

PROYECTO
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA EN MATERIALES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

LIMA - PERÚ
MARZO - 1995

INDICE

- [RESUMEN](#)
- 1. [TÍTULO DEL PROYECTO](#)
- 2. [DATOS GENERALES](#)
 - 2.1 [Sector, región](#)
 - 2.2 [Unidad Ejecutora](#)
 - 2.3 [Duración](#)
 - 2.4 [Localización](#)
 - 2.5 [Fuente Cooperante](#)
 - 2.6 [Costo Total del Proyecto](#)
- 3. [DEL PROYECTO](#)
 - 3.1 [Marco global](#)
 - 3.2 [Objetivos del proyecto](#)
 - 3.3 [Metas o Resultados](#)
 - 3.4 [Actividades](#)
 - 3.5 [Marco institucional](#)
- 4. [RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO](#)
 - 4.1 [Recursos Nacionales](#)
 - 4.2 [Recursos Externos](#)

ANEXOS:

- I. [Organigrama](#)
- II. [Requerimiento de Personal](#)
- III. [Plano de las Instalaciones](#)
- IV. [Listado de Equipos](#)
- V. [Duración y Planeamiento de Operaciones](#)
- VI. [Cronograma de gastos](#)

RESUMEN

Se propone la creación de un **Centro de Investigación e Ingeniería de Materiales** en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), en Lima. El Centro desarrollará el saber - hacer para realizar la caracterización y estudio de materiales relevantes para el Perú, en campos tales como la Minería, la Arqueología y la Metalurgia.

Después de tres décadas sin inversiones en el campo de la Ciencia y Tecnología de los Materiales, se dan actualmente en el país condiciones favorables que pueden permitir la recuperación en esta área, fundamental para el desarrollo cimentado del país.

El Centro estará equipado con instrumentación especializada y moderna para el estudio y análisis de materiales. Las siguientes técnicas han sido seleccionadas para la etapa inicial del Centro: Difracción de Rayos X (XRD), Fluorescencia de Rayos X (XRF), Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), Microsonda (EPMA) y Microscopía Electrónica de Transmisión (TEM). La propuesta considera el entrenamiento de un conjunto inicial básico de profesionales en laboratorios del extranjero. El entrenamiento adicional de otros usuarios será hecho en el Centro.

El personal asociado con el Centro consistirá de científicos y técnicos calificados y remunerados dentro de los estándares internacionales, con una mínima participación de personal administrativo. La incorporación del personal se hará mediante contratos renovables bianuales. Los investigadores del Centro tendrán la responsabilidad de realizar un doble rol que involucra actividades de investigación y servicio.

Para la operación del Centro proponemos la supervisión y evaluación de sus actividades, incluyendo la de sus miembros, por un Comité Científico Internacional, la misma que se llevaría a cabo durante los 10 primeros años de operación.

El Centro estaría localizado en el Campus de la UNI, en un terreno de 2000 m² con un área construida inicial de 500 m². La inversión inicial es de US\$ 5.535 M, con un presupuesto de operación anual de US\$ 1.099 M. Se espera que la financiación de estas cantidades se realice mediante el Gobierno Peruano y Agencias Financieras Internacionales (JICA, BID, WB,...) o Gobiernos Extranjeros.

1. TITULO DEL PROYECTO

Centro de Investigación y Tecnología en Materiales (CITM)

2. DATOS GENERALES

2.1 SECTOR, REGIÓN

SECTOR: Educación (Universitario)

REGION: Lima - Callao

2.2 UNIDAD EJECUTORA

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ciencias

2.3 DURACIÓN

5 años

2.4 LOCALIZACIÓN

Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería

Avenida Túpac Amaru s/n - Carabaylo - Lima - Perú

2.5 FUENTE COOPERANTE

Gobiernos extranjeros y/o Organismos de Crédito Internacional

2.6 COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Los costos estimados, en millones de dólares, son los siguientes:

APORTE NACIONAL:

Inicial:

- Terreno de 2000 m² x 100 (dólares / m²) \$ 0,200 M

Anual:

- Salarios \$ 0,632 M

- Insumos \$ 0,035 M

- Mantenimiento	\$ 0,300 M
- Viajes	\$ 0,042 M
- Computación y Biblioteca	\$ 0,020 M
- Programa de Visitas	\$ 0,070 M

APORTE NACIONAL TOTAL:

Inicial	\$ 0,200 M
Anual	\$ 1,099 M

APORTE EXTERNO:

* Construcción y equipamiento del Edificio			
- Construcción	\$ 1,500 M		
- Equipamiento	\$ 0,500 M		
* Equipos, herramientas y gastos de instalación:			
- Equipamiento Analítico	\$ 2,535 M		
- Taller de Electrónica	\$ 0,050 M		
- Centro de Computo	\$ 0,100 M		
- Accesorios	\$ 0,050 M		
- Gastos de Instalación	\$ 0,100 M		
* Asistencia Técnica y Entrenamiento de Personal	\$ 0,500 M		
APORTE EXTERNO TOTAL	\$ 5,335 M		

3. DEL PROYECTO

3.1 MARCO GLOBAL

En términos generales podemos decir que en el Perú, la responsabilidad del desarrollo de la Ciencia y Tecnología en el país, ha recaído casi exclusivamente en las Universidades; por lo tanto puede decirse que la historia de la universidad peruana (ver,

más adelante, la sección dedicada a la educación universitaria) es la historia de la Ciencia y Tecnología en el Perú.

Lamentablemente, la honda crisis social y económica que ha sufrido el Perú en las últimas décadas, repercutió negativamente en el desarrollo de la ciencia y la tecnología en el país. Es así que en el período indicado los estudios sobre desarrollo científico y tecnológico de los países, tanto a nivel mundial (World Flash on Basic Research - Scientometrics) como a nivel de América Latina (GRADE - Indicadores de Ciencia y Tecnología en América Latina 1970-1990) señalan que el Perú a nivel mundial tiene una actividad en este campo prácticamente nula, no figurando, a diferencia de países vecinos como Chile y Colombia, en las estadísticas de la producción científica y tecnológica mundial, y a nivel latinoamericano se encuentra en el grupo de los menos desarrollados.

Sin embargo, en los últimos cinco años, la situación económica y social del país ha tenido una mejoría relativa significativa. Por un lado la pacificación y por otro la estabilización económica permiten, junto con otros signos positivos, avizorar que la situación continuará mejorando y que inevitablemente sus efectos se sentirán en el sector universitario. Adicionalmente podemos entender que la desactivación, por el gobierno actual, de los Institutos Estatales creados para fomentar el desarrollo tecnológico y científico del país, tales como:

- * Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC)

- * Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET)

es un signo claro de que se pretende otorgar a las universidades un rol más activo en este campo. Dentro de este contexto es pertinente plantear, en las presentes circunstancias, proyectos científico - tecnológicos universitarios, de alcance nacional, que permitan recuperar y remontar las décadas perdidas.

La Universidad Nacional de Ingeniería, rectora, desde su fundación, en el campo de la ciencia y tecnología en el país, en el marco de su obligación de entregar al país ingenieros, arquitectos y científicos del más alto nivel de formación, de su deber de colaborar con otras universidades e instituciones afines y, de atención dentro de sus responsabilidades de las demandas de modernización y de servicio del aparato productivo, plantea la creación de un **CENTRO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA EN MATERIALES (CITM)**, el cual sería el primer centro de este tipo en nuestro medio, con equipamiento moderno único en el país.

La propuesta de creación del CITM se apoya en los siguientes argumentos:

- a) Debido a la grave crisis que ha afectado al país en las últimas décadas, el desarrollo de la ciencia y la tecnología ha sido duramente sacrificado. Debe señalarse que los recursos económicos destinados a este rubro, cuando no han sido nulos han sido insuficientes, habiéndose perdido además un alto porcentaje de cuadros calificados en esta área; quienes han abandonado el país desplazándose en su mayor parte hacia países desarrollados y, en

menor escala, hacia países de mayor desarrollo relativo del ámbito latino-americano o en su defecto han derivado a otras actividades como la de enseñanza, la industrial o comercial. Finalmente, los pocos laboratorios existentes, faltos de recursos económicos, han devenido obsoletos ó funcionando en condiciones muy limitadas. Un Centro de Investigación de las características que se plantean sería un foco de atracción para el retorno de muchos, y por otro lado se propiciaría la calificación local de otros.

b) La Ciencia de los Materiales, por su carácter multidisciplinario, permite integrar de una manera efectiva diferentes sectores de las ciencias básicas y de las tecnologías, y por otro lado establecería una conexión más directa entre el sector productivo y la universidad. Todo esto traería como consecuencia la formación y/o consolidación de grupos de investigación en esta disciplina lo que tendría un impacto económico y social muy significativo para el país.

c) La carencia de laboratorios con equipos modernos y de recursos humanos en ciencia y tecnología tiene consecuencias negativas en la evolución de sectores estratégicos importantes para el desarrollo nacional. Según las características del Centro propuesto, éste estará orientado principalmente a los siguientes sectores:

- Educación Universitaria
- Minería y Metalurgia
- Arqueología

EDUCACIÓN UNIVERSITARIA:

Antecedentes:

En las últimas décadas la honda y dramática crisis nacional ha enfrentado a la universidad peruana a problemas de diversa índole, dependiendo de su condición de estatal o privada. En el caso de las estatales problemas tales como: carencia dramática de recursos económicos, disminución de sus cuadros docentes calificados, deterioro de su infraestructura física (fundamentalmente de los laboratorios) y académica (bibliotecas y centros de documentación), llevaron a las universidades estatales a su mínima expresión y consiguiente desprestigio social.

Por otro lado la mayoría de las universidades privadas, por cuestiones de rentabilidad inmediata, no cultivan el área científica. Esto ha significado prácticamente la desaparición del naciente potencial científico y tecnológico del país, asociado a las universidades de los años 60.

La década del 60 fue importante para la universidad peruana (y para la ciencia y la tecnología), entre otras, por las siguientes razones:

- Se prioriza la Educación, alcanzando el sector universitario su más alto nivel de inversión.
- Los docentes universitarios tenían haberes mensuales medianamente decorosos (aprox. 1,000 dólares USA).
- Se observa una significativa presencia de profesores universitarios visitantes en el marco de Cooperación Técnica y Ayuda Internacional, fundamentalmente norteamericanos (Alianza para el Progreso, Cuerpo de Paz, ...) y europeos (Cooperación Técnica Francesa,).
- Hay apoyo de Fundaciones Privadas (F. Ford, F. Kellogg, F. Rockefeller, Smithsonian Institute, Science Foundation, ...) y Organismos Financieros Internacionales (BID) para el desarrollo de la Investigación en Ciencia y Tecnología.
- Hay altas perspectivas de Desarrollo Industrial y de generación de empleo.
- Se crea el Instituto Nacional de Planificación (1962), que permite el inicio del establecimiento de una política nacional de desarrollo.
- Se crea la Facultad de Ciencias en la Universidad Nacional de Ingeniería, con un importante impacto y significado a nivel nacional.

Si bien en la primera mitad de la década del 70 aún se da una actividad significativa en el área de ciencia y tecnología, seguramente por efecto inercial de la década anterior, comienzan a plantearse los primeros actos de desactivación del sector universitario. El gobierno crea los Institutos Estatales de Desarrollo Tecnológico con la finalidad de concentrar en ellos funciones de investigación, información y promoción tecnológica (ITINTEC, INICTEL, INGEMMET,) en desmedro del sector universitario, se produce un incremento no planificado del número de universidades estatales y privadas, bajo la concepción de que el único rol de las universidades es el de la formación profesional, sin responsabilidad en la investigación. El efecto inmediato de esta política gubernamental es una reducción importante del presupuesto universitario, afectando de paso el salario docente (en 1974 baja a un promedio de \$ 600 dólares USA). Entre los resultados más importantes de esta política podemos señalar:

- Pérdida de recursos humanos, los que derivan hacia los Institutos antes mencionados o al sector industrial o comercial.
- Escasez de recursos económicos para la renovación y mantenimiento de equipos de laboratorio y bibliotecas.
- La mediocridad académica comienza a instalarse en las universidades.

Hacia fines de la década del 70 la situación es crítica, el presupuesto universitario sólo alcanza para el pago de haberes y éstos se han reducido a sumas increíbles de alrededor de

\$ 100 dólares USA mensuales, laboratorios y bibliotecas quedan desactualizados, los cuadros docentes más calificados abandonan el país y un sector significativo de los que se quedan pasan a la actividad comercial o industrial. Salvo excepciones puntuales, el nivel académico de los docentes universitarios en esta época está muy por debajo del estándar internacional y por consiguiente la investigación es reducida a aquellos pocos casos en los cuales se recibía apoyo externo. Esta situación se mantiene durante toda la década del 80 con el agravante causado por el terrorismo.

Situación Actual

En la actualidad, los laboratorios de formación profesional y de investigación en las universidades del país, se encuentran en condiciones muy deficientes, en promedio los equipos de estos laboratorios tienen una antigüedad mayor de 25 años. Sin lugar a dudas, en estos momentos el Perú se encuentra en el grupo de los países que menor importancia presta a este problema.

A la fecha, Noviembre - 94, existen 55 universidades en el país, 28 son públicas y 27 privadas, aproximadamente 1/3 del total de universidades (18) se encuentran en la capital.

La población universitaria estimada para el presente año (94) es de 600,000 alumnos y 33,000 docentes, la universidad peruana es fundamentalmente una universidad de antegrado, solo alrededor del 1% de su matrícula es a nivel de postgrado (en el segmento de Maestría).

En función de las características del Centro propuesto, para el presente proyecto se considerará que las áreas científica y tecnológica comprenden los siguientes campos:

Área Científica:

Física, Química, Geología y Arqueología.

Área Tecnológica:

Las ingenierías: Mecánica, Mecánica y Eléctrica, Metalúrgica, Electrónica, Eléctrica, Química, Civil, Geológica, de Minas, de Petróleo, de Petroquímica, Ambiental.

Estas disciplinas científicas y campos tecnológicos se distribuyen en las diferentes universidades del país en la forma que se indica en los cuadros siguientes:

Área Científica

	U. Estatales	U. Privadas
Física	(4Li, 8Prov)	(2Li)
Química	(3Li, 3Prov)	(2Li)

Geología	(1Li, 1Prov)	-----
Arqueología	(1Li, 3Prov)	(1Li, 1Prov)
Li = Lima	Prov = Provincia	

Área Tecnológica

	U. Estatales	U. Privadas
Ing. Civil	(2Li, 9Prov)	(4Li, 10Prov)
Ing. Eléctrica	(2Li, 2Prov)	-----
Ing. Electrónica	(3Li, 2Prov)	(3Li, 3Prov)
Ing. Geológica	(2Li, 4Prov)	-----
Ing. Mecánica	(2Li, 2Prov)	(1Li, 1Prov)
Ing. Mec. y Elec.	(1Li, 4Prov)	(1Prov)
Ing. Metalúrgica	(2Li, 8Prov)	(1Prov)
Ing. de Minas	(2Li, 10Prov)	(1Li, 1Prov)
Ing. de Petróleo	(1Li)	-----
Ing. Petroquímica	(1Li)	-----
Ing. Química	(2Li, 10Prov)	-----
Ing. Ambiental	(1Li)	-----
Li = Lima	Prov = Provincia	

De los datos de estas dos tablas se puede concluir que, en lo que respecta al nivel universitario, aproximadamente:

- 1) el 50 % de la actividad científica se lleva a cabo en la Capital.
- 2) el 90 % de la enseñanza científica se lleva a cabo en las universidades estatales
- 3) el 80 % de la actividad tecnológica se lleva a cabo en las universidades estatales.
- 4) el 40 % de la actividad tecnológica se lleva a cabo en Lima.

Adicionalmente, la poca importancia que el Estado y la sociedad peruana han otorgado al área de ciencia y tecnología hasta la fecha, se refleja en el bajo porcentaje de alumnos que se matricula en esta área en las últimas décadas: 1,5% en el área de Ciencias (aprox. 9,000 en el 94) y 12% en el área Tecnológica (aprox. 72,000 en el 94)

Finalmente, analizaremos los aspectos de formación profesional e investigación, así como los de las infraestructuras físicas respectivas, en las áreas en cuestión.

Formación Profesional:

Debemos señalar que los estudios pre-universitarios en el Perú (11 años) se llevan a cabo en condiciones materiales y pedagógicas muy desfavorables, resultando que el nivel académico de los ingresantes a la universidad es mayoritariamente deficiente. Igualmente en el nivel universitario las condiciones materiales y pedagógicas son precarias, de modo que los egresados son principalmente formados en base a clases "teóricas" magistrales con poca componente experimental formativa.

Planes de Estudios:

En la mayor parte de los casos, las universidades para elaborar sus planes de estudios toman como referencia los planes de estudios de las universidades nacionales de más prestigio (Universidad Nacional de Ingeniería y Pontificia Universidad Católica del Perú, por lo general) o en su defecto adoptan los que corresponden a universidades extranjeras. Todo esto ignorando el soporte experimental respectivo y la calidad docente.

Plana Docente:

Como hemos mencionado anteriormente, sin olvidarnos de las pocas excepciones del caso, el nivel académico de los docentes está muy por debajo del estándar internacional. Además las precarias condiciones económicas de las universidades no permiten la implementación de programas de reciclaje y ni de capacitación.

Debe destacarse así mismo que, el bajo nivel remunerativo en las universidades estatales (aprox. \$ 300 mensuales, en promedio para el año 1994) trae como consecuencia que la mayoría de docentes hagan solo el mínimo necesario de la tarea universitaria y salgan a completar su ingreso económico mensual en otros lugares. Resultan así docentes que en su mayoría, para alcanzar niveles básicos de subsistencia trabajan en una universidad estatal y en varias privadas (o en alguna otra actividad no universitaria) y por consecuencia difícilmente tendrían tiempo para capacitación, reciclaje o investigación.

Centros de Documentación:

Salvo el caso de la Biblioteca de la Pontificia Universidad Católica, que es la que más se aproxima al nivel estándar, en ciencia y tecnología, no existe en el país una biblioteca o centro de documentación que cuente con libros y revistas, actualizadas y en número suficiente en esta área. Además no se cuenta con mecanismos ágiles que apelen a

tecnología moderna para el intercambio de información tanto a nivel nacional como internacional, las redes informáticas como por ejemplo "Internet" son escasamente usadas.

Laboratorios

Para la Formación Profesional

La situación es sumamente deficiente a nivel nacional; la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) es de lejos la más equipada, seguida por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y la Pontificia Universidad Católica. Son de destacar los serios esfuerzos que realizan algunas universidades del interior del país, tanto estatales como privadas, podemos citar a la Universidad de Piura, la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, la Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cuzco y la Universidad Nacional La Libertad de Trujillo.

Debemos agregar que si bien la UNI tiene la más diversificada y amplia infraestructura de laboratorios para la formación profesional, ésta tiene en promedio una antigüedad mayor de 25 años (con algunas pocas excepciones). En el año 1988 el Estado reconoció la importancia de este hecho e incluyó en la ley de presupuesto (Art. 320) el siguiente texto "...Autorízase, a dicha Universidad a concertar endeudamiento externo, con el aval del Estado, hasta por la suma de veinte millones de dólares americanos (U.S. \$ 20 000 000) para equipamiento de laboratorios", sin embargo, el descrédito económico del gobierno de la época era tal que ningún Gobierno, ni Agencia u Organismo Internacional se animó a conceder el crédito.

Para Investigación

Aquí la situación es más dramática aún, los pocos laboratorios de investigación que existen, en su mayoría, son producto de donaciones de países amigos, en varios casos de equipos usados, listaremos por universidad aquellos que tienen relación con la ciencia de los materiales:

- **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA:**

- FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA**

- Laboratorio de Ensayo de Materiales**

Líneas de Investigación:

- Análisis de la Microestructura de los metales y sus aleaciones
- Estudio de la corrosión

- Análisis Metalográficos y Minerográficos

Equipamiento más importante:

- ??

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA

Laboratorio de Espectrometría

Líneas de Investigación:

- Análisis de composición de rocas, minerales y productos industriales
- Difractometría de Rayos X
- Análisis de estructuras cristalinas

Equipamiento más importante:

- Difractómetro de Rayos X
- Espectrómetro de Absorción Atómica
- Microscopios Ópticos

FACULTAD DE CIENCIAS

Laboratorio de Películas Delgadas y Energía Solar

Líneas de Investigación en Películas Delgadas:

- 1) Determinación estructural de materiales obtenidos en forma de películas delgadas. Los materiales obtenidos son óxidos de metales de transición, los que son estudiados para dos tipos de aplicaciones: electrocromismo y detección de gases.
- 2) Caracterización de las fases y de la composición química de los materiales obtenidos, y de como son afectados cuando en ellos se insertan cationes de radios pequeños.

- 3) En corto plazo se proyecta elaborar materiales con estructuras nano-cristalinas, a fin de aumentar la relación superficie-volumen, efecto importante para los dos tipos de aplicaciones indicadas.
- 4) Se están implementando en la actualidad las técnicas de rocío pirolítico y sol - gel.
- 5) Producción de recubrimientos duros para aceros, por la técnica de pulverización catódica para aplicaciones en herramientas de corte y en protección de piezas de maquinaria.

Equipamiento más importante:

- * Microscopios Electrónicos: TEM y SEM
- * Espectrómetro Mossbauer
- * Espectrofotómetro de Transmisión 2.5 - 40 nm
- * Espectrómetro de Absorción Atómica
- * Sistema de deposición por rocío pirolítico y sol-gel
- * Sistema de deposición en vacío
- * Potenciostato y registrador X-Y
- * Sistema para mediciones elipsométricas
- * Monocromador 325 - 800 nm
- * Sistema para medición de tensiones
- * Sistema para medición de la emitancia hemisférica

Líneas de Investigación en Energía Solar:

Durante la década del setenta, se iniciaron en el ITINTEC (disuelto hace tres años) y en algunas universidades, actividades de investigación y desarrollo tecnológico para un aprovechamiento técnico de la energía solar. La actividad principal está hoy en la Universidad Nacional de Ingeniería, en coordinación con varias otras universidades, en particular con las Universidades Nacionales de Tacna, Cuzco, Arequipa y Cajamarca.

Los objetivos de estas actividades fueron, y siguen siendo, mayormente de índole educativo y de capacitación, recientemente con énfasis en el campo fotovoltaico (silicio amorfo).

Otros resultados son:

- 1) Transferencia de la tecnología de diseño y fabricación de colectores térmicos solares a una empresa privada (ENERSOL, Arequipa).
- 2) Desarrollo de secadores solares artesanales (de auto-construcción por los campesinos), diseminado ahora ampliamente en la región del Cusco.
- 3) Vinculado con lo anterior, desarrollo y diseminación de invernaderos solares para las regiones andinas (UNSAAC).

Equipamiento más importante:

- 4 estaciones meteorológicas automatizadas, incluyendo actinógrafos
- Equipos de evaluación térmica de secadores y termas solares
- Equipo de descarga plasmática para producir películas de silicio amorfo.
- Equipos diversos (del laboratorio de física) para caracterizar las películas eléctrica, óptica y estructuralmente.
- Espectroscopio Opto-acústico

• **PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ (PUCP)**

FACULTAD DE INGENIERÍA

Laboratorio de Materiales (Ing. Mecánica)

Líneas de Investigación:

Equipamiento más importante:

Laboratorio de Corrosión (Ing. Química)

Líneas de Investigación:

Equipamiento más importante:

• **UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS

Líneas de Investigación:

Equipamiento más importante:

FACULTAD DE QUIMICA E ING. QUIMICA

Líneas de Investigación:

Equipamiento más importante:

• **UNIVERSIDAD DE PIURA**

FACULTAD DE INGENIERIA

Laboratorio de Metalotecnia y Corrosión

Líneas de Investigación

- Tratamientos Térmicos
- Fundición
- Corrosión
- Materiales Avanzados

Equipamiento más importante:

- Banco Metalográfico
- Microscopio Estereoscópico
- Equipo completo para preparación metalográfica
- Equipo analizador de carbono y azufre
- Máquina probadora universal
- Durómetro y Microdurómetro
- Péndulo de Charpy

- 2 hornos eléctricos (1000 y 1200 C)
- Equipo de Ultrasonido
- Potenciostato - Galvanostato
- Corrosímetro y Corrómetro
- Medidores digitales de espesores de recubrimientos metálicos y orgánicos
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica

- **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA LIBERTAD**
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS
Laboratorio de Física de Metales

Líneas de Investigación:

- Efecto del agua de mar sobre la fatiga de corrosión de superficies de acero tratadas con B-Mn
- Caracterización de especímenes metalúrgicos arqueológicos de la zona norte peruana
- Propiedades de la fatiga de superficies de acero tratado
- Estudio de las características de la solidificación de algunas aleaciones basadas en cobre

Equipamiento más importante:

- Microsonda
- Máquina de Prueba de Tensiones
- Microscópios Metalográficos
- Equipo de preparación de muestras metalográficas
- Máquina de pulido
- Máquina de Fatigas

- Potenciostato
- SEM

Investigación:

Como ya lo hemos mencionado anteriormente, en el presente análisis, no se incluyen ni la ciencia Médica ni la Biología en el Área Científica y tampoco se incluyen en el Área Tecnológica las siguientes Ingenierías: de Sistemas, Agrícola, Agro-Industrial, Forestal, de Industrias Alimentarias, Industrial, Administrativa, y Económica.

En términos generales debe decirse que la sociedad peruana, seguramente por sus características culturales, a través de su evolución histórica ha prestado poca importancia a la investigación científica, no existiendo en consecuencia tradición en este campo.

Investigadores

En primer lugar debemos mencionar que en el Perú no existe la condición ocupacional de investigador científico. En general, dadas las condiciones salariales, la actividad del investigador se desarrolla a tiempo parcial y en condiciones materiales bastante precarias. Es además notorio que aquellos pocos investigadores con producción científica medible, bajo los estándares internacionales, o bien por razones personales o familiares tienen un nivel económico que les permite tener la tranquilidad necesaria para dedicarse a la investigación o bien reciben subvención de Instituciones y/o Laboratorios extranjeros, vale aclarar que en este último caso la subvención es básicamente para los gastos de la investigación pero no para salarios.

Investigación Tecnológica:

La investigación tecnológica es muy reducida en el país, y la cuantificación de su producción es muy difícil dado que existe la tendencia a considerar el trabajo profesional como de investigación. En todo caso el Perú no figura en ninguno de los reportes internacionales que analizan la producción tecnológica tanto a nivel mundial como a nivel de América Latina. Un problema adicional importante es la continua salida del país de los ingenieros más capacitados.

Investigación Científica:

La actividad en este campo con resultados medibles a través de publicaciones en revistas internacionales se da en muy pocas universidades (2 ó 3) y en todos los casos son investigaciones que cuentan con apoyo financiero extranjero. En todo caso en las últimas tres décadas el número de publicaciones en revistas internacionales no pasa de la centena, y si tenemos en cuenta el impacto (las veces que fueron citadas por otras publicaciones) que ellas tuvieron la situación se pone más dramática.

Comentarios finales sobre la Educación Universitaria en el Perú:

Como hemos podido ver, en el Perú más del 80% de la actividad en ciencia y tecnología se desarrolla en las universidades estatales y dado que "el desarrollo tecnológico" no se lleva a cabo en nuestro país, difícilmente la opción neoliberal vía las universidades privadas ayudará significativamente a resolver nuestro alarmante retraso en esta importante área. Es por lo tanto imprescindible que el Estado aumente su inversión en esta área a través de las universidades estatales.

Por las razones expuestas en el párrafo anterior, nuestros comentarios finales estarán dedicados sólo a la universidad estatal.

Los principales factores que afectan a la universidad peruana, son los mismos que, en general, afectan a la universidad latino-americana (Universidades-UDUAL, Enero-Junio, 94), en el caso del Perú no debe olvidarse el impacto negativo adicional que significan los graves problemas socio-económicos de los últimos quince años.

Citemos algunos de estos factores:

- * La desvalorización del significado socioeconómico de la universidad

En la situación actual la universidad ha sido reducida en su dimensión socioeconómica, ha perdido imagen y defensores. Sus graduados no encuentran trabajo y es común que los profesionales jóvenes emigren hacia los países desarrollados. Es frecuente escuchar del ciudadano común "es más fácil que un banco otorgue crédito a un trabajador informal que a un profesional". La sociedad no ve más a la universidad como una aspiración para sus hijos y el Estado la considera como un gasto y no como una inversión para el desarrollo económico

- * La falta de solvencia económica

La falta de recursos económicos es una constante en la universidad peruana de las últimas décadas, es así que la universidad afronta de manera deficiente sus principales tareas: la formación profesional, la investigación y la proyección social.

- * La fragmentación de la comunidad universitaria

En la universidad actual la comunidad universitaria como agente de cohesión, debate, autonomía y fiscalización ha desaparecido. Sus miembros están ocupados en resolver sus problemas urgentes, tanto personales como los de su especialidad. El desinterés por la institución universitaria incluye casi todos los aspectos: el cultural, el académico, el social y hasta el sindical.

- * La ausencia de un proyecto universitario

Desvalorizada en su función social, falta de recursos económicos y fragmentada en su interior, la universidad no encuentra aún su camino en la sociedad actual.

Sin embargo, como hemos mencionado anteriormente, algunos signos como son la pacificación, la estabilización económica, la desactivación de los Institutos de Investigación del Estado, y anuncio de todos los sectores políticos de la necesidad de reactivar la educación en todos sus niveles é impulsar la ciencia y tecnología, permiten pensar que nos encontramos en un punto de inflexión y que es por lo tanto momento de plantear alternativas de salida a la honda crisis que ha afectado a este sector. Es en este marco que se plantea la creación del Centro de Investigación y Tecnología en Materiales (CITM).

En relación al sector universitario el CITM traería los siguientes beneficios:

a) Pondría a disposición de los investigadores de este sector, equipos de laboratorio avanzados, únicos en el país, evitando así los inconvenientes de enviar sus muestras a laboratorios extranjeros.

b) Serviría de motivación, para que al menos algunos investigadores nacionales de diversas áreas científicas y tecnológicas, no abandonen el país por falta de infraestructura en investigación.

c) Serviría de atracción, para que algunos de los investigadores peruanos que se encuentran en el extranjero, se interesen en retornar al país.

d) Permitiría desarrollar un "saber-hacer" en áreas vitales para el desarrollo del Perú. Contribuyendo de esta manera a levantar el nivel de la educación universitaria.

e) Impulsaría la investigación en la Ciencia de los Materiales, la misma que se viene iniciando en diversas universidades del país

MINERIA Y METALURGIA

El sector minero-metalúrgico reporta al país más del 50% del total de las exportaciones, siendo sin duda uno de los mayores generadores de divisas, y su impacto en el crecimiento nacional es gravitante. A pesar de ello, según datos registrados en el forum "Perú: programa económico y reactivación del sector minero-exportador" realizado en Lima el 14-15 de noviembre de 1994, el Perú ha explotado sólo una pequeña porción de su potencial minero. Considerando sólo los minerales que en mayor volumen produce el país, el Perú escasamente ha explotado el 0,3% de oro, 0,4% de cobre, 1,7% de plomo, 2,5% de zinc y 3% de plata, por lo que tiene aún un potencial muy grande por desarrollar.

En el presente, la estabilidad en el marco jurídico, junto con el potencial de nuestros recursos mineros, la reinserción y la pacificación del país, hacen que en el Perú se presente un futuro bastante promisorio en este sector, y que actualmente se vislumbra por la presencia masiva de inversionistas, por las exploraciones, por sus hallazgos, por la implementación de proyectos y por los incrementos de producción. Así se tiene que entre setiembre de 1992 y junio de 1994 se han solicitado concesiones mineras sobre un área que se aproxima a los 6 millones de hectáreas, que corresponde a casi el 80% del área concedida en toda la historia del país, quedando aún un campo de 60 millones de hectáreas

que el país puede ofrecer. Se espera que en los próximos dos años la inversión sólo en exploración será del orden de 200 millones de dólares por año, y hacia el término del presente siglo el Perú duplicaría su producción minera, con la cual se podría alcanzar la suma de 3 500 millones de dólares anuales.

Sin embargo, esta visión optimista del sector minero contrasta con el escaso desarrollo científico-tecnológico que presenta el país actualmente dentro de este sector. Sin un crecimiento paralelo en este factor estratégico del desarrollo nacional, se obligará por un lado a que se recurra a las capacidades de países vecinos, particularmente el chileno, como actualmente viene sucediendo, con un obvio incremento en costos y tiempo, y por otro, se perdería una gran oportunidad para impulsar la formación de cuadros científicos y tecnológicos, inicialmente dentro de esta área, pero que finalmente redundará en otras áreas científicas.

En términos generales el sector minero-metalúrgico comprende las actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales (el de mayor desarrollo en el país), fabricación y manufactura de metales, aleaciones y materiales compuestos (composites). Industrialmente hablando se cuenta con experiencia en la explotación y beneficio de minerales llegando hasta la refinación de metales (cobre, plomo, zinc, plata, oro, bismuto y cadmio), fabricación de aceros al carbono y fundiciones ferrosas (piezas fundidas).

Dentro del campo de la investigación y el desarrollo el avance es incipiente. El país carece dramáticamente de laboratorios con equipamiento moderno principalmente para el análisis microscópico y de composición de los minerales. No existe por ejemplo ningún laboratorio en el país que pueda realizar análisis por microscopía electrónica de muestras metalúrgicas. En el Perú se cuenta actualmente en total con ocho microscopios electrónicos, los cuales mayormente son utilizados para el estudio de muestras biológicas y para el peritaje policial.

Los pocos laboratorios que actualmente prestan servicios al sector minero-metalúrgico (Facultad de Minas, UNI; Facultad de Ingeniería PUC; INGEMET e IPEN) son largamente insuficientes para los enormes requerimientos del país, y por lo general son incompletos y no complementarios entre sí; esto es, pueden efectuar algún tipo de análisis parcial pero carecen de medios para efectuar estudios más completos. En general, los estudios que se abordan son mas bien macroscópicos (tensiones, dureza, temperatura, análisis químico y electroquímico, etc) y con bastante carácter estadístico.

El análisis microscópico llega hasta la microscopía de luz, complementado con algunos datos de la difracción y fluorescencia de rayos-x, de modo que las conclusiones y diagnósticos se basan fuertemente más en la experiencia y criterios ("feeling") del experimentador que en un análisis riguroso de un conjunto de resultados experimentales.

Del anterior análisis se desprende que el país necesita realizar urgentemente acciones para dotar al país de centros modernos de investigación, con la consiguiente formación de recursos humanos, que permitan afrontar seriamente los requerimientos de este sector, usando procedimientos como el:

- análisis químico instrumental (difracción y fluorescencia de rayos-x, microanálisis, absorción atómica y de emisión)
- análisis de estructura y morfología (microscopía de luz, microscopía electrónica de barrido (SEM) y transmisión (TEM))
- análisis de las transformaciones de fase (difracción de rayos-x, con calentador incorporado, SEM y TEM)
- análisis de defectos cristalinos (SEM y TEM).

De este modo podríamos estar en condiciones de afrontar problemas básicos que se necesita resolver dentro de este sector, tales como:

- Caracterización de rocas y minerales del país, así como el estudio de sus potenciales usos y aplicaciones. Identificación de materiales estratégicos en ellas, tales como el galio, indio, uranio, plutonio, etc.
- Caracterización de los desechos minerales y metalúrgicos para el desarrollo de técnicas de reciclaje y abatir el problema de la contaminación ambiental.
- Estudios de los mecanismos de oxidación, reducción, adsorción e intercambio iónico que se producen en los distintos procesos metalúrgicos y de corrosión.
- Estudio de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de aleaciones y materiales sinterizados.
- Análisis de fallas y fracturas de estructuras metálicas.
- Estudio de estructuras de solidificación y de segregación en procesos de colada continua, estructuras orientadas, metales

ARQUEOLOGIA

A. Importancia de la Arqueología en el Perú

A.1. Aspectos Históricos

Sin lugar a dudas la riqueza histórica del Perú pre y post colombino ha despertado siempre gran interés en el extranjero.

En el Perú han dejado registrada su presencia diversos grupos humanos y culturas desde épocas tan remotas como la del período lítico (10 000 años aC) y con diversos niveles tecnológicos que en la mayoría de los casos son aún mal conocidos.

Citemos los casos más importantes:

Período aC:

- * Chavín (Costa Central y Sierra Norte)
- * Nasca-Paracas (Costa Sur)
- * Tiahuanaco I y II (Costa Sur)

Período dC pre-colombino:

- * Moche I-V (Costa Norte)
- * Huari (Costa y Sierra)
- * Chimú (Costa Norte)
- * Tiahuanaco III y IV (Costa Sur)
- * Inca (todo el país)

A.2. Situación General del Área

Uno de los aspectos fundamentales que afecta positivamente la situación actual de la arqueología en el Perú es la PACIFICACION. Gracias a ella hay un gran auge y regreso de proyectos extranjeros en el área. Esto se debe en gran parte a que para investigar hacen falta subvenciones y éstas son muy escasas.

Obviamente la crisis económica de las últimas décadas también ha afectado esta área, de manera de que han sido y aún siguen siendo los proyectos extranjeros prácticamente los únicos que proporcionan recursos económicos, trabajo y material de investigación a los alumnos, profesores e investigadores de arqueología. En parte también son una vía para acceder a publicar y realizar estudios en el extranjero. Pero también esto tiene su contra parte en el sentido de que a veces éstos proyectos traen su propio grupo humano de trabajo, dejando pocas posibilidades a profesores y alumnos del país.

Otro factor importante ha sido la gran difusión que tanto a nivel nacional como internacional se está dando al descubrimiento del llamado "Señor de Sipán" y las tumbas que posteriormente se han encontrado excavadas por el Dr. Walter Alva y el último descubrimiento del Dr. I. Shimada, la "Tumba de Sicán", ambos proyectos efectuados en la costa norte del Perú. Estos (con amplia resonancia en Estados Unidos, Europa y Japón) de alguna manera han incentivado proyectos de investigación en ésta área.

Estos resultados han llevado a que grandes instituciones tanto nacionales como internacionales tomen interés en financiar proyectos arqueológicos y publicaciones. Así tenemos al Banco Wiese financiando los trabajos del Brujo en Trujillo, Cervecería del Norte y Volkswagen en Sipán, Television Broadcasting Service (T.B.S.) cadena japonesa

que financió las excavaciones de Sicán en Chiclayo, el Banco de Crédito que publica todos los años algún descubrimiento arqueológico, etc.

La situación actual del país, por otra parte, permite ya pensar en proyectos multidisciplinarios y multi-institucionales a mediano y largo plazo. Es decir, que en un mismo proyecto se puede pensar en aspectos muy diferentes de un área determinada o de una cultura (se pueden estudiar aspectos relacionados con la ecología, arqueología, conservación, etc.) contando así con especialistas de diferentes países e instituciones muy variadas. Esto ha sido el caso de proyectos tan importantes y a tan largo plazo como los de Sipán y Sicán. En éste último gracias a varios años de gestiones por parte del Dr. I. Shimada se logró nombrar al Parque de Poma (lugar donde se encuentran las pirámides de la cultura Sicán) "Reserva y Parque Nacional" siendo así un lugar intangible con vigilancia constante para evitar el saqueo de las tumbas y las invasiones de los pobladores.

Hoy en día los proyectos de arqueología son impensables sin una cooperación multidisciplinaria y multi-institucional. Cada vez son más complejos los análisis y los factores ó aspectos culturales a analizar.

En lo referente a la parte analítica habría que señalar que actualmente en el Perú es muy difícil encontrar el instrumental requerido para efectuar los diferentes tipos de análisis, ya sean de índole químico, físico ó mecánico, que son necesarios para el estudio de los diferentes materiales arqueológicos. Esta escasez de los mismos ha hecho que muchas veces se deje a un lado en un proyecto la parte analítica ó se le encargue a extranjeros y sus instituciones. De ésta manera los arqueólogos peruanos se deben de "conformar" con los pocos medios que encuentran en el país a su alcance.

Si damos un repaso a la bibliografía arqueo-metalúrgica veremos que el 80% de los trabajos analíticos han sido efectuados fuera del país. Esto ha traído consecuencias muy graves para los jóvenes arqueólogos que ven disminuida su capacidad de investigación frente a sus homólogos extranjeros.

Esto, sin embargo, no ha mermado el interés actual que existe entre los arqueólogos peruanos por la realización de estudios integrales y especializados, es decir, que si se piensa en tomar una cultura concreta (por ejem. Sicán) no sólo se estudiaría un aspecto de ella (por ejem. arquitectura) sino todo lo que envuelve la cultura (religión, cerámica, textiles, metales, huesos, etc.). Esto, como es lógico, lleva a una mayor especialización en cada tema. Así dentro de un mismo proyecto arqueológico son necesarios para realizarlo metalurgistas, historiadores, paleontólogos, geólogos, físicos, químicos, ceramistas, etc. Por este motivo los proyectos cada vez se vuelven más costosos y se proyectan a largo plazo.

Este interés común (en este caso de la arqueología) por especialistas de muy diversos campos, ha originado también que los investigadores de diferentes especialidades y campos se conozcan y se produzca así un cruce de información interesante para todos. Por este motivo vemos ahora el auge que tienen las mesas redondas, conferencias, congresos, etc. donde se reúnen investigadores de un mismo tema. En mesas redondas sobre metalurgia Precolombina que han ocurrido recientemente se han reunido ingenieros de minas,

metalurgistas, geólogos, químicos, historiadores del arte, arqueólogos, orfebres, restauradores y museólogos.

A.3 . La Arqueología como impulsora del Turismo

Aunque el turismo siempre fue en el Perú una fuente importante de divisas, en el presente, superados los problemas de terrorismo y de estabilización económica, debe re-impulsársele bajo una óptica más moderna, que incorpore a los elementos tradicionales (publicidad, transporte, red hotelera,...etc) información sobre los aspectos tecnológicos que caracterizaron a las civilizaciones antiguas del Perú.

El turista, entre otras cosas, viene al país porque ha visto, leído o escuchado de las maravillas arqueológicas que tiene. Las exposiciones tan impresionantes que se han efectuado en varias ciudades importantes de Estados Unidos sobre Sipán por un período de casi dos años y las que actualmente se están haciendo en Japón sobre Sicán, están motivando a que muchas personas se interesen por venir y ver "in situ" esas maravillas.

Pero el turista moderno no solo está interesado en ver la alfarería, los utensilios, los tejidos, las armas y los restos de las ciudades, sino también está interesado en una visión integral de la cultura de esos pueblos, incluyendo los niveles tecnológicos que alcanzaron.

Resulta así importante que la Arqueología en el Perú dé mayor importancia a los aspectos científico-tecnológicos que acompañaron a las civilizaciones antiguas (construcciones, metalurgia, textilería, alfarería, medicina,.....etc). Con seguridad, como ya lo señalan los resultados preliminares del Dr. Shimada, estos aspectos tecnológicos asombrarán aún más al mundo y en consecuencia aumentará el flujo turístico hacia el Perú.

B. La Arqueología y la Ciencia de los Materiales

En el contexto necesariamente multidisciplinario en que se desarrolla la Arqueología su conexión con la Ciencia de los Materiales resulta bastante natural y obvia. Señalaremos aquí dos áreas que grafican lo afirmado:

- **Cerámicas Arqueológicas**

Estos materiales son productos de arcilla y silicatos como alfarería, ladrillos, tejas, vidrios, esmaltes, pigmentos, yesos y cementos. El conocimiento de sus propiedades físicas y químicas proporcionará información sobre los conocimientos científicos y las técnicas de fabricación que poseían los fabricantes y dará también información sobre la antigüedad del objeto o material.

Las principales áreas de estudio son las siguientes: composición química y mineralógica, análisis del color, temperatura de quemado, fracturas térmicas y de impacto, micro y macro - porosidad, expansión por humedad, análisis de las relaciones de fase y su evolución, dureza, velocidades de calentamiento en hornos bajo diversas condiciones, entre otras.

Entre las técnicas experimentales de estudio más usadas, tenemos:

- * Para macroestructura: Examen visual, microscopía óptica, radiografía, xero-radiografía y CATSCAN.
- * Para microestructura: Microscopía óptica (reflexión, transmisión), microscopía electrónica (SEM y TEM), análisis por microhaces electrónicos.
- * Para estructura cristalina: Difracción (rayos X, neutrónica, electrónica)
- * Para estructura elemental: Espectroscopía (rayos X, fluorescencia de rayos X, infrarojo, óptica, atómica, neutrónica, gamma).
- * Para datación: Termoluminiscencia y resonancia de spin electrónico.

- **Arqueometalurgia**

Uno de los graves problemas que afronta la investigación arqueológica de objetos metálicos y minerales es la falta de estudios sobre el asunto y en especial la falta de preparación para ello. La causa ha sido el hecho de que en el Perú tradicionalmente se ha estudiado las piezas en la arqueología desde el punto de vista morfológico (formas, dimensiones, peso, etc.) por esa "necesidad" de hacer tipologías por la forma y uso de las piezas. Poca atención se puso al proceso tecnológico que llevó a la fabricación de la misma, sus componentes, aleaciones, tratamientos químicos de las superficies, etc. es decir, a "descubrir" el grado tecnológico al que llegó esa sociedad o cultura.

Si bien es cierto que hace unos años han aparecido en el Perú estudios sobre tecnología alfarera ó textil son muy escasos los que existen sobre la tecnología metalúrgica aunque en otros países (USA, Inglaterra) ya existe desde hace más de una década cátedras de arqueometalurgia. La razón es que este tipo de estudios conllevan una serie de planteamientos analíticos más profundos ó "complicados" que no son usuales en otras áreas (cerámica y textil).

Solo a partir de un conocimiento muy claro de los diferentes procesos y pasos que conlleva el desarrollo metalúrgico, es posible el que se pueda plantear el hacer estudios y análisis de los objetos. En el primer paso hay que tener claros los conceptos de la formación del mineral y cómo se encuentra en la naturaleza (nativo, minas, carbonatos, óxidos, sulfuros, etc.), cual fué su proceso extractivo en épocas pre-colombinas y cuáles son sus componentes. Es decir todo aquello que envuelve una actividad minera y geológica.

El segundo paso es la utilización de esos recursos minerales en los talleres de fundición, es decir, su transformación de mineral a metal ó etapa propiamente metalúrgica. Este proceso ha sido totalmente estudiado por el Dr. Izumi Shimada y su equipo, excavando el único centro de fundición metalúrgico a gran escala conocido en todo el continente americano y que se encuentra en el Cerro de los Cementerios, Batán Grande, Costa Norte

del Perú. Allí se han encontrado los hornos de fundición (con una tradición de 600 años que van desde 900 D.C. a 1400 D.C.) con sus escorias, toberas, fundentes, minerales de cobre, hornos de calentamiento, batanes, prills, speiss, matte, crisoles, etc. de tal manera que se ha podido reconstruir perfectamente el proceso de fundición de la aleación de cobre durante la época pre-colombina en esta zona del Perú, midiéndose, simulando las condiciones de la época, temperaturas de horneado entre 650 - 800°C.

Pero no sólo se encontró el centro de fundición sino que también se ha podido determinar las minas Precolombinas de donde el centro de fundición obtuvo la materia prima en un radio no superior a 6 Km.

La siguiente etapa es la distribución de los lingotes a los talleres de fabricación de las piezas, es decir, el trabajo de los artesanos que es allí en donde plasmarán sus grandes habilidades en el trabajo del metal.

Estas 3 etapas de estudio son importantes en sí mismas y se relacionan la una con la otra. Si un investigador no entiende la diferencia entre óxidos, sulfatos ó sulfuros no podrá entender la diferenciación en el proceso metalúrgico de fundiciones de óxidos o sulfuros y los grados tecnológicos que ello implica. Como tampoco podrá entender como un orfebre "juega" con las aleaciones para proporcionar una cualidad determinada al objeto acabado (dureza, que se detallen ciertos adornos, dorado ó plateado de superficies, etc.)

Es fácil deducir que en cada etapa se necesita de análisis muy concretos y específicos y de un instrumental analítico que se acople a cada uno de ellos.

Para el arqueólogo es de suma importancia el conocimiento de la composición y morfología de microestructuras en materiales metalográficos. El conocimiento de la estructura da información sobre los métodos usados en la fabricación del objeto y puede ayudar así en la datación del mismo. Existen diferentes "instrumentos" que se utilizan para determinar composiciones elementales y morfología de estructuras.

La información que se tiene sobre una pieza (ó de varias) puede tener dos vías analíticas, ambas usadas en los análisis de metales:

- i. Estudiar las características macroestructurales, es decir, características físicas, aquello que se observa a simple vista antes de un posterior pulido. De aquí obtenemos 2 tipos de información a) morfología y características externas de la pieza, es decir, forma, tipos, dimensiones, conservación, etc. y b) propiedades macroscópicas, peso y densidad.

En este tipo de análisis no hace falta una "maquinaria" muy complicada, simplemente con balanzas, microscopios podemos obtener la información que deseamos. Tampoco es necesario saber de composiciones químicas, estructuras, etc. Son análisis que no requieren de mayor sofisticación.

ii. Estudiar las características microestructurales, es decir, el análisis de microestructuras. Es el método ideal para desvelar las huellas que dejaron impresas los procedimientos de fabricación y otras características que conformaron los materiales a analizar. El análisis de estructuras puede dividirse en 2 amplios grupos de técnicas:

ii.1 Métodos que permiten establecer la composición

(molecular, cristalográfica, elemental, isotópica)

ii.2 Métodos que permiten describir la estructura morfológica (microscopía, microsonda, análisis de imagen, etc.)

Las propiedades de los materiales metalográficos dependen en gran medida de los procesos que los originaron y sus características y comportamiento están estrechamente relacionados con su composición y morfología estructural.

Entre las técnicas experimentales y equipos más usados en arqueo-metalurgia tenemos:

* Espectroscopía de emisión de rayos X inducidos por protones (proton induced X-ray emission spectroscopy:PIXE)

* Microanálisis electrónico (electron probe microanalysis: EPMA)

* Difracción y fluorescencia de rayos X

* Microscopía electrónica (SEM/EDS y TEM)

* Microscopía metalográfica y petrográfica

* Espectroscopía de absorción atómica

* Espectroscopía de emisión óptica

* Activación Neutrónica

* Analizador termo-diferencial (DTA, TGA y TMA)

3.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

* Promover la investigación en ciencia de los materiales a través del primer laboratorio en este campo en el país, proporcionando: actividad en investigación en la ciencia de los materiales, servicios de análisis y equipo sofisticado de investigación, en su mayoría único en el país. Este laboratorio estaría a disposición de las universidades del país, industrias y otras organizaciones tanto de tipo gubernamental como no-gubernamental.

- * Contribuir a la mejora de la educación universitaria, por intermedio de la actividad en la investigación científica y tecnológica de los materiales, propiciando el uso, por parte de investigadores universitarios y de alumnos de post-grado, de los recursos experimentales y humanos del centro.
- * Establecer lazos con las industrias locales con la finalidad de cooperar mutuamente, colaborar con sus modernizaciones tecnológicas y ofrecerles servicios de análisis e investigación.
- * Contribuir al desarrollo general de la ciencia y la tecnología en el país a través de actividades de investigación en ciencia de los materiales.
- * Colaborar en la formación de cuadros nacionales de técnicos y científicos del mas alto nivel, en el área de ciencia y tecnología de materiales, para que puedan incorporarse a corto y mediano plazo, a la industria del sector y a futuros centros similares en otros puntos del país.
- * Promover la sustitución, en todo lo posible, de los materiales estratégicos importados por el Perú por aquellos que apelen a materias primas y tecnologías nacionales.
- * Lograr establecer una efectiva cooperación local entre las diferentes organizaciones educativas, tecnológicas y científicas, institutos de investigación y universidades tanto estatales como privadas. El centro serviría como lugar de trabajo para investigadores locales de alto nivel, además de permitir, el intercambio de ideas y experiencias y la transferencia tecnológica.
- * Lograr una cooperación internacional en ciencia y tecnología con bases favorables para el país, estableciendo lazos con instituciones de investigación extranjeras de prestigio. En esta forma el centro obtendrá una efectiva cooperación y transferencia tecnológica de alto nivel. Esto también servirá de base para el inicio de la internacionalización de la educación universitaria.

3.3 METAS O RESULTADOS

- * Alcanzar en cinco años, una actividad científica medible a través de publicaciones internacionales y graduando al menos dos doctorados y cinco maestrías, en las siguientes áreas:
 - a) Minería y Metalurgia
 - * Caracterización de rocas y minerales del país, docimasia e identificación de materiales estratégicos, tales como galio, indio, uranio, plutonio, etc.
 - * Caracterización de los desechos minerales y metalúrgicos para el desarrollo de técnicas de reciclaje y abatir el problema de la contaminación ambiental.

- * Estudios de los mecanismos de oxidación, reducción, adsorción e intercambio iónico que se producen en los distintos procesos metalúrgicos y de corrosión.

- * Estudio de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de aleaciones y materiales sinterizados.

- * Análisis de fallas y fracturas de estructuras metálicas.

- * Estudio de estructuras de solidificación y de segregación en procesos de colada continua, estructuras orientadas y metales.

b) Arqueología:

- * Cerámicas: estudio de la composición química y minera-lógica, y de su micro y macro-porosidad; análisis del color y de las relaciones de fase.

- * Arqueometalurgia: estudio de las características micro-estructurales de objetos metálicos y minerales arqueo-lógicos: composición (molecular, cristalográfica, elemental, ...) y morfología estructural.

los procedimientos de caracterización empleados en todos los casos apelarán principalmente a las siguientes técnicas:

- Microscopía Electrónica (TEM, SEM y EPMA)

- Rayos X (difracción y fluorescencia)

- * Alcanzar en, al menos tres años, un servicio de análisis de alto nivel, en los campos específicos indicados en el ítem anterior.

- * Alcanzar en, al menos tres años, la formación continua de cuadros técnicos, a razón de dos por año, que garanticen la marcha de equipos similares a los del Centro.

3.4 ACTIVIDADES

Las principales actividades a ser desarrolladas en el Centro son las siguientes:

- * En Investigación

- Coordinar con los diferentes grupos de investigación del país, la utilización de las facilidades del Centro en beneficio de sus temas de investigación.

- Desarrollar en los cinco primeros años los campos de investigación incluidos en la primera meta.

- Difundir los resultados obtenidos de los trabajos realizados con apoyo del Centro.

* En Educación

- Organización periódica, a nivel local é internacional de: cursos, congresos, seminarios y talleres en el campo de la ciencia de los materiales

- Desarrollo de un programa nacional de estadías en el Centro, para estudiantes de post-grado de las universidades del país, que se encuentren desarrollando tesis en el área de materiales.

- Desarrollo de un programa nacional de estadías en el Centro, para docentes investigadores de las universidades del país que trabajen en el área de los materiales.

* En Servicios

- Servicio de Análisis: Caracterización física y química de los materiales. Determinación de estructuras atómicas y de composición química a nivel de microestructuras.

- Servicio de Capacitación de Personal: Tanto para el sector universitario como para el industrial se plantea entrenamiento en instrumentación, uso, mantenimiento y reparación de equipos de investigación.

3.5 MARCO INSTITUCIONAL

3.5.1 Competencia Institucional para el manejo del proyecto

La Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), creada en 1876 bajo la denominación de Escuela de Ingenieros y convertida en universidad en 1955, es no solo el primero sino el principal y más prestigioso centro de formación de ingenieros, arquitectos y científicos del país.

Cuenta con las siguientes facultades:

Arquitectura, Urbanismo y Artes

Ciencias

Ing. Ambiental

Ing. Civil

Ing. Económica y Ciencias Sociales

Ing. Eléctrica y Electrónica

Ing. Geológica, Minera y Metalúrgica

Ing. Industrial y de Sistemas

Ing. Mecánica

Ing. de Petróleo

Ing. Química y Manufacturera

en relación a las características del Centro propuesto, la UNI cuenta en su plana docente con científicos (físicos, químicos, geólogos,..) e ingenieros (metalurgistas, mineros, químicos, mecánicos,...) con estudios doctorales y post-doctorales en prestigiosas universidades del extranjero (de Europa, USA, Japón, ...).

En particular las facultades de Ing. Mecánica, Ciencias e Ing. Geológica, Minera y Metalúrgica, tienen actividad y experiencia en el área de Ciencia de los Materiales, contando con laboratorios que incluyen técnicas como la de Microscopía Electrónica (TEM y SEM), difracción de Rayos X, Espectroscopía de Absorción Atómica y algunas otras técnicas.

Por otro lado, la UNI tiene experiencia en el manejo eficiente de laboratorios de alcance nacional e internacional, se puede mencionar el "Laboratorio Nacional de Hidráulica" y el "Centro de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres" que desarrollan importante labor desde hace muchos años.

3.5.2 Relación de la unidad ejecutora con otras Instituciones

relacionadas con las actividades del proyecto:

Dada su condición de líder nacional en el área de ciencia y tecnología, la UNI mantiene estrecho contacto con todas las Instituciones y Organismos del país relacionados con esta área.

Se ha coordinado y han manifestado interés en el Centro las siguientes instituciones:

Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Lima)

Universidad Nacional La Libertad (Trujillo)

Universidad Nacional San Agustín (Arequipa)

Universidad Nacional San Antonio de Abad (Cusco)

Pontificia Universidad Católica del Perú (Lima)
Universidad de Lima
Universidad de Piura
Multiciencias (Cusco)
Instituto Peruano de Energía Nuclear (Lima)
Instituto de Investigación Minera y Metalúrgica (Lima)
Instituto Geofísico del Perú (Lima)
Servicio Industrial de la Marina (Callao)
Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea (Lima)
Museos Peruanos y Andinos
Compañías Mineras y Metalúrgicas Peruanas
Misiones Arqueológicas Extranjeras operando en el Perú

En relación a Instituciones y Universidades Extranjeras debemos citar a:

International Program in the Physical Sciences, Uppsala - Suecia
Centro de Estudios Nucleares de Grenoble - Francia
Universidad Joseph Fourier de Grenoble - Francia
International Center for Theoretical Physics de Trieste - Italia

3.5.3 Propuesta de Organización Interna

El Centro se organiza mediante:

- * Un Comité Directivo Internacional (5)
- * Una Dirección (1)
- * Investigadores (4) e Investigadores Asociados (4)
- * Personal Técnico (5) y Personal Administrativo (3)

ver el organigrama en el Anexo I.

El Comité Directivo Internacional: Está encargado de la supervisión y evaluación de las actividades del Centro y de sus investigadores. Sus cinco miembros son incorporados por invitación del Rectorado de la UNI y son elegidos por su calidad y prestigio internacional. Esta función de supervisión y evaluación la ejercerá este Comité los diez primeros años de existencia del Centro.

La Dirección: Es el máximo órgano ejecutivo del Centro, estará a cargo de un Director el cuál será designado por el Rectorado de la UNI a propuesta del Comité Directivo Internacional. El Director será elegido de entre uno de los cuatro investigadores del Centro.

Los Investigadores: Son incorporados al Centro a propuesta del Comité Directivo Internacional y su permanencia se sujeta a las siguientes reglas:

- * Se dedican enteramente, con verdadera dedicación exclusiva, al éxito del Centro.
- * Sirven a los objetivos del Centro y no a la inversa.
- * Someten anualmente su labor a una supervisión y evaluación por parte del Comité Directivo Internacional.
- * Su régimen laboral se establece por contratos renovables anuales o bianuales
- * Su labor (investigación y servicio) se sujetará a los estándares internacionales, tanto en rendimiento, como en condiciones de trabajo y remuneración.
- * Desde el punto de vista experimental se especializará en una de las técnicas específicas que se desarrollan en el Centro (XR, TEM, SEM, EPMA) y adoptará (como una segunda especialización) una de las áreas de aplicación (Arqueología, Minería, Metalurgia y Geología).

Los Investigadores Asociados: Son incorporados a propuesta del Rectorado o de la Dirección del Centro, sus especialidades corresponden a las áreas de aplicación (Arqueología, Minería, Metalurgia y Geología) y su dedicación es en general a tiempo parcial. La función principal de un investigador asociado es asesorar al investigador que ha adoptado como área de aplicación la que corresponde a su especialidad.

Personal Técnico: Son incorporados a propuesta del Director del Centro. Sus especialidades corresponderán a:

- Electricidad y Electrónica
- Experto en computación

- TEM

- SEM

- XR

Personal Administrativo: Son incorporados a propuesta del Director y sus actividades corresponderán a:

- Secretaría

- Limpieza

- Conserjería

4. RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCION DEL PROYECTO

4.1 Recursos Nacionales

4.1.1 Recursos Humanos

El requerimiento de científicos, ingenieros, técnicos y administrativos se presenta en el ANEXO II.

Una lista de científicos peruanos actualmente en el país, que previo entrenamiento, potencialmente podrían ser considerados como investigadores, es la siguiente:

* TEM : Walter Estrada (PhD, UNI - Uppsala)

* SEM : Jaime Avalos (PhD, Grenoble)

* EPMA : Lidia Neri (PhD, Germany)

* XR : Elvira Zeballos Velasquez (PhD, USP - Sao Pablo)

Una lista de científicos peruanos actualmente en el exterior, que potencialmente podrían participar en las actividades del Centro es la siguiente:

* Dwight Acosta (Instituto de Física, UNAM - México)

* Mario Miki (Instituto de Materiales, UNAM - México)

* José Alarco (The University of Queensland, Australia)

* Daniel Huerta (Universitat Clausthal, Germany)

* Juan Dávalos (Instituto Roca - Solano, Spain)

Lista de otros colegas, actualmente en la UNI, que podrían participar en el Centro:

* Bertram Hanssum (PhD, Technical University of Berlin, Germany)

* Rolf Schroeder (PhD, University of Gottingen, Germany)

* Aníbal Valera (PhD, University of Stuttgart, Germany)

* Arturo Talledo (PhD, UNI - Uppsala)

* Manfred Horn (PhD, University of British Columbia, Canada)

4.1.2 Recursos Físicos o Bienes

Terreno de 2000 m² localizado en el Campus de la UNI en la zona correspondiente a la Facultad de Ciencias, en millones de dólares:

2000 x 100 (dólares/m²).....\$ 0,200 M

un esquema preliminar del plano correspondiente al núcleo principal de las instalaciones necesarias se presenta en el Anexo III.

4.1.3 Recursos Financieros

Los recursos financieros nacionales anuales (en millones de dólares) estarían destinados a:

- Salarios.....	\$ 0,632 M
- Insumos.....	\$ 0,035 M
- Mantenimiento.....	\$ 0,300 M
- Viajes.....	\$ 0,042 M
- Computación y Biblioteca.....	\$ 0,020 M
- Programa de Visitas.....	\$ 0,070 M
TOTAL	\$ 1,099 M

4.2 Recursos Externos

4.2.1 Asesoramiento y Consejo Científico y Técnico

Durante los cinco años iniciales será imprescindible el asesoramiento científico, proponemos las siguientes modalidades:

* Visitas cortas: Destinada a visitantes de alto nivel (2/año) y que tendrán una duración máxima de 2 meses.

* Estadías: Destinada a investigadores jóvenes y que tendrán una duración máxima de 1 año (1/año).

Una lista de científicos extranjeros que podrían participar en este programa es:

* Hatsujiro Hashimoto (University of Okayama, Japan)

* Alwyn Eades (University of Illinois, Champaign - Urbana, USA)

* Fernando A. Ponce (Xerox, Palo Alto Research Center, USA)

* John Steeds (UK)

* K. Ishida (Japan)

este grupo podría constituirse en el primer Comité Directivo Internacional del Centro.

4.2.2 Capacitación

Planteamos que al cabo de los 5 primeros años se hayan graduado 2 PHD y 5 MsC y que por lo menos 3 técnicos hayan realizado estadías de capacitación (3 o 6 meses) en laboratorios extranjeros.

Los estudios de post-grado nos proponemos se realicen en la modalidad cooperativa, es decir que los estudios se realizan parcialmente en el Perú y parcialmente en universidades del extranjero con las cuales previamente se han realizado convenios apropiados.

4.2.3 Donación o Préstamo

El monto de fuente externa necesario para los cinco primeros años del proyecto se elevan : \$ 5.335 millones de dólares, los cuales se desagregan de la siguiente manera:

* Construcción y equipamiento del Edificio

- Construcción..... \$ 1,500 M

- Equipamiento..... \$ 0,500 M

* Equipos, herramientas y gastos de instalación:

- Equipamiento Analítico..... \$ 2,535 M
- Taller de Electrónica..... \$ 0,050 M
- Centro de Cómputo..... \$ 0,100 M
- Accesorios..... \$ 0,050 M
- Gastos de Instalación..... \$ 0,100 M

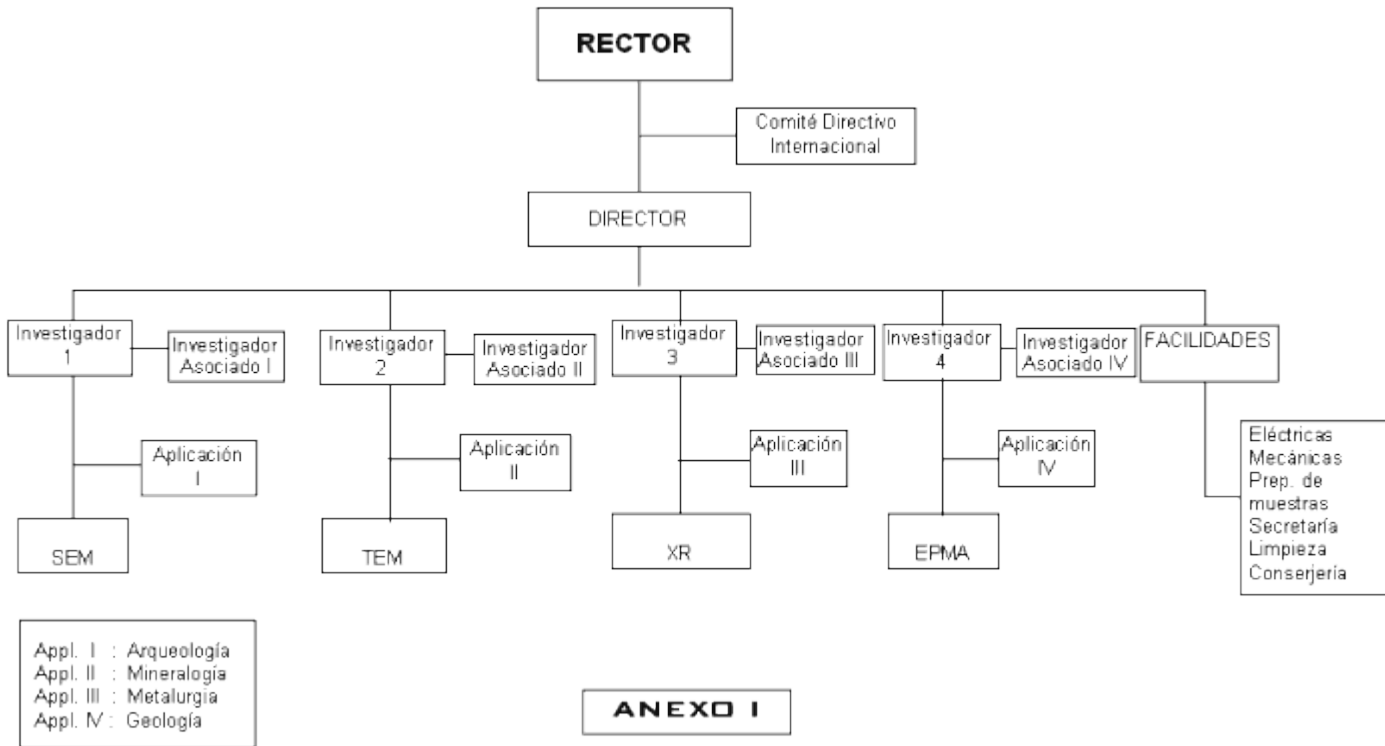
ver el Anexo IV para los listados de equipos y herramientas respectivos.

* Asistencia Técnica y Entrenamiento de Personal..... \$ 0,500 M

TOTAL..... \$ 5,335 M

Ver ANEXOS V Y VI, para el planeamiento y cronograma de gastos respectivo.

ORGANIGRAMA



ANEXO II

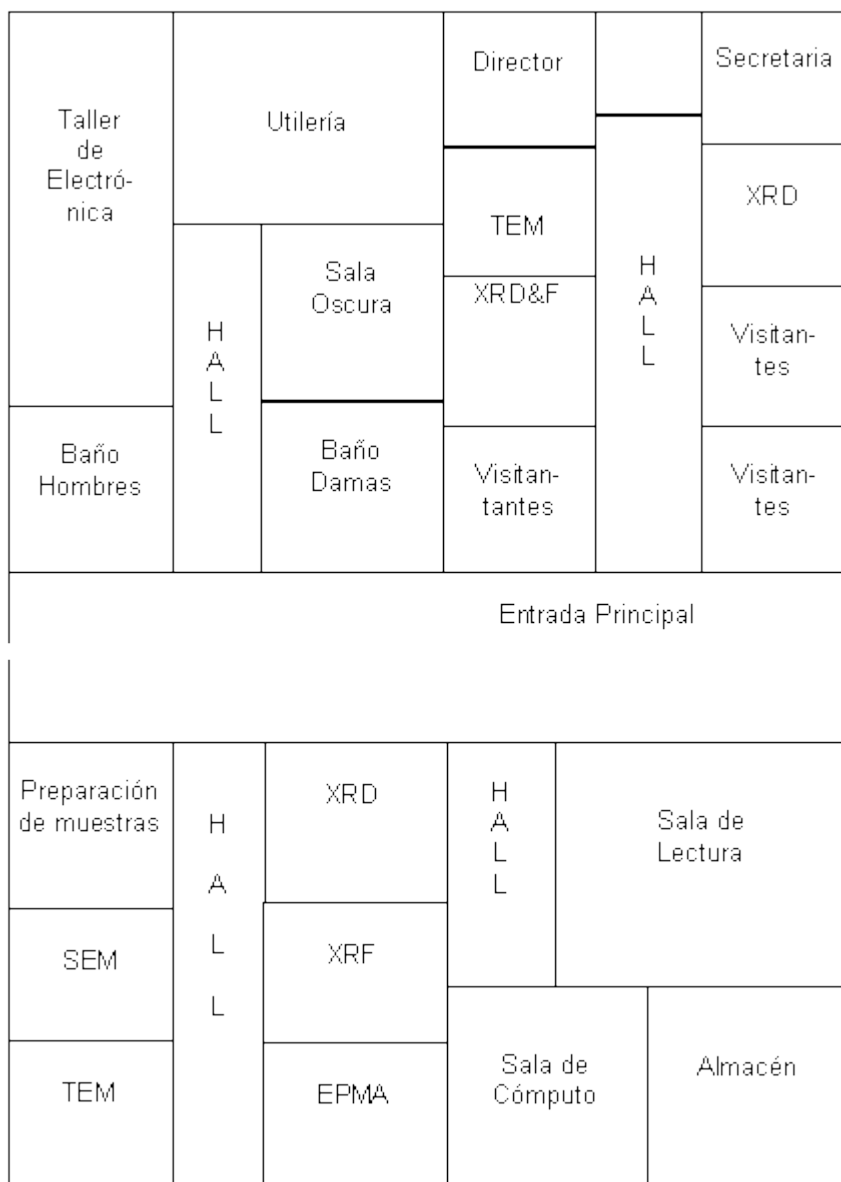
REQUERIMIENTO DE PERSONAL

QUEHACER	POSICION	#	CALIFICACION	AÑO DE INICIO
Investigación	Investigador (uno será elegido Director)	4	PhD o Dr. en Ciencia de los Materiales, Física ó Química	1er. año
	Investigador Asociado	4	Profesional y/o grado académico en una de las áreas de aplicación (arqueología, minería, metalurgia o geología)	2do. año
Apoyo técnico	Jefe de Mantenimiento	1	Ing. Electricista o Electrónico	2do. año
	Jefe de Cómputo	1	Título de técnico en electricidad ó electrónica	2do. año
	Técnico de Laboratorio	3	Ingeniero y/o grado académico en el área de computación y sistemas.	2do. año
Apoyo Administrativo	Secretaria	1	Secretaria Ejecutiva	1er. año
	Limpieza	1	Secundaria	2do. año
	Conserjería	1	Secundaria	2do. año

TOTAL 16 POSICIONES

ANEXO III

Plano de las Instalaciones



12 m

ANEXO IV

LISTADO DE EQUIPOS

EQUIPAMIENTO ANÁLITICO

Transmission Electron Microscope (TEM)

JEOL model JEM-2010 with basic attachments	US\$600,000
with EDS, add	US\$100,000

Scanning Electron Microscope (SEM)

JEOL model JSM-5800LV with basic attachments	US\$250,000
with EDS, add	US\$100,000

Electron Probe Micro-Analyzer (EPMA)

JEOL model JXA-8900 with basic attachments	US\$650,000
with EDS, add	US\$100,000

X-Ray Diffractometer (XRD)

Rigaku model D/max-2200H with basic attachments	US\$220,000
---	-------------

X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF)

Rigaku model RIX2000 with basic attachments	US\$320,000
---	-------------

Specimen Preparation Equipment

Gatan DuoMill 600 ion milling device,	US\$100,000
with Dimple Grinder 656, Ultrasonic Disc Cutter 601,	
Disc Punch 659, Disc Grinder 623, and	
Specimen Preparation Kit 601-0700	

Nikkon Optical Microscope	US\$ 50,000
---------------------------	-------------

JEOL model JEE-400/401 Evaporator/rot tilting stage	US\$ 25,000
---	-------------

JEOL model JFC-1500 Ion sputtering device	US\$ 20,000
---	-------------

TOTAL	US\$ 2,535,000
-------	-----------------------

TALLER DE ELECTRONICA

1. Dual Beam Oscilloscope (200 NHZ)	2 Set
-------------------------------------	-------

2.	Dual Beam Oscilloscope (100 NHZ)	2 Set
3.	Storage Oscilloscope	1 Set
4.	Curve Tracer	1 Set
5.	Electrostatic Voltmeters	3 Set
6.	Function Generator	2 Set
7.	Coil Winding Machine	1 Set
8.	Timer Counter	1 Set
9.	Precision V-I source	1 Set
10.	Power Supply	3 Set
11.	Digital Multimeter	2 Set
12.	LCR Bridge	1 Set
13.	Multimeter	5 Set
14.	Pulser	1 Set

Costo total Aproximado \$ 50 k

CENTRO DE CÓMPUTO

01.	SPARC STATION 20 (128 MB - RAM).....	30 K
02.	DISCO EXTERNO 10 GB.....	8 K
03.	TAPE DRIVE 8 MM.....	6 K
04.	DISCO COMPACTO.....	0.8 K
05.	IMPRESORA LASER.....	1.5 K
06.	PLOTTER HP 36" COLOR.....	14 K
07.	SUMINISTROS PLOTTER.....	3 K
08.	IMPRESORA HP DESKJET 600C (2).....	1.8 K

09.	PC CON INTERFACE DE ADQUISICION DE DATOS.....	10 K
10.	PC (5 TERMINALES).....	16 K
11.	RED Y CONECTORES.....	4 K
12.	ACCESORIOS DIVERSOS.....	5 K
	TOTAL	100 K

ANEXO V

DURACION Y PLANEAMIENTO DE OPERACIONES

PLAN	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
1. Construcción de local y obtención del equipamiento del local.	<---->				
2. Obtención del equipo analítico	<---->				
3. Apoyo técnico					
* Equipamiento del Taller de Electrónica		<---->			
* Equipo del Centro de Cómputo		<---->			
4. Equipamiento del local		<---->	-----	-----	----->
5. Materiales para los laboratorios		<---->	-----	-----	----->
6. Demanda de posiciones de trabajo	<---->	-----	-----	-----	----->
7. Equipo analítico principal		<---->	-----	-----	----->

ANEXO VI

CRONOGRAMA DE GASTOS

(1M = 1'000,000 de dólares USA)

ITEMS	Nac./Ext	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
1. LOCAL	Nac.	0,200 M	0,300 M	0,632 M	0,632 M	0,632 M
1.1 Terreno	Ext.	1,000 M	0,200 M	0,035 M	0,035 M	0,035 M
1.2 Construcción	Ext.	0,308 M	2,535 M	0,300 M	0,300 M	0,300 M
1.3 Equipamiento	Ext.	0,020 M	0,100 M	0,020 M	0,020 M	0,020 M
1.4 Equipo de oficina	Ext.	0,042 M	0,050 M	0,042 M	0,042 M	0,042 M
2. EQUIPAMIENTO DE LABS.	Ext.	0,050 M	0,100 M	0,070 M	0,070 M	0,070 M
(analítico, cómputo, taller	Ext.	0,050 M	0,050 M	0,050 M	0,050 M	0,050 M
de electrónica)	Ext.		0,632 M	0,050 M	0,050 M	0,050 M
2.1 Analítico	Ext.		0,035 M			
2.2 Cómputo	Nac.		0,020 M			
2.3 Taller de Electrónica	Nac.		0,042 M			
2.4 Gastos de Instalación	Nac.		0,070 M			
2.5 Accesorios	Nac.		0,050 M			
3. GASTOS DE OPERACION	Nac.		0,050 M			
3.1 Salarios	Nac.					
3.2 Insumos	Ext.					
3.3 Mantenimiento	Ext.					
3.4 Documentación e Información						
3.5 Viajes						
3.6 Visitas						
3.7 Asistencia Técnica						
3.8 Prog.de Entrenamiento						

TOTAL	NACIONAL	0,570 M	0,799 M	1,099 M	1,099 M	1,099 M
TOTAL	EXTERIOR	1,100 M	3,435 M	0,100 M	0,100 M	0,100 M
TOTAL GENERAL		1,670 M	4,234 M	1,199 M	1,199 M	1,199 M