: compresión, tracción, flexión, compresión diagonal, corte e impacto en distintos materiales y elementos estructurales.
- Carga horizontal monotónica y cíclica en sistemas y componentes estructurales.
- Simulación sísmica en modelos a escala natural y reducida.
- Verificación de equipo de aplicación de carga. Se cuenta con celdas de carga patrón calibradas en el National Standard Testing Laboratory, USA.
- Dosificaciones de mezclas de concreto con y sin aditivo.
- Compresión en probetas estándar de concreto.
- Determinación de la calidad del concreto fresco in-situ.
- Determinación de la calidad y uniformidad del concreto endurecido in-situ mediante probetas diamantinas y esclerometría.
- Evaluación de la capacidad de estructuras mediante pruebas de carga.
- Consultoría en temas de estructuras y de patología estructural en general.

Desde Octubre del 2003 a la fecha, el laboratorio cuenta con Acreditación ISO/IEC 17025 otorgada por el INDECOPI en los siguientes métodos de ensayo:

- Compresión en probetas estándar de concreto (NTP 339.034)
- Extracción y ensayo de testigos diamantinos (NTP 339.059)
- Flexión en vigas estándar de concreto (ASTM C78)
- Resistencia al tránsito en tapas de concreto (NTP 339.111)
- Tracción en varillas corrugadas de acero de refuerzo (ASTM A370)
- Compresión en ladrillos de arcilla (NTP 399.613)

Jefe de Laboratorio: Ing. Ing. Gladys Villa García Medina

Informes

Teléfono: 626-2000 anexo 4640

Fax: 629-2089

e-mail: ledi@puap.edu.pe

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2010-07614

PRESENTACIÓN

Los Edificios de Ductilidad Limitada Peruanos

El sistema estructural de muros de concreto armado, es probablemente el más empleado en los últimos años para la construcción de edificios de vivienda en el Perú. En los edificios de baja altura, hasta 7 pisos, los muros se construyen con características peculiares y se denominan Edificios de Muros de Ductilidad Limitada, EMDL. Debido a su menor tiempo de construcción y a su menor costo, los EMDL se han convertido en una real alternativa de solución al problema de vivienda en el país.

Los edificios de muros de concreto armado permiten reducir el tiempo de construcción gracias al empleo de concreto premezclado, encofrados metálicos y mallas para el acero de refuerzo. La velocidad de construcción, generalmente de 1 departamento por día, junto a la optimización en el uso de recursos y mano de obra, constituyen una clara contribución a la industrialización de la construcción en el país.

Desde la perspectiva de los códigos internacionales, los EMDL son en cierta forma singulares debido al menor ancho de sus muros, a las características de las mallas y hasta la disposición misma del refuerzo. Sin embargo, en opinión de muchos expertos, estos edificios tendrían un desempeño sismorresistente comparable al de los edificios de muros y pórticos que siguen las recomendaciones internacionales.

Esta publicación muestra los aspectos arquitectónicos de los EMDL, presenta temas técnicos relacionados con el proceso constructivo y la tecnología del concreto, además muestra los resultados de investigaciones experimentales y analíticas relacionadas al desempeño sísmico esperado.

Alejandro Muñoz
Coordinador
Sección Ingeniería Civil

CONTENIDO

Presentación	1
Contenido	3
1. Arquitectura	5
2. Construcción	15
3. Tecnología del Concreto	31
4. Investigaciones Experimentales	41
5. Investigaciones teóricas	57
6. Desde la Perspectiva de las Normas Internacionales: USA	79
7. Desempeño Sismorresistente	91



2 CONSTRUCCIÓN

- **CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS
CON MUROS DE DUCTILIDAD
LIMITADA**

DI-SIC-2010-02

**Juan Pablo Herrera
Fernando Llosa**

CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS CON MUROS DE DUCTILIDAD LIMITADA. EXPERIENCIAS LOS PARQUES DEL AGUSTINO

Por: Arq. Juan Pablo Herrera ¹, Ing. Fernando Llosa²

I. INTRODUCCIÓN

Desde principios del 2000, el sector inmobiliario peruano ha experimentando un gran crecimiento. La demanda de viviendas se ha visto favorecida por diversos factores como el aumento de los ingresos familiares, mayores facilidades crediticias, con tasas más bajas y mayores plazos. El mercado de viviendas atendidas por el mercado formal, provenía básicamente de los segmentos A y B hasta hace unos pocos años; sin embargo la necesidad de poner viviendas al alcance de los sectores populares ha hecho que el gobierno impulse la construcción de megaproyectos habitacionales, otorgando a los promotores facilidades para adquirir terrenos y se ha generado un mercado muy grande desatendido por años. Personas que antes no eran sujetas de crédito, hoy los son en condiciones muy ventajosas a través de programas estatales como "Techo Propio" y "Mi Hogar". Para que el precio de las viviendas llegue al alcance popular y ofrecer viviendas dignas pero económicas se ha tenido que conseguir terrenos de gran área y precios bajos que permitan elaborar proyectos cuyas unidades inmobiliarias sean numerosas y repetitivas.

DATOS DEL PROYECTO LOS PARQUES DEL AGUSTINO

Área de Terreno:	227,046.46 m ²	Nº de edificios:	174 unid
Sector Urbano:	18,898.39 m ²	Altura de Edificios:	5 pisos
Sector Residencial:	88,729.17 m ²	Nº de departamentos:	3,480 unid
Sector educacional:	7,803.67 m ²	Nº de estacionamientos:	870 unid
Sector comercial:	15,304.28 m ²	Área construida:	218,388 m ²
Áreas Verdes:	79,103.40 m ²	Departamentos por Edificio:	20 unid

Distribución del terreno y Distribución del sector Residencial
(Figura 1, Figura 2 y Figura 3)

2. CONSTRUCCIÓN

2.1. Movimiento de tierras

Para poder realizar una optimización del movimiento de tierras se decidió utilizar un 'plataformado' en los edificios para reducir los volúmenes de corte de material. Según el estudio de suelos realizado, el relleno de ingeniería para las plataformas debería tener una Capacidad Admisible de $q_{adm} = 5 \text{ kg/cm}^2$, con lo cual se definieron como Canteras el corte a nivel de piso del material proveniente de los Parques, el cual permitió reducir los costos de acarreo para material de relleno de forma significativa (**Foto 1 y Foto 2**).

La compactación del material se realizó en capas no mayores a 30cm de espesor realizándose en cada una de ellas las pruebas de densidad de campo al 98% de Proctor Modificado usando para ello el método del cono de arena y Speedy. (**Foto 3 y Foto 4**).

2.2. Cimentación

La losa de cimentación (Platea) es de 18m x 35m y de 0.20m de espesor. El concreto es de 175 kg/cm² con un slump de 4" y un huso de piedra 57. Para confinar los bordes se cuenta con Vigas de Borde de 0.25 x 0.40m (6φ12mm y estribos de φ8mm @ 0.25m). Para el refuerzo se emplean dos mallas electro soldadas QE 158 (superior e inferior). (**Figura 4**).

¹ Arq. Juan Pablo Herrera, Gerente de construcción GyM SA

² Ing. Fernando Llosa, Gerente inmobiliario GMV SA

Para calcular el tipo de malla o el área de acero de la varilla según sea el caso, se realiza la siguiente conversión:

$$As_{malla} = \frac{As_{varilla}}{e} \times \frac{fy_{varilla}}{fy_{malla}}$$

Donde:

- e : Separación entre varillas de fierro tradicional.
- fy varilla : Límite de fluencia de fierro tradicional = 4,200 Kg/cm²
- fy malla : Límite de fluencia de la malla electrosoldada = 5,000 Kg/cm²

La sectorización en planta se realiza a razón de 2 departamentos diarios en planta con una producción de 32 m³. El piso es acabado y esto requiere un riguroso control de los trazos y niveles para lo cual es necesario la presencia de 1 topógrafo permanentemente durante el vaciado.

El uso de plateas a diferencia de otros tipos de Cimentación de Muros (Cimientos Corridos), permiten una mejor programación de los sectores de trabajos, así como también un ahorro en las partidas de encofrado (solo se encofra el friso de 20cm), rapidez en el armado de acero (uso de mallas electrosoldadas) y ahorro de material (Rellenos y Falso pisos). **(Foto 5 y Foto 6)**

2.3. Edificación

2.3.1. Muros reforzados

Los muros llevan una armadura en el 1er y 2do piso con varillas de construcción grado 60 de ϕ 8mm espaciados horizontal y verticalmente según detalle estructural (0.20, 0.25 y 0.30m), mientras que en los pisos superiores se usa malla electrosoldada denominada QE 158 que significa malla cuadrada especial con un área de acero de 1.58 cm²/m², que es equivalente a usar ϕ 5.5mm @ 0.15m en ambos sentidos. **(Figura 5)**.

Para la losa también se usa la malla QE 158 centrada en los 10cm de espesor. También se cuenta con una losa de transferencia en el 2do nivel para el muro de sala con un refuerzo superior de ϕ 12mm@.40m e inferior en dos direcciones de ϕ 12mm @ .20m y ϕ 12mm @ .40m. **(Figura 6)**.

2.3.2. Instalaciones eléctricas y sanitarias

Una vez colocado los refuerzos y mallas de los pisos se colocan las respectivas instalaciones. En el caso de las IIEE las cajas se sujetan con pequeños puntos de soldadura en retazos de varillas las cuales son luego sujetadas firmemente al acero de refuerzo de los MDL (varillas o mallas) para evitar que se desplacen durante el vaciado **(Foto 7 y Foto 8)**. En el caso de las IISS se usa un sistema nuevo de tuberías semiflexibles de polipropileno que permite poder colocar en los muros antes del vaciado todas las llaves de los departamentos, como la Llave principal, cocina y baño **(Foto 9)** y también las salidas de las termas (En las cuales fueron reemplazados los codos de fierro galvanizado), asimismo los recorridos de las tuberías de agua fría y caliente se realizan a través de los muros a diferencia de un sistema convencional donde dichas tuberías suelen ir por la losa de piso, los cuales se pueden dañar al momento del vaciado. **(Foto 10)**.

Los MDL también permiten poder reducir el recorrido de las tuberías empotradas mediante el uso de tuberías flexibles. En ambos casos, el poder ejecutar la mayor cantidad de instalaciones antes del vaciado bajo un riguroso cumplimiento del control calidad (Inspección y llenado de protocolos de pruebas bajo un ingeniero a cargo) permite una importante reducción de personal y se mejora el tiempo en la ejecución de los acabados.

En el caso del desagüe, el uso de Inodoros con descarga vertical obliga usar un espesor de losa mayor (20cm) y una modulación especial en el encofrado en el tramo del baño para poder pasar la salida de tubería de 4", por tales motivos se desarrolló el concepto y luego se coordinó con la fábrica para colocar un inodoro con salida lateral **(Figura 7 y Figura 8)**, con lo cual se pudo mantener el espesor de 10cm en toda la losa. Para poder cubrir la tubería horizontal en el baño se hace un pequeño poyo de concreto en la parte de atrás del inodoro, el cual queda totalmente enchapado al momento de la entrega del departamento.

2.3.3. Encofrado

Los MDL han sido cuidadosamente estudiados y sectorizadas de tal forma que se logro realizar una ingeniería en el encofrado realizando modulaciones que permitan un trabajo repetitivo y fácil en todos los sectores realizados con metrado similar de encofrado por sector **(Figura 9)**, así como también el desarrollo de piezas nuevas que faciliten y mejoren los rendimientos de encofrado. Para este caso en particular se uso

el sistema de paneles de aluminio FORSA que está hecho en aluminio estructural, con perfiles extruidos y machihembrados de gran resistencia que se ensamblan entre sí de manera ágil (**Figura 10**).

Las planchas de encofrado vienen con un sistema de refuerzos transversales, instalados cada 30cm, que garantizan un mejor comportamiento a la deformación de los paneles en servicio. Asimismo, se manejan paneles estándar en anchos entre 15 y 80cm con alturas de 230 y 240cm, que permiten un fácil transporte manual (Peso máximo de formaleta de 38kg). (**Foto 11**).

De este modo, el encofrado de muros y losas es monolítico y permite poder realizar el desencofrado al día siguiente del vaciado de todos los elementos, excepto las planchas centrales (losa puntal de 10x30, 25x20, 20x120), las cuales se encargan de controlar las deflexiones hasta que el concreto obtenga una resistencia que permita a la losa sostenerse por sí misma (**Foto 12 y Foto 13**).

Para determinar el tiempo de desencofrado de la losa puntal se realizó un análisis mediante un modelo tridimensional de elementos finitos usando el programa ETABS (**Figura 11 y Figura 12**), tomando en cuenta el caso de las losas con los requerimientos más desfavorables según los planos de modulación del encofrado. En tal sentido se determinó que el concreto deberá tener una resistencia mínima $f'c=35\text{kg/cm}^2$, con la cual, se asegura un buen comportamiento de la estructura ante las solicitaciones presentadas en obra. Dicha resistencia se obtiene a las 72 horas según los ensayos de compresión del concreto solicitado en obra de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ a los 3, 7 y 28 días.

2.3.4. Concreto

El concreto usado en todo el proyecto es de resistencia $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$, con tamaño máximo de piedra de $\frac{3}{4}$ ", en el caso de plateas se usa slump de 4" mientras que en las losas y muros de las edificaciones el slump solicitado es de 8" para tener mayor trabajabilidad y reducir la probabilidad de cangrejeras en los MDL.

Para el proyecto se cuenta con 3 frentes de vaciados simultáneos de aproximadamente 30m³ por frente. Para colocar el concreto en los muros se usa el sistema de bombeo convencional con bomba Unicon (**Foto 14**) y adicionalmente como las estructuras tienen una altura promedio de 12m (5 pisos) permite el uso de nuevos sistemas de vaciado como es el uso brazos telescópicos – telehandler (Foto 15).

El sistema de llenado por bombeo es rápido (0.8m³/min.) y los muros se llenan en 2 capas mientras que, el sistema con brazos telescópico el llenado de los muros dura más tiempo (0.4m³/min.) y exige estrictamente que el slump de concreto sea no menor de 8" con lo cual se garantiza que la mezcla se acomode mejor y disminuye relativamente la cantidad de burbujas formadas en los muros.

Con respecto al acabado se requiere un riguroso control en la nivelación y en acabado semipulido de la losa vaciada para poder dejarla lista para recibir el acabado final de piso vinílicos. (**Foto 16**).

2.3.5. Albañilería

Para la albañilería se usa los bloques P-9 de concreto vibrado con varillas verticales No. 8 cada 50cm, que se colocan en la losa con un anclaje de 5cm de profundidad pegadas con epóxico (Sikadur 32). Para evitar el contacto con los MDL se separa con una junta de tecnoport de $\frac{1}{2}$ " (**Foto 17 y Foto 18**).

2.3.6. Acabados

En el caso de los acabados luego de desencofrar los MDL requieren un proceso de reparación de los muros, por ejemplo: de las protuberancias del concreto causados por el uso típico del encofrado, de las fisuras por contracción producto del comportamiento natural del concreto, la limpieza de las rebabas de concreto de los encuentros pared – techo y pared – muro, etc. Luego de este proceso de reparación el acabado de los MDL con encofrado de aluminio queda bastante uniforme, y esto ha permitido poder realizar un cambio en el acabado final de los muros al uso del papel Colomural para el cual solo requiere un encintado de los encuentros de las planchas de encofrado de los MDL y una preparación de los muros con una base imprimante para finalmente pegar el papel (**Foto 19 y Foto 20**).

2.4. Control de costos y rendimientos

Los costos de tuberías y cables ahorrados en la mejora de los recorridos de las IIEE tanto en los MDL como en las losas macizas ha generado un ahorro de 11.50 ml x departamento (**Figura 13**).

En el caso de las IISS la modificación del sistema de inodoro con salida lateral permitió reducir el espesor de losa y se logró un ahorro en el costo del concreto y acero en el área de baño en un total de 2,720 departamentos modificados.

Los rendimientos de la obra en todas nuestras partidas han mejorado debido a una mejora continua de los frentes de trabajos (curva de aprendizaje), los cuales nos ha permitido reducir la cantidad de mano de obra, mejorando la calidad y cumpliendo con todos nuestros estándares de seguridad.

Para calcular los rendimientos se divide las horas hombres utilizadas para realizar la actividad entre la cantidad de metrado realizado (hh/Unid. de medida). Con el cual se puede calcular fácilmente la cantidad de horas ganadas por actividad.

En el caso del encofrado se han logrado mejorar los rendimientos en un 26% con respecto al presupuestado (0.42hh/m²). Esto se logró con una adecuada capacitación del personal y una redistribución de las tareas (disminución de cantidad de obreros x cuadrillas), los cuales realizan la actividad en 5 horas en promedio lo que permite poder iniciar el vaciado en horas de la mañana (11:00am). **(Figura 14)**.

Asimismo en el caso del concreto, el uso de los equipos con brazos telescópicos (telehandler) permite un ahorro en el uso de la Bomba de concreto, los cuales dichos equipos fueron comprados con el ahorro obtenido en esta partida y adicionalmente sirven para realizar otro tipo de actividades (ahorro en acarreo vertical y horizontal de materiales). Adicionalmente, pese a que el vaciado con los telehandler es más lento que con el equipo de bombeo, los rendimientos se están uniformizando porque el tiempo de vaciado de ambos es similar (varía entre 2 a 2.5 horas). Esto se debe a que el tiempo de vaciado está sujeto más a la llegada de los camiones mixers que a los sistemas de vaciado (bomba o telehandler). **(Figura 15)**.

En el caso del acero, se realizó un despiece de todos elementos con varillas de fierro corrugado, el cual luego de un análisis de desperdicios se determinó que es más económico que comprar acero dimensionado. Asimismo, del escaso 2.7% de desperdicio de acero este se utiliza para poder asegurar las cajas eléctricas de los muros, estacas para nivelación de plateas, estacas para encofrado, etc. Las mallas electrosoldadas permiten mejorar la velocidad de instalación con el cual se logra mejorar los rendimientos de la mano de obra.

En el caso de los acabados, el reemplazar papel colomural por un acabado típico de pintura permite una serie de ventajas adicionales a las económicas (ahorro de 41%) como por ejemplo: menor personal en obra, menor gasto de obras provisionales, mejor control de los trabajos ejecutados y áreas de trabajo más libre y ordenadas.

2.5. Control de calidad (QA/QC)

Durante el desarrollo del proyecto se reportaron algunas No Conformidades observadas por nuestro departamento de Control de Calidad, las cuales han sido levantadas progresivamente. Por ejemplo tenemos las siguientes:

- El ingreso de las redes de tuberías de IIEE, Agua, desagüe y Gas al interior del Edificio se realiza por el pasadizo de ingreso en un ancho de 1.40m el cual se encuentra congestionado y requiere coordinación oportuna de los trabajos para evitar roturas de tuberías.
- Durante el vaciado de losas se requiere tener bastante cuidado para que la malla quede centrada en el muro porque se mueven con bastante facilidad y no quedan centradas con respecto al trazo inicial **(Foto 21)**.
- Como los muros son delgados, de 10cm de espesor, cuando se tiene problemas de trabajabilidad en el concreto solicitado (perdida rápida del slump) en los lugares donde hay mucha concentración de tuberías y cajas eléctricas se suelen presentar cangrejeras **(Foto 22)**. Asimismo, la falta de capacitación del personal en la forma de colocación del concreto en los muros (por capas) sumado al exceso de vibrado genera segregación de la piedra en la parte inferior de los vaciados **(Foto 23)**. Pese a que ambos problemas son rápidos de reparar, la frecuencia de los mismos genera gastos no previstos, los que se evitan teniendo un control minucioso del slump del concreto antes de iniciar el vaciado.
- Según la modulación solicitada, el encofrado de losa se encuentra simplemente apoyado al encofrado de muros mediante un elemento llamado cuchilla, en tal sentido, esto aumenta la probabilidad de que el muro se desplome porque no es una estructura rígida y se mueva ligeramente en el momento del vaciado. Como las medidas de los vanos (puertas y ventanas) se encuentran pactados para lograr una producción industrializada, dichos vanos se tienen que reparar haciendo los derrames respectivos de los mismos. **(Foto 24 y Foto 25)**.
- Se han presentado fisuras en las luces centrales de los ambientes más amplios de los techos (salas), pese a todos los cuidados tomados en campo (Control de recubrimiento de acero, recorrido de tuberías, curado

de concreto y apuntalamiento de losas) los cuales el especialista en estructuras determino que dichas fisuras no son estructurales y obedecen a un comportamiento natural de este sistema de estructuras de MDL. Sin embargo, las inconformidades que generan a los clientes obligan al constructor a buscar soluciones de reparación a estas "fisuras estéticas" para que los clientes puedan firmar la recepción respectiva del departamento. **(Foto 26)**.

- Luego de 5 meses de construcción de la estructura se han presentado fisuras en el extremo inferior del muro con mayor longitud, el cual se consultó con el especialista y determinó que dichas fisuras no son estructurales y se producen por contracción del concreto y por la interacción que se produce entre las Placas Verticales (MDL) y la Platea de Cimentación respectiva. **(Foto 27 y Foto 28)**.

3. CONCLUSIONES

- Los MDL son una alternativa de diseño eficiente que permite industrializar la construcción de viviendas con unidades inmobiliarias numerosas, repetitivas y de bajo precio.
- De acuerdo al estudio de suelos realizado se determinó que la forma más económica para la cimentación de los Edificios es mediante el uso de plataforma (Plateas de Cimentación), que en conjunto con otras variables como es el número de pisos, tipo de estructura, rendimientos de Mano de Obra, etc. se definió realizar las estructuras con MDL con un encofrado monolítico.
- El ahorro logrado en el movimiento de suelos se realizó usando el material propio obtenido del corte de los Parques debidamente preparado, el cual se usó como Relleno de Ingeniería en las plataformas de las Plateas.
- El despiece realizado en obra con todos los elementos de acero corrugado utilizado en obra permitió definir que la Habilitación del Acero en Banco es más económico que comprar Acero Dimensionado para esta obra. Asimismo el uso del mismo tipo de malla electrosoldada tanto en la platea como en el edificio permite reducir la cantidad de la mano de obra empleada para dicha partida.
- Los muros y losas macizas permiten mejorar y reducir el recorrido de las IIEE e IISS mediante el uso de tuberías semiflexibles. En el caso de las IISS incluso se ha logrado realizar el recorrido de las tuberías de agua fría y caliente a través de los MDL mediante el uso de tuberías de polipropileno con el cual se reduce el riesgo de rotura en el momento de vaciado de concreto.
- Se desarrollo el concepto de utilizar inodoros con descarga lateral el cual luego se coordinó con la fábrica su fabricación al mismo costo, de esta forma se logro mejorar la velocidad de encofrado uniformizando todo el espesor de la losa a 10cm. y también se redujo un metrado de concreto y acero destinado a la zona de baño (e=20cm.).
- Se realizó una ingeniería en el encofrado utilizado con el cual se mando a fabricar al proveedor las planchas y piezas de aluminios necesarios para realizar un trabajo repetitivo y de similar metrado en todos los sectores realizados.
- Adicionalmente de cumplir con los procedimientos de colocación y vibrado de concreto, es necesario utilizar tener un slump no menor a 8" para disminuir las cangrejeras formadas en los MDL con congestión de tuberías eléctricas y sanitarias.
- Para lograr que el acabado de la losa de vaciado quede lista para recibir el piso acabado de vinílicos es necesario realizar un acabado semipulido y también controlar el nivel de vaciado en todo momento. Con esto se logra reducir el costo de falsos pisos y contrapisos en el acabado de pisos del edificio.
- El uso de papel Colomural en el acabado en reemplazo de la pintura de muros permite una reducción en los costos, menor Mano de Obra y mejor control de los trabajos ejecutados.
- Las estructuras con MDL presentan fisuras en los muros del primer piso y en las zonas centrales de las luces mayores de los ambientes (salas), los cuales fueron analizados por el especialista y se definieron que son fisuras no estructurales y se deben a un comportamiento natural del concreto armado.
- Las fisuras presentadas en los edificios generan inconformidad en los clientes y no firman la recepción de los departamentos hasta solucionar dicho problema. Por lo tanto, el constructor se ve obligado a buscar métodos de reparación para dicho problema los cuales están fuera del presupuesto de obra.

REFERENCIAS

Tinman, M. "Planos y Especificaciones Técnicas del proyecto Los Parques del Agustino". Prisma Ingenieros. 2007.

Muñoz, A. "Desempeño sismorresistente de edificios de muros de ductilidad limitada". PUCP. 2006.

San Bartolomé, A. "Comportamiento a carga lateral de muros delgados de concreto reforzados con malla electro-soldada y Acero dúctil". PUCP. 2007



Figura 1. Vista panorámica de Los Parques del Agustino



Figura 2. Distribución del Terreno



Figura 3. Vista Interior de la Residencial

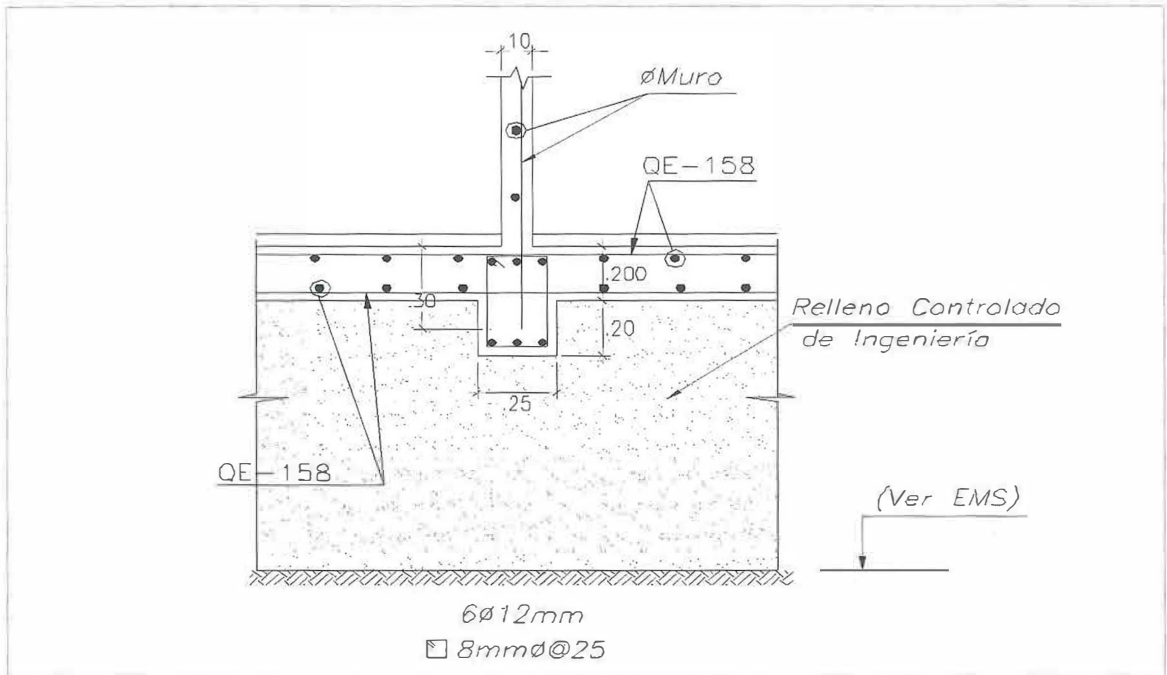


Figura 4. Corte típico de cimentación de Plantas

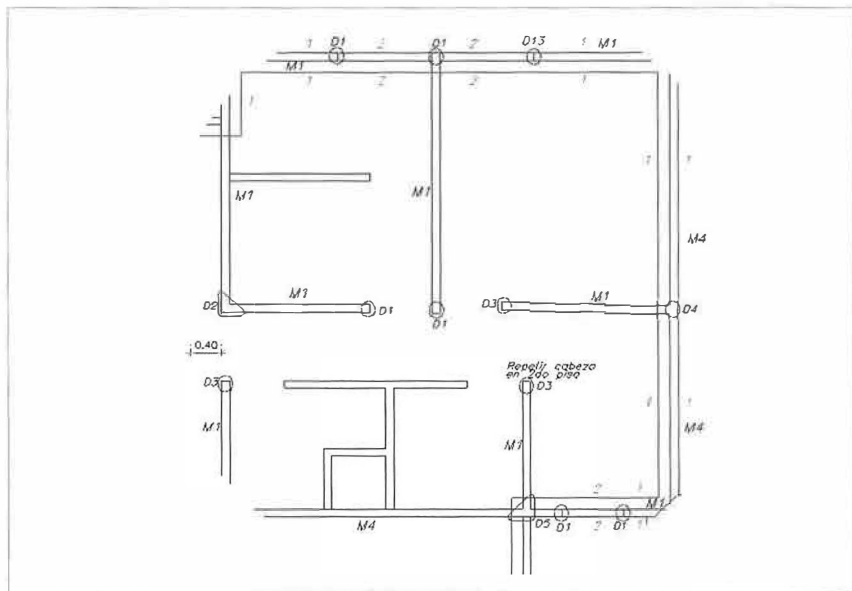


Figura 5. Plano de Planta Típica de Muros

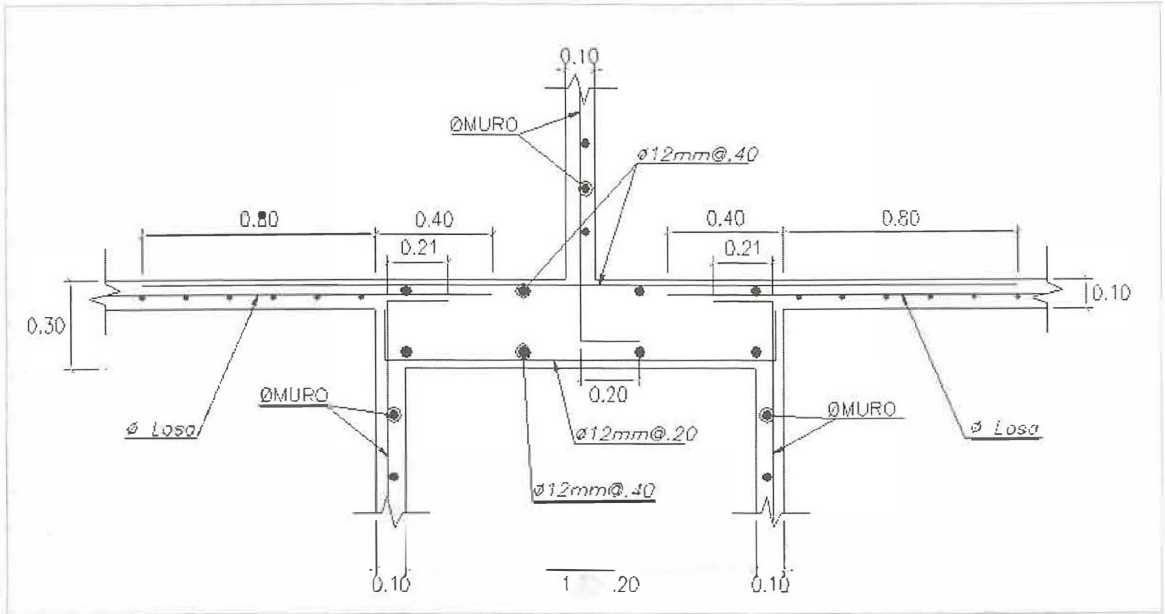


Figura 6. Corte de Losa de Transferencia

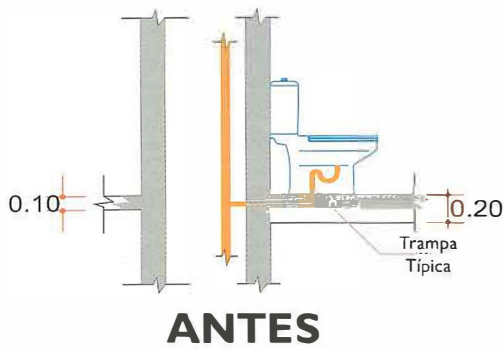


Figura 7. Inodoro con salida vertical

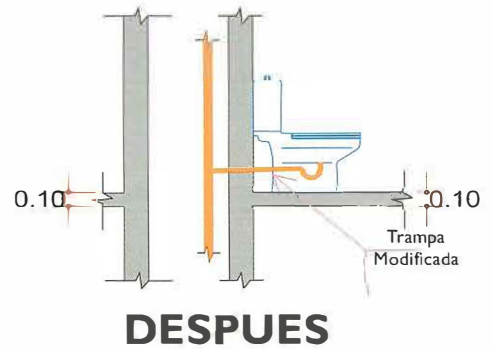


Figura 8. Inodoro con salida Horizontal

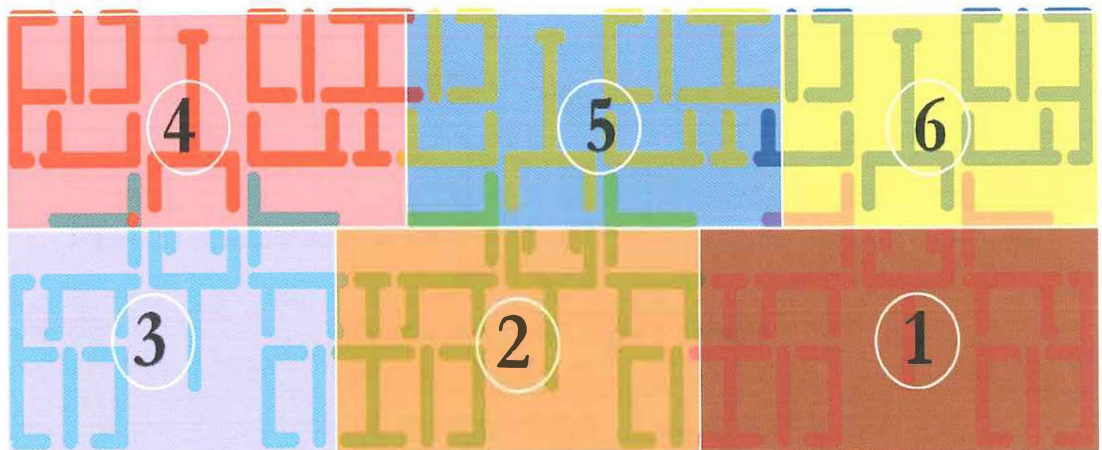


Figura 9. Sectorización de Edificio

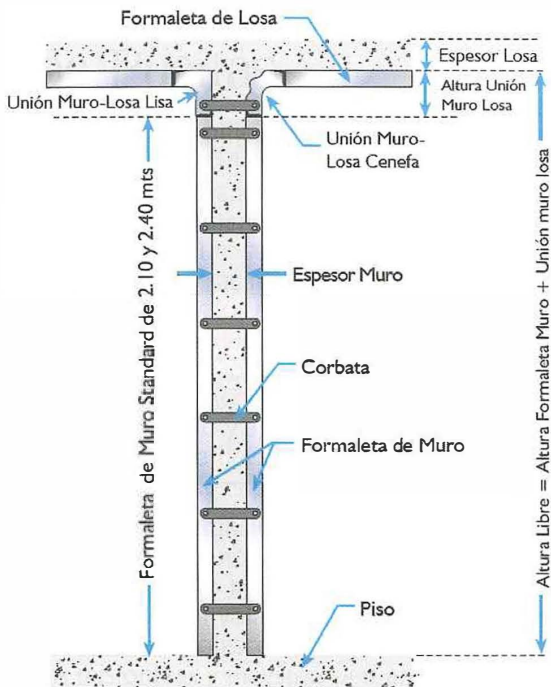


Figura 10. Corte de Encofrado de aluminio Monolítico

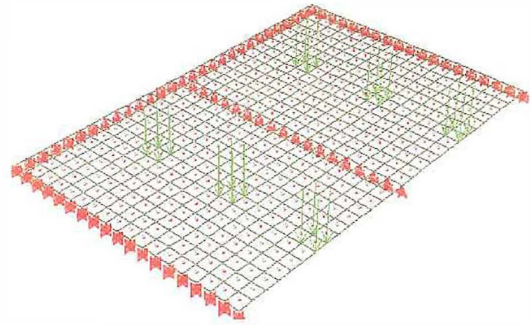


Figura 11. Modelo Tridimensional de elementos Finitos

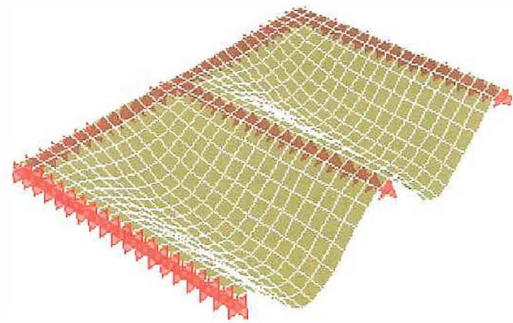


Figura 12. Vista de la deformación por Carga Ultima

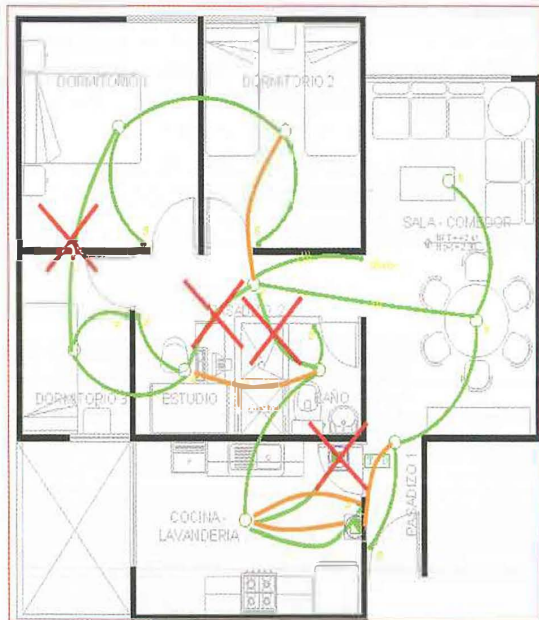


Figura 13. Ahorro de tuberías en la Distribución Eléctrica en la losa maciza

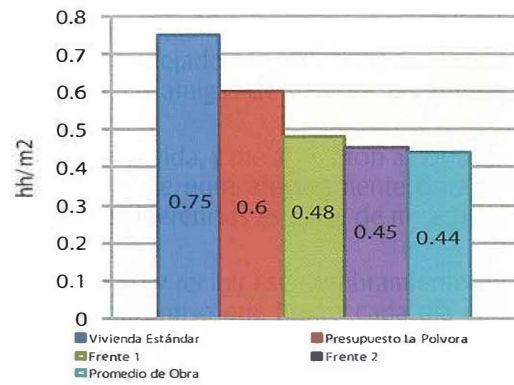


Figura 14. Vista de la deformación por Carga Ultima

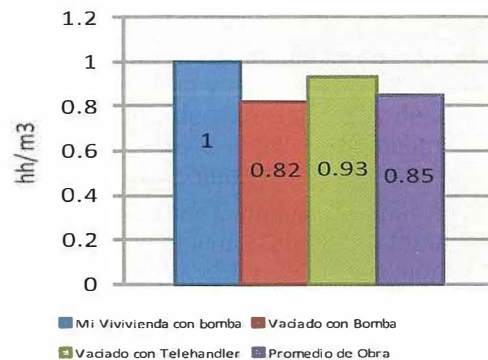


Figura 15. Rendimiento de Concreto



Foto 1. Corte, Zarandeo y Traslado del Relleno de Ingeniería



Foto 2. Corte y Zarandeo del material Granular



Foto 3. Compactación en capas de 30cm

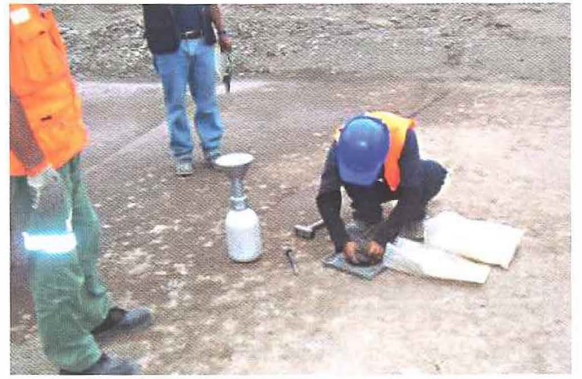


Foto 4. Pruebas de Compactación



Foto 5. Vaciado de Plateas – Sector I



Foto 6. Platea terminada



Foto 7. Caja Eléctrica sujeta a la malla electrosoldada

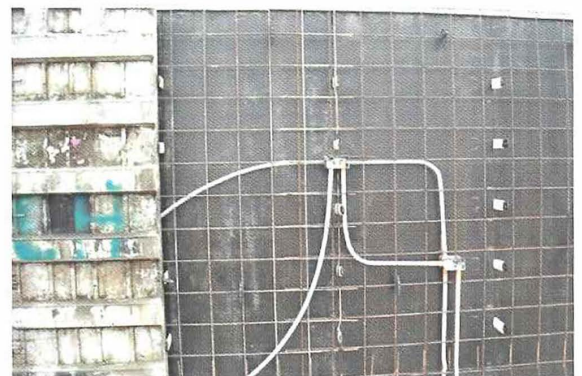


Foto 8. Distribución de tuberías Eléctricas



Foto 9. Llaves de agua del dpto. Colocadas antes del vaciado



Foto 10. Tuberías de Agua Fría y Caliente dentro de los MDL



Foto 11. Traslado rápido y fácil de Formaletas de Encofrado

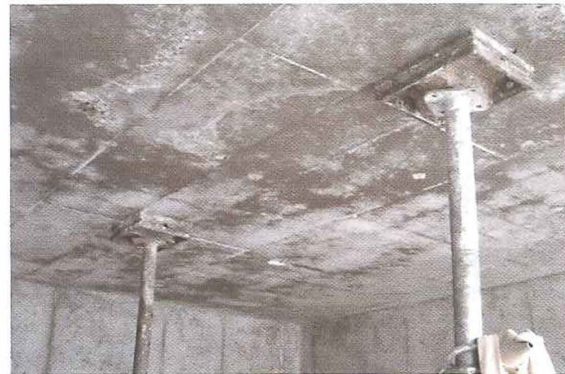


Foto 12. Losa puntal luego del desencofrado



Foto 13. Encofrado Monolítico (Muros y Losas)



Foto 14. Vaciado con bomba Unicon



Foto 15. Vaciado con brazo Telescópico (Telehandler)

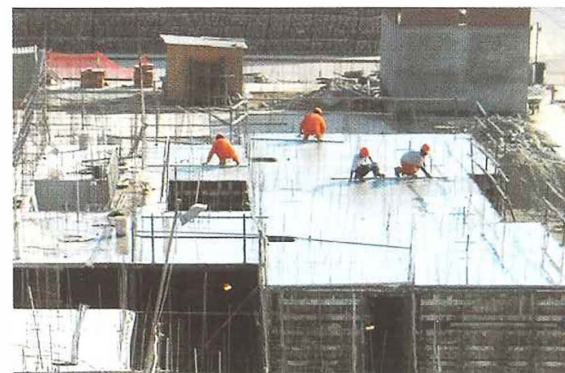


Foto 16. Acabado de losa semipulido



Foto 17. Separación de 1/2" con tecnoport entre MDL y Ladrillo



Foto 18. Fachada con Ladrillo de concreto vibrado P-9



Foto 19. Instalación de Papel Colomural

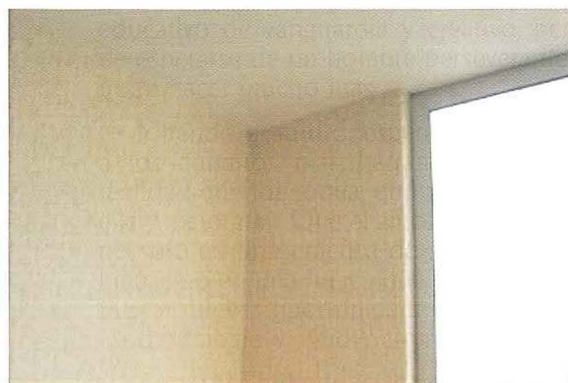


Foto 20. Acabado Final con Papel Colomural



Foto 21. Grifado de acero vertical



Foto 22. Cangrejeras en zonas de concentración de tuberías



Foto 23. Segregación de Agregado



Foto 24. Reparación de derrame de ventanas



Foto 25. Reparación de derrame de puertas

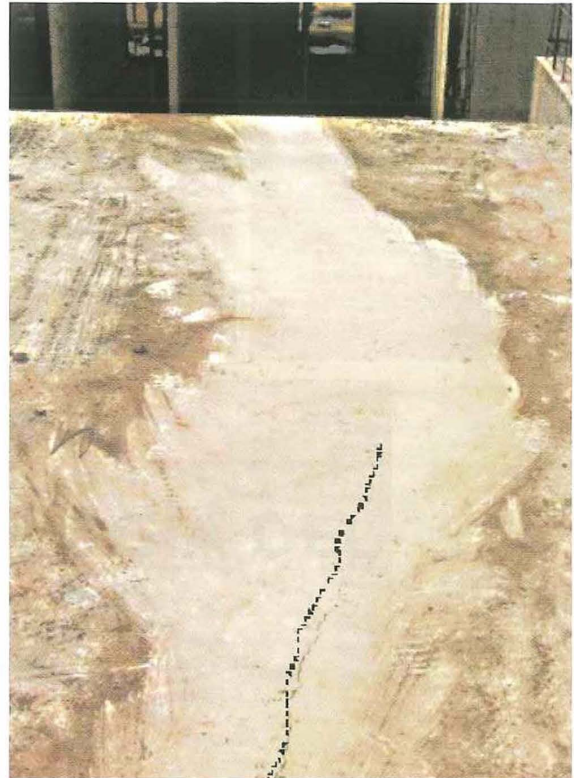


Foto 26. Fisuras en las zonas luces centrales (sala)



Foto 27. Fisura en la parte inferior de los MDL de 8m de longitud 8m.

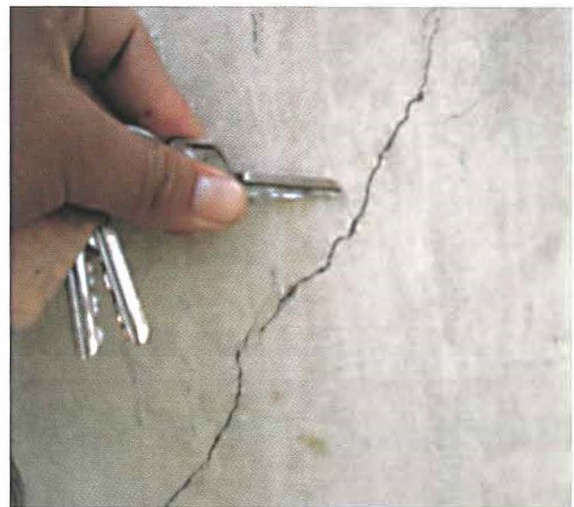


Foto 28. Espesor máximo de fisura encontrada es de 0.5mm.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

El Laboratorio de Mecánica de Suelos fue creado en el año 1966, a partir de una donación de equipos que hiciera la Dirección de Caminos del entonces Ministerio de Fomento y Obras Públicas a nuestra Universidad. Estos equipos fueron destinados fundamentalmente para la docencia; instalados y calibrados conjuntamente por personal de la Universidad y del Ministerio, con la colaboración de un experto de la Misión Renardet. El área de Laboratorio de Mecánica de Suelos, incluyendo oficinas es de 738m².



de la construcción de edificaciones, presas, carreteras, puertos, aeropuertos, canales, etc.; así como también a los proyectos relacionados con minería en lo referente a obras civiles y relaveras.

Con el transcurrir del tiempo, el laboratorio se fue equipando con recursos propios de la Universidad, con equipos modernos y con tecnología de punta; para realizar actividades docentes; de investigación, y de servicio de apoyo a la industria

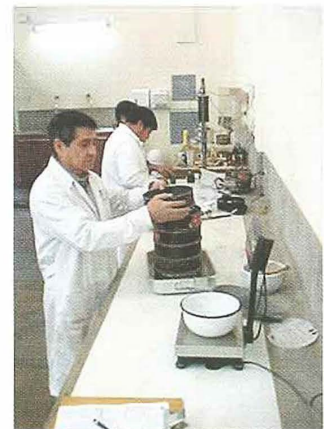


Además de los equipos usuales para determinación de las propiedades índice, hidráulicas, de compresibilidad de los suelos, de las propiedades para el diseño de vías de comunicación y de las características de los agregados; el laboratorio cuenta con un equipo triaxial con marco de carga de 50 KN y celdas de 35mm, 50mm, 70mm y 100mm; sistema de aplicación de presión constante, aplicación de contrapresión, medición de cambio de volumen y un equipo para corte directo controlados por un sistema digital de 16 canales con sistema de adquisición de datos electrónico. Todo este sistema se encuentra controlado mediante una microcomputadora; que permite controlar el proceso de los ensayos.

Actualmente, el laboratorio cuenta con 13 celdas para los ensayos triaxiales, que permite trabajar varios especímenes en forma simultánea. Adicionalmente, a los ensayos triaxiales rutinarios No Consolidado No Drenado, Consolidado No Drenado y Consolidado Drenado de compresión, también disponemos de equipos para realizar ensayos de Extensión Triaxial.

Además de ensayos, el laboratorio realiza Estudios de Mecánica de Suelos de acuerdo a la Norma NTE E-050 para el diseño de cimentaciones; y Diseño de Pavimentos, peritajes y evaluaciones forenses geotécnicas.

El personal profesional y técnico del laboratorio cuenta con más de treinta años de experiencia y está capacitado para una rápida respuesta a quienes desarrollan, ejecutan y supervisan proyectos de ingeniería civil, minería y de la industria en general, proporcionando asistencia en el área de geotecnia en forma eficaz, independiente e imparcial.



Los principales servicios que realiza el laboratorio son:

- Ensayos de mecánica de suelos para determinación de propiedades índices
- Ensayos para control de calidad de los materiales que se emplearán para la fabricación de concreto, y materiales para la construcción de pavimentos
- Ensayos para la determinación de las propiedades físico-mecánicas e hidráulica de los suelos
- Estudios de Mecánica de Suelos y Diseño de Pavimentos
- Peritajes y evaluaciones forenses geotécnicas de cimentaciones y en general consultoría relacionada a la especialidad de ingeniería geotécnica.

Jefe de Laboratorio: Ing. Manuel Olcese Franzero

Informes:

Teléfono: 6262000 anexo 4651

Fax: 6262837

e-mail: suelos@pucp.edu.pe