



RESUMEN

Todas las empresas requieren planificar el uso de sus recursos para satisfacer la demanda de sus clientes en un período dado de tiempo, esto se realiza de muy diferentes maneras, utilizando estrategias diversas de acuerdo a la estructura de producción propia de cada una.

Las llamadas empresas de capacidad finita, que trabajan bajo encomienda, son aquellas que poseen recursos limitados de producción, que producen a partir de pedidos específicos, se caracterizan por tener un ambiente incierto: gran variedad de productos y/o servicios, baja repetitividad en la demanda de producción; por sus características para la planificación de los recursos se utiliza la simulación computarizada.

La mayoría simuladores disponibles en el mercado están dirigidos a empresas grandes que elaboran productos tangibles, no consideran las pequeñas empresas y menos las de servicios.

El CESEMIN es un centro perteneciente a la Universidad de Cuenca, cuyo objetivo es apoyar a la investigación y prestar servicios a la zona de influencia de la Universidad, en las diferentes actividades relacionadas con los minerales metálicos y no metálicos; y tiene las características de una empresa de recursos finitos que trabaja bajo encomienda.

Las condiciones actuales del mercado del CESEMIN requieren que mayor puntualidad y plazos más cortos en la entrega de los



servicios, siendo esto parte importante en lograr la satisfacción de los usuarios, por lo que se es muy necesario contar con una herramienta adecuada que permita conseguir esto. El no cumplimiento de estas exigencias del mercado puede conducir al estancamiento y desaparición futura del centro.

PALABRAS CLAVE:

Programación

Recursos

Programación de producción

Capacidad finita

Simulación computarizada

Programa de computación

Modelo

Diseño



INDICE

PLANIFICACIÓN DE ASIGNACIÓN DE RECURSOS PARA PROYECTOS DE ALTA INCERTIDUMBRE. PROPUESTA DE DISEÑO DE UN MODELO PARA EL CESEMIN DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA

RESUMEN.....	1
PALABRAS CLAVE.....	1
INTRODUCCION.....	7
CAPITULO I: DESCRIPCIÓN DEL CENTRO Y SU ORGANIZACIÓN.....	10
1.1 Descripción general del CESEMIN.....	10
1.2 Descripción de Procesos.....	12
1.3.1. Procesos Administrativos.....	13
1.3.2. Procesos Operacionales.....	16
1.3.3. Procesos de apoyo.....	19
1.3 Estructura Funcional	19
CAPITULO II: PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	22
2.1 Programación.....	22
2.2 Programación a corto plazo.....	26
2.3 Simulación	29
CAPITULO III: ANALISIS DE LOS RECURSOS Y DE LOS PROCESOS DE REALIZACION DE ANALISIS DEL CESEMIN.....	34
3.1 Recursos.....	34
3.1.1 Recursos humanos.....	34
3.1.2 Equipos.....	38



3.2 Procedimientos para la realización de los análisis químicos y los ensayos técnico-cerámicos.....	44
CAPITULO IV: DISEÑO DE UN MODELO DE ASIGNACIÓN DE RECURSOS PARA EL CESEMIN, DESARROLLO DEL PROGRAMA Y SU VERIFICACIÓN.....	
4.1 Formulación de las premisas y restricciones del modelo.....	57
4.2 Diseño del modelo.....	60
4.3 Salidas esperadas.....	64
4.4 Desarrollo y verificación del modelo.....	66
4.5 Propiedad intelectual del programa.....	84
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
BIBIOGRAFÍA.....	90
ANEXOS	
Anexo diagramas de flujo.....	91
Anexo hojas de ruta.....	117



UNIVERSIDAD DE CUENCA

UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA
III EDICIÓN

**Planificación de asignación de
recursos para proyectos de alta
incertidumbre. Propuesta de diseño
de un modelo para el CESEMIN
de la Universidad de Cuenca.**

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MASTER EN
GESTIÓN TECNOLÓGICA

Autora: Ing. Catalina Peñaherrera

Director: Mst. James Arias

Diciembre del 2010



AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento al Ing. James Arias, Director de Tesis, por su valiosa asesoría y apoyo en el desarrollo del presente trabajo.

A la Ing. Mónica Cabrera, quien desarrolló del programa de computación y al Sr. César Neira quien hizo el Estudio de Tiempos y Movimientos de los diferentes análisis del CESEMIN.



INTRODUCCION

Todas las empresas requieren planificar el uso de sus recursos para satisfacer la demanda de sus clientes en un período dado de tiempo, esto se realiza de muy diferentes maneras, utilizando estrategias diversas de acuerdo a la estructura de producción propia de cada una.

Existen diferentes tipos de estructuras de producción que van desde las empresas de producción continua, que fabrican pocos productos, con una demanda bastante previsible, en el un extremo; hasta empresas que trabajan a partir de pedidos específicos, para fabricar un solo producto, como es el caso de grandes proyectos, en el otro extremo. En la mitad están ubicados otros tipos de estructuras, entre las cuales se encuentran las empresas de capacidad finita, que trabajan bajo encomienda.

Estas son empresas que poseen recursos limitados de producción, y que producen a partir de pedidos específicos, se caracterizan por tener un ambiente incierto: gran variedad de productos y/o servicios, baja repetitividad en la demanda de producción, por lo tanto tienen poco conocimiento previo de lo que van a producir en el mediano y largo plazo. Por sus condiciones de incertidumbre, para la planificación de los recursos se utiliza la simulación computarizada.



La mayoría de herramientas de esta clase que están disponibles en el mercado están dirigidas a empresas grandes y que elaboran productos tangibles, no consideran las pequeñas empresas y menos aún de servicios.

El CESEMIN es un centro perteneciente a la Universidad de Cuenca, que tiene como objetivo apoyar a la investigación y prestar servicios a la zona de influencia de la Universidad, en las diferentes actividades relacionadas con los minerales metálicos y no metálicos; especialmente las vinculadas con el sector productivo cerámico, la pequeña y mediana minería, la metalurgia; así como en otras áreas que el desarrollo de la comunidad lo exija. Viene ofreciendo sus servicios desde mediados del año 2001.

El personal que trabaja en el centro tiene solamente algunas horas asignadas al mismo y es política de la Universidad no permitir las horas extras; además si bien el centro cuenta con el equipamiento necesario, se dispone, en la mayoría de los casos, sólo de un equipo para cada uso específico y debido al elevado precio de los mismos es muy difícil adquirir otros, es decir posee una capacidad limitada de recursos.

El centro ofrece un cierto número de análisis y servicios diferentes (alrededor de 40), entonces no se conoce con antelación que es lo



que se solicitará y cada semana se tiene diferentes requerimientos, por lo que no es posible efectuar una planificación de labores a un plazo mayor, con el agravante de que con frecuencia se presentan requerimientos de servicios urgentes; en estas circunstancias es necesario efectuar continuos cambios de planificación del trabajo. Entonces el CESEMIN tiene las características de una empresa de recursos finitos que trabaja bajo encomienda.

La demanda de los servicios del CESEMIN está incrementando, al mismo tiempo que su mercado está exigiendo mayor puntualidad en la entrega, plazos más cortos y trazabilidad en el equipamiento, en parte debido a la nueva Ley de Calidad que está en vigencia en el país y que instituye mecanismos que aseguren la calidad; así como se ha dado la aprobación de algunos reglamentos técnicos, dentro del grupo de las empresas que son clientes habituales del centro. El no cumplimiento de estas exigencias del mercado puede conducir al estancamiento y desaparición futura del centro.



CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL CENTRO Y DE SU ORGANIZACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CESEMIN

El CESEMIN, Centro de Servicios y Análisis de Minerales Metálicos y No Metálicos y de la Universidad de Cuenca, es un Laboratorio que se inició como proyecto P-BID-128 a través del Instituto de Investigaciones de Ciencias Técnicas (actual DIUC) y la Facultad de Ciencias Químicas, como resultado del programa BID FUNDACYT. Fue desarrollado con la finalidad de implementar el servicio de laboratorio especializado en análisis químicos en diferentes campos, teniendo como objetivo principal el apoyar a la investigación y prestar servicios al área de influencia de la Universidad de Cuenca en diferentes actividades relacionadas con la industria de los minerales metálicos y no metálicos, especialmente los vinculados a los sectores productivos cerámicos, minería, metalurgia y otras áreas industriales que las requieran.¹

Este laboratorio funciona mediante cogestión: la Universidad proporciona el local, el pago de los correspondientes servicios básicos, y el sueldo de la mayoría del personal, en tanto que lo que

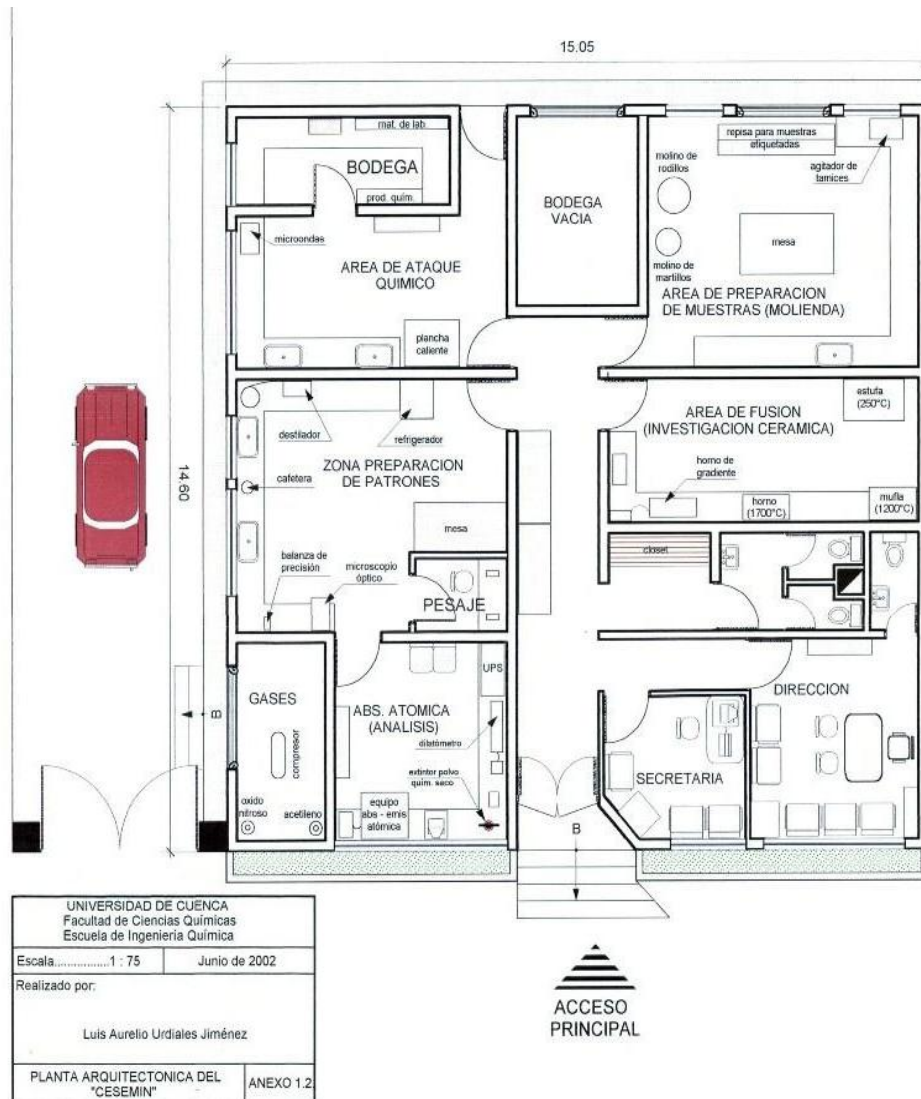
¹ Tomado del Tríptico del CESEMIN



se percibe por el pago de los servicios que se brinda a los usuarios se utiliza para compra de insumos y servicios de apoyo necesarios para el funcionamiento del centro, tales como reactivos, material de laboratorio, mantenimiento de equipos, equipos pequeños, capacitación del personal, etc.

Se cuenta con los equipos necesarios para poder brindar estos servicios, el personal que trabaja en el centro lo conforman seis técnicos Ingenieros Químicos y un trabajador-conserje, el listado de equipos y mayor información sobre el personal se presenta en el capítulo III.

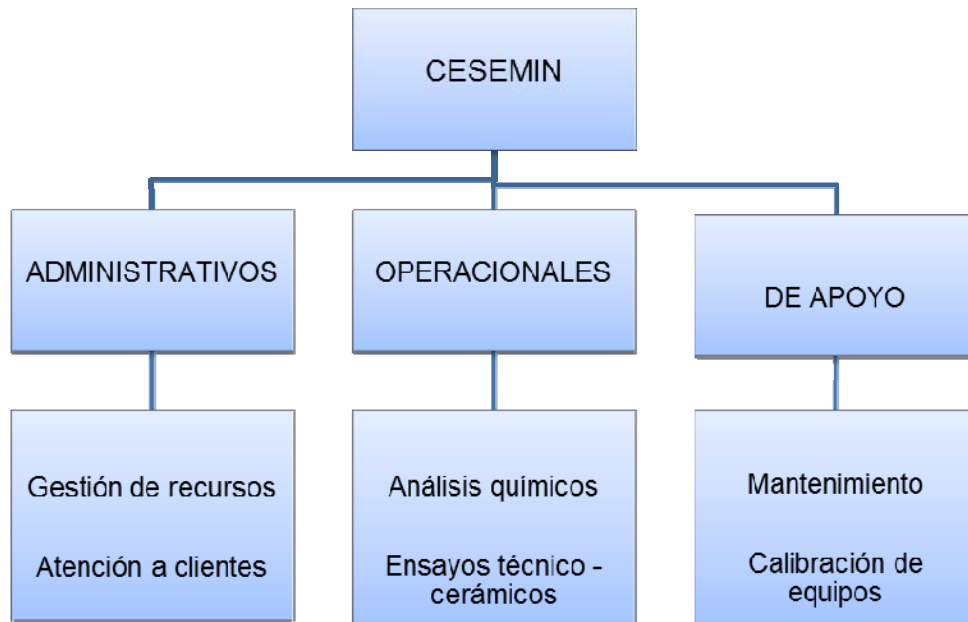
Ocupa un espacio físico de 220 m², distribuidos en las siguientes áreas: de preparación de muestras, bodega de reactivos, de ataque químico, de preparación de patrones, de absorción atómica, bodega de gases, de hornos, oficinas, bodega de residuos y respaldos de muestras, ésta última ubicada en el edificio adjunto donde funcionan laboratorios de la Facultad de Química. El plano a continuación muestra su distribución:



Fuente: Planos de la Unidad Ejecutora de Obras de la Universidad de Cuenca

1.2. DESCRIPCION DE PROCESOS

En el CESEMIN se dan procesos administrativos, operativos y de apoyo.



Fuente: realizado por la autora

1.2.1. Procesos Administrativos

Mediante los procesos administrativos se realizan acciones encaminadas a la atención de los clientes y la gestión económica y administrativa necesarios para el funcionamiento adecuado del centro, a fin de satisfacer los requerimientos nuestros clientes.

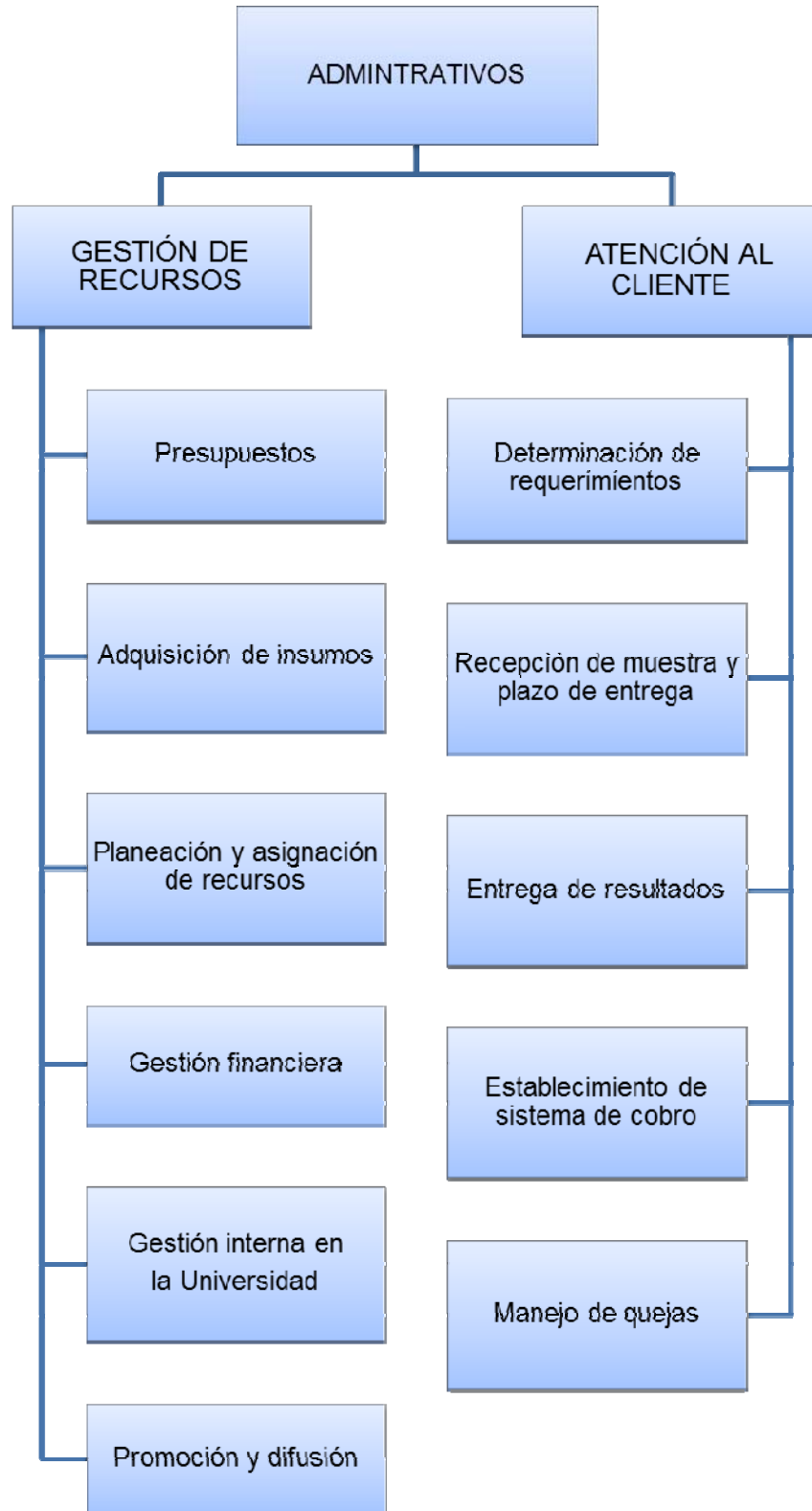
Gestión de Recursos: incluye la realización de presupuestos, la adquisición de los insumos necesarios, la asignación de recursos para la ejecución de los ensayos y análisis dentro del plazo



estipulado, gestiones de cobro de venta de servicios, gestiones internas dentro de la Universidad, gestiones para obtener fondos para nuevo equipamiento a través de proyectos y convenios y la promoción y difusión del centro para captar nuevos clientes.

Atención a los clientes: este proceso comprende determinar los requerimientos de los usuarios y la recepción de las muestras para los diferentes ensayos y análisis; estipular un plazo de entrega; entrega de los informes con los resultados; en algunos casos establecer un mecanismo de cobro que no interfiera con el sistema interno de la Universidad ni con el sistema de pago de las empresas y resolver las quejas de los usuarios.

Cabe indicar que los clientes del CESEMIN podrían catalogarse como de dos clases: aquellos que saben exactamente que análisis requieren y como interpretar los resultados, y otros que requieren que se les ayude a determinar qué análisis específico necesitan y posteriormente asesoría en la interpretación de resultados.



Fuente: realizado por la autora



1.2.2. Procesos Operacionales

Los procesos operativos se refieren a todas las actividades realizadas para efectuar los diferentes análisis y ensayos químicos y técnico-cerámicos, con que el centro brinda servicio a sus usuarios.

Estos análisis y ensayos se clasifican de la siguiente manera:

Análisis Químicos:

No metálicos:

- Determinación de óxidos en minerales: arcillas, feldespatos, sílice, zeolitas, talcos, carbonatos, etc. (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , pérdidas por calcinación).
- Determinación de óxidos en cementos, cerámica, esmaltes cerámicos: (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , B_2O_3 , PbO , pérdidas por calcinación).
- Determinación de cloruros en minerales.
- Riqueza se sulfatos y carbonatos.

Metálicos:

- Determinación de oro en minerales.
- Determinación de otros metales en minerales: plata, cobre, zinc, níquel, aluminio, etc.
- Determinación de oro en aleaciones.
- Determinación de plata, cobre y otros metales en aleaciones.
- Determinación de metales en aleaciones de zinc.



- Determinación de metales pesados en minerales y suelos.

Aguas:

- Determinación de cationes en aguas.
- Determinación de metales pesados en aguas: plomo, cadmio, mercurio y arsénico.

Varios:

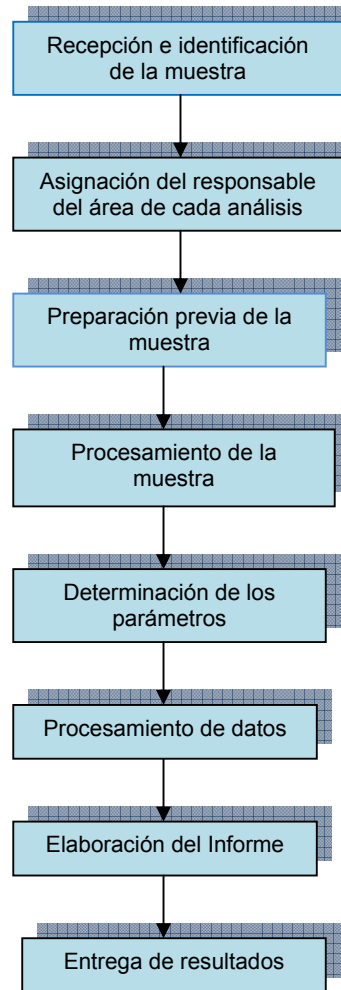
- Determinación de plomo y cadmio en vajillas cerámicas.
- Determinación de cationes en vegetales.
- Determinación de cationes en filtros de aire.

Ensayos técnico-cerámicos:

- Dilatometría de materiales crudos.
- Coeficientes de dilatación térmica.
- Determinación de resistencia al choque térmico en autoclave de baldosas y vajillas esmaltadas.
- Pruebas de horno de gradiente.
- Granulometría por el método de tamices.
- Determinación del pH de materiales y pastas.
- Índice de plasticidad de materiales y pastas.
- Contracción al secado, a la quema y total de materiales y pastas.
- Absorción de agua y espacio poroso de materiales y pastas.
- Pruebas de cocción hasta 1650°C.



Para la ejecución de estos análisis y ensayos se sigue un procedimiento general que se indica en el siguiente diagrama de flujo:



Fuente: Realizado por la autora

Cada método o procedimiento analítico está debidamente identificado mediante un código y contiene: el objetivo, alcance, reactivos, materiales y equipos usados; descripción del



procedimiento, cálculos si amerita y referencias bibliográficas o de las fuentes del método

1.2.3. Procesos de apoyo

Los Procesos de Apoyo se encaminan a la ejecución de las actividades de mantenimiento preventivo y en algunos casos de calibración de maquinaria y equipos con los cuenta el CESEMIN.

1.3. ESTRUCTURA FUNCIONAL

Si bien el CESEMIN está ligado a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, su personal es parte de ésta, sin embargo, se estableció como requisito por parte del FUNDACYT, actual SENACYT, para la financiación del proyecto de formación del centro, que se mantenga independencia en el manejo económico del mismo, a fin de permitir que los ingresos que se generen por la venta de servicios se inviertan en el mismo centro y para proporcionarle mayor agilidad en el manejo financiero y adquisición de insumos.

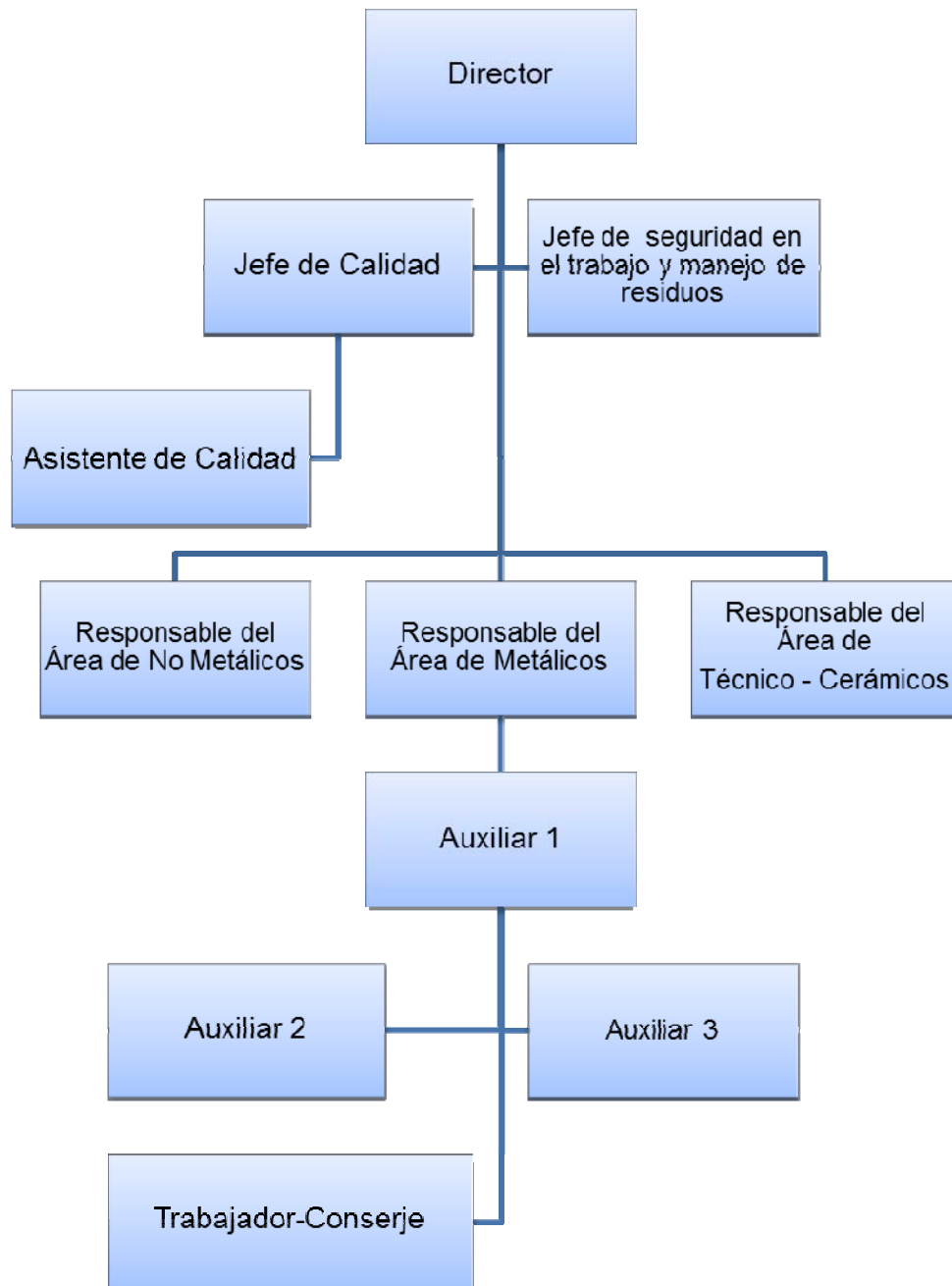
El CESEMIN tiene una cuenta independiente para manejar sus ingresos, no obstante, la adquisición de equipos e insumos, gestión de personal, contrato de proveedores se realizan dentro del sistema



establecido de la Universidad, por parte de los departamentos correspondientes.

La autogestión de cobro por los análisis realizados permite adquirir reactivos, materiales e insumos, equipos pequeños, realizar mantenimiento de equipos e instalaciones y capacitar a su personal profesional.

La estructura funcional del personal que trabaja en el centro y que es realizado por siete personas: seis Ingenieros Químicos y un conserje, es la siguiente:



Fuente: Realizado por la autora



CAPÍTULO II

PROGRAMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

2.1. PROGRAMACIÓN

La obtención de la competitividad dentro de una empresa es fruto del desempeño no de sectores aislados, sino del esfuerzo conjunto e integrados de todas sus funciones. Sin embargo dentro de la empresa, en la función de producción, ya sea de bienes o servicios, se hallan algunos de los elementos decisivos para la competitividad, por lo que es necesario gestionarlos, en este contexto la programación de la producción es una herramienta importante en la búsqueda de optimizar la asignación de recursos.

Dentro de las empresas se dan dos niveles de programación, el programa maestro de la producción y el programa de producción.

Programa Maestro de la Producción: establece el plan deseado para que la producción contenga la demanda esperada. Un programa maestro especifica lo que se debe producir y cuando se debe hacerlo, debe estar de acuerdo con un plan de producción.



Programa de Producción: Busca la optimización de la utilización de los recursos para cumplir los objetivos globales de producción. Su propósito es determinar cuándo se realizarán los pedidos específicos de producción. Debe controlarse con la retroalimentación de la información del día a día y acciones apropiadas.

La producción de servicios difiere de la de bienes en algunos aspectos, en las características intrínsecas de cada uno, en sus procesos de obtención, en los ambientes de producción, etc; el siguiente cuadro muestra sus diferencias:



Bienes	Servicios
1. Producto (físico) tangible y duradero	1. Producto menos o no tangible y perecedero
2. Valor almacenado en el producto	2. Valor conferido al uso
3. Frecuentemente estandarizados	3. Frecuentemente individualizado
4. Calidad inherente al producto (fácil medición)	4. Calidad inherente al proceso (difícil medición)
5. Se puede inventariar el producto final	5. No se puede inventariar el producto final
6. Bajo contacto con el cliente	6. Alto contacto con el cliente
7. Tiempo de respuesta largo	7. Tiempo de respuesta corto
8. Mercados regionales, nacionales e internacionales	8. Mercados locales
9. Instalaciones de gran tamaño	9. Instalaciones más pequeñas
10. Capital intensivo	10. Mano de obra intensiva

Fuentes: Monks Joseph; Teoría y Problemas de Administración de Operaciones;

McGraw-Hill, 1987, p 99.

Zandin Kjell; Maynard Manual del Ingeniero Industrial; McGraw-Hill;

2001; p. 9.99.



Las empresas de servicios también requieren de un programa de producción, a diferencia de las empresas industriales que pueden tener inventarios reguladores de su producción, los servicios son productos altamente perecederos, por lo cual es extremadamente importante gestionar el tiempo. Las empresas de servicios programan horas de trabajo, y por tanto su problema principal es de capacidad y la asignación de los recursos humanos a las diferentes actividades. Deberán administrar su tiempo eficazmente, realizando previsiones para analizar si va a ser capaz de satisfacer todas las demandas de servicio para no congestionarse o por el contrario para no infrautilizar su tiempo.

Las empresas de servicios son, generalmente empresas de capacidad finita. Donde si no se posee una herramienta adecuada, es difícil de visualizar el grado de utilización de los recursos, tanto físicos como humanos.

Empresas de capacidad finita que trabajan bajo encomienda.-

Es una empresa que posee recursos limitados de producción, y que produce a partir de pedidos específicos. Estas empresas se caracterizan por tener un ambiente incierto: gran variedad de productos y/o servicios, baja repetitividad en la demanda de producción, y baja incertidumbre por existir un cierto grado de repetición en las tareas. Por lo tanto tienen poco conocimiento previo



de lo que van a producir en el mediano y largo plazo. Se les clasifica o denomina también como taller.

Normalmente poseen más puestos físicos que personas, por lo que el problema se centra en la asignación de los mismos.

2.2. PROGRAMACIÓN A CORTO PLAZO

²Los objetivos de la programación a corto plazo son:

- 1.- Minimizar el tiempo de espera del cliente;
- 2.- Disminuir el tiempo del proceso;
- 3.- Mantener bajos los niveles de inventario;
- 4.- Utilizar en forma efectiva el equipo y el personal.

Una programación bien enfocada debe ser fácil de entender y de ejecutar, por lo tanto debe ser simple, clara, flexible y realista. De acuerdo a las diferentes empresas la programación a corto plazo puede implicar semanas, días u horas.

Carga

La Carga de un Sistema se la define como la relación entre los minutos que faltan por procesar y los minutos disponibles del sistema. Se calcula para cada recurso físico en función de los ítems

² Render Barry, Jay Heizer; Principios de Administración de Operaciones; Prentice Hall; 1997; p 510



(mix) a producir y la disponibilidad y eficiencia de los recursos a ser utilizados.

De manera que la carga de un sistema se puede considerar como la relación entre la Carga Planificada (“El número total de horas requeridas de un recurso para completar todo el trabajo que ha sido formalmente liberado al sistema”) y la Carga Disponible (Tiempo real disponible para producción, descontando todos los tiempos muertos generados en el sistema o bajas de rendimiento del mismo).

Secuenciación

Especifica el orden en que se deben realizar los trabajos en cada centro. Existen varias reglas heurísticas para determinar la prioridad, las cuales ofrecen lineamientos para la secuencia en la que se debe efectuar el trabajo:

Regla	Prioridad para...	Seleccione la operación con menor...
PEPS FIFO	Primero en entrar First in	Instante de llegada en la cola (o en el sistema)
MTP SOT	Menor tiempo de procesamiento Shortest operation time	Tiempo de procesamiento de la operación
MNOR FOR	Menor número de operaciones restantes Operations remaining	Número de operaciones restantes



MTR LWR	Menor trabajo restante Least work remaining	Suma de los tiempos de procesamiento restantes
MDE EDD	Menor fecha de entrega prometida Earliest due date	Fecha de entrega prometida al cliente
MH ST	Menor holgura Minimum Slack time	(Fecha de entrega-Fecha de hoy)-(Suma de procesamientos restantes)
MH/Op ST/Op	Menor holgura de operación restante	((Fecha de entrega-Fecha de hoy)-(Suma de procesamientos restantes)/Número de operaciones restantes)
RC CR	Razón crítica Critical Ratio	(Fecha de entrega-Fecha de hoy)/Tiempo total restante
MTPr LSU	Menor tiempo de preparación Least set-up time	Tiempo de preparación
R	Aleatorio	Número randómico sorteado
MP	Menor precio	Precio de pedido en cuestión
MM	Menor multa	Multa del pedido en cuestión

Fuente: Sarmento Costa Ricardo, Moura Jardim Eduardo; Texto: El uso de la simulación computacional para la gestión de corto plazo; Maestría en Gestión Tecnológica: Módulo Ingeniería de la Producción II; Brasil 2008, p 16.

Las más utilizadas son PEPS, MTP, MDE y RC, el uso de éstas o de cualquiera de la demás depende de factores como: el patrón de



llegada de los trabajos, la configuración del taller de tareas, las restricciones y los objetivos de la optimización.

La programación a corto plazo busca optimizar el uso de los recursos e involucra asignación de fechas de entrega para cada trabajo, en este contexto muchos trabajos pueden competir por los recursos de forma simultánea, entonces los problemas de programación de un taller son muy complejos, siendo muchas veces las situaciones reales demasiado complicadas para modelarlos matemáticamente, en estos casos la simulación resulta una herramienta valiosa.

2.3. SIMULACION

“La simulación es el intento de duplicar los aspectos, la apariencia, y las características de un sistema real”³

“Una simulación mediante computadora es un programa de computación que refleja con exactitud el mundo real”. “Los

³ Render Barry, Jay Heizer; Principios de Administración de Operaciones; Prentice Hall; 1197; p 460.



simuladores son especialmente valiosos para la modelación de la incertidumbre”⁴

Los sistemas de programación de plantas utilizan uno de cuatro métodos básicos:

Programación del **trabajo**: maximiza la oportunidad de que los pedidos más importantes se completen a tiempo. Se programan los trabajos en orden de prioridad y prevén la capacidad para cumplir con esto.

Programación de **recursos**: basado en la teoría de las restricciones, entonces los recursos cuello de botella deben trabajar a su capacidad máxima.

Programación de **acontecimientos**: programa de forma individual la cola en cada centro, usando una simulación basada en un reloj.

Programación de **optimización**: trata de optimizar el valor percibido por el usuario.

⁴ Nahmias Steven; Análisis de la producción y de las operaciones; McGraw-Hill, 2007; p 446



Todos requieren del modelado de la planta, programan capacidad finita y usan una o más reglas heurísticas para establecer prioridades cuando se compite por uno o varios recursos.⁵

En producción se usan dos tipos de simulación:

Simuladores de diseño y análisis de procesos, usados para examinar actividades de proceso, disposición de la planta, flujo de materiales y costos.

Sistemas para controlar la producción: se usan para planificar la capacidad y programar la producción cotidiana.

Para simular se emplea un modelo de la planta, el más realista que se pueda hacer, se agregan los recursos de producción, planes de trabajo futuro para los recursos y la productividad que se espera de ellos.

Para simular la realidad deben estar presentes dos cosas importantes:

- La capacidad del recurso, que debe ser finita.

⁵ Zandin Kjell; Maynard Manual del Ingeniero Industrial; McGraw-Hill; 2001; p. 9.161



- Un método para dar prioridad al acceso de capacidad cuando la demanda exceda la capacidad finita de algún recurso.

Estas condiciones determinarán si un pedido será atendido en seguida o deberá esperar hasta que se procesen los que tienen mayor prioridad.⁶

Metodología de simulación ⁷

Para el diseño y desarrollo de un modelo deben seguirse algunos pasos o fases:

1. Definición del problema: ¿Qué se estudiará y por qué motivo?
2. Diseño del estudio: ¿Qué modelo aportará cuáles respuestas y para quién?
3. Diseño del modelo conceptual: ¿Qué estrategia de creación del modelo utilizará y con qué detalle?

⁶ Zandin Kjell; Maynard Manual del Ingeniero Industrial; McGraw-Hill; 2001; p. 9.162.

^{7 7} Zandin Kjell; Maynard Manual del Ingeniero Industrial; McGraw-Hill; 2001; p. 11.111 y 11.112.



4. Formulación de entradas, suposiciones y definición del proceso: ¿En qué suposiciones se basa el modelo y qué entradas y definición del proceso dirigirán el modelo?

5. Desarrollo, verificación y validación del modelo: ¿El modelo se desarrolló correctamente (verificación). ¿El modelo desarrollado es correcto? (validación).

Posteriormente a esta fase se puede continuar con otras como la experimentación con el modelo para conseguir mayor información, documentar esta experiencia para trabajos posteriores y analizar y determinar la vida útil del modelo.



CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LOS RECURSOS Y DE LOS PROCESOS DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS DEL CESEMIN

El CESEMIN tiene las características de una empresa de recursos finitos que trabaja bajo encomienda, como una de las estrategias de mejorar los servicios que se prestan y satisfacer los requerimientos de los usuarios del centro es reducir los plazos de entrega, se vuelve necesario una mejor gestión de los recursos, entonces contar con un sistema para programar la producción será una herramienta útil que contribuirá a obtener este fin.

Como vimos en el capítulo anterior para efectuar la programación de la producción es necesario conocer bien los recursos, su capacidad y los procesos productivos de los diferentes productos.

3.1. RECURSOS

El producto que ofrece el CESEMIN es el servicio de análisis y ensayos y los recursos con los que cuenta para realizarlos son recursos humanos y equipos, los mismos que existen en número limitado.



3.1.1. RECURSOS HUMANOS

El personal que labora en el CESEMIN está formado por seis ingenieros químicos y un trabajador-conserje. Cumplen las siguientes funciones:

Personal	Función
Ingeniero 1	Dirección del centro, responsable de área de ensayos técnico-cerámicos, analista para ensayos técnico cerámicos.
Ingeniero 2	Jefe de calidad, responsable del área de análisis no metálicos, analista para análisis no-metálicos.
Ingeniero 3	Jefe de seguridad en el trabajo y manejo de desechos, responsable del área de análisis metálicos, analista para análisis metálicos y aguas.
Ingeniero 4	Auxiliar 1, asistente de calidad, supervisor de los auxiliares 2 y 3, analista para análisis de las tres áreas.
Ingeniero 5	Auxiliar 2, analista para análisis de las tres áreas.



Ingeniero 6	Auxiliar 3, analista para los análisis de las tres áreas.
Trabajador- Conserje	Colabora en la molienda y tamizado de las muestras y preparación de algunos materiales, se encarga de la limpieza del centro y algunos laboratorios del local adjunto de la Facultad de Química, realiza la función de conserje.

Para la ejecución de los análisis y ensayos en sí, algunos de estos recursos son polifuncionales, es decir, son capaces de realizar las diferentes clases de análisis.

La tabla a continuación indica la capacidad de cada recurso, tiempo y horarios asignados para la realización de análisis y su funcionalidad; cabe indicar que el horario y el número de horas de los ingenieros 1, 2 y 3 puede variar con cada ciclo lectivo de la Universidad de Cuenca, debido a que también son profesores de la Facultad de Química.



TIEMPO Y HORARIO DISPONIBLES PARA ANALISIS DEL PERSONAL DEL CESEMIN								
PERSONAL	DENOMINACIÓN	HORAS/SEM.	LUNES	MARTES	MIERC.	JUEVES	VIERNES	FUNCIONALIDAD
Ingeniero 1	TC	10	8:00-9:00	8:00-9:00 15:00-17:00	15:00-17:00	8:00-10:00	11:00-13:00	No
Ingeniero 2	NM	5		9:30-10:30	8:00-9:00	8:00-9:00	9:30-11:30	No
Ingeniero 3	M	8	9:00-11:00	8:00-10:00	9:00-11:00	10:00-12:00		No
Ingeniero 4	A1	20	8:00-13:00	8:00-10:00	11:00-14:00	8:00-13:00	8:00-13:00	Polifuncional
Ingeniero 5	A2	30	8:00-14:00	8:00-14:00	8:00-14:00	8:00-14:00	8:00-14:00	Polifuncional
Ingeniero 6	A3	30	10:00-16:00	10:00-16:00	10:00-16:00	10:00-16:00	10:00-16:00	Polifuncional
Trabajador *	T	10	Desde 9:00		Desde 9:00		Desde 9:00	

- El trabajador labora en el horario de 08:00-12:00 y de 14:00-18:00 de lunes a jueves, los viernes de 08:00-12 y de 14:00-17:00, sus labores pueden planearse de acuerdo a este horario, considerando que los días indicados puede arrancar a las 9:00 horas.



Es importante indicar que los recursos A2 y A3 cada dos semanas rotan su horario de trabajo, es decir, los primeros 15 días A2 trabaja con un horario de 8:00 a 14:00 horas y A3 de 10:00 a 16:00 horas, las siguientes dos semanas intercambian, A2 de 10:00 a 16:00 y A3 de 8:00 a 14:00 horas.

3.1.2 EQUIPOS

A continuación se enlistan los equipos con los que cuenta el CESEMIN para realizar los análisis y ensayos y el horario en el que se los puede utilizar:

MAQUINARIA Y EQUIPO	CANT.	HORARIO DE FUNCIONAMIENTO
Analizador de humedad	1	8:00 -16:00
Autoclave	1	8:00 -16:00
Balanza 20 kg	1	8:00 -16:00
Balanza 2010 g	1	8:00 -16:00
Balanza analítica 220g x 0.1mg (p)	1	8:00 – 19:00
Campana 1 de extracción de gases y humos	1	8:00 -18:00
Campana 2 de extracción de gases y humos con sistema de calefacción	1	8:00 -18:00
Cuarateadores de jones	3	8:00 -16:00



Dilatómetro 402 EP	1	8:00 -16:00
D.T.A.	1	8:00 -16:00
Destilador de agua incluye botella de 45 lt	1	8:00 -16:00
Espectrofotómetro de absorción atómica, modelo A Analyst 100, sistema generador de hidruros	1	8:00 -16:00
Espectrómetro de absorción atómica con sistema de horno de grafito y cabeza de mechero para óxido nitroso modelo AA 400	1	8:00 -16:00
Estufa (p)	1	24 horas si no requiere control
Horno de alta temperatura.	1	8:00 -14:00
Horno de microondas	1	8:00 -16:00
Juego de tamices	1	8:00 -16:00
Microscopio Axioplan 2	1	8:00 -16:00
Molino de bolas de laboratorio	1	8:00 -18:00
Molino de martillos	1	8:00 -18:00
Molino mezclador pulverizador	1	8:00 -16:00
Morteros de ágata y porcelana	1	8:00 -16:00
Mufla (p)	1	24 horas si no requiere control
Molino pulverizador de discos	1	8:00 -16:00
Set de casa grande : cuchara de plasticidad	1	8:00 -16:00



Tamizador	1	8:00 -16:00
Plato calentador 1 (grande)	1	8:00 -18:00
Plato calentador 2 (pequeño)	1	8:00 -18:00
pH metro para laboratorio	1	8:00 -16:00
Horno de gradiente	1	8:00 -16:00
Refrigeradora	2	24 horas
Molino de mandíbulas	1	8:00 – 18:00
Esmeril	1	8:00 – 18:00
Desecador	1	8:00 -16:00
Mechero bunsen	1	8:00 -16:00

(p) La estufa tiene un sistema de programación que permite programarla para que se encienda a determinada hora y se apague a otra, es posible programarla hasta 16 horas antes. La mufla también tiene un sistema para programar el día, hora y temperatura para que arranque por sí sola, pero no permite que se apague, hay que hacerlo manualmente. La balanza analítica tiene un sistema similar que la enciende todos los días laborables a las 06:00 horas, necesita 2 horas para estabilizarse, y se apaga automáticamente a las 19:00 horas.

El resto de equipos requieren que se los encienda manualmente para su funcionamiento, no se puede programar su encendido y



apagado, en los que consta un horario de 8:00 a 16:00 implica que es necesaria la presencia de un analista para que los controlen mientras funcionan. Los equipos que tienen un horario de funcionamiento de 8:00 – 18:00 pueden trabajar las dos horas más (16:00-18:00) siempre que no sea necesaria la presencia de un analista, es decir, cuando se trate de “tiempo muerto” especificado en las hojas de ruta, entonces los puede apagar el conserje antes de salir.

La ubicación de los equipos en el centro se muestra en el siguiente plano:





N°	EQUIPO	AREA
1	Balanza 20 kg	Preparación de Muestras
2	Balanza 2010 g	
3	Analizador de humedad	
4	Molino pulverizador	
5	Tamizador	
6	Autoclave	
7	Molino de discos	
8	Molino de martillos	
9	Campana 2	Ataque Químico de Muestras
10	Plato calentador 2	
11	Campana 1	
12	Plato calentador 1	
13	Horno de microondas	
14	Horno de gradiente	Area de Hornos
15	Horno de alta temperatura 1650°C	
16	Mufla	
17	Estufa	
18	Refrigeradora 1	Preparación de Patrones
19	Destilador de agua	
20	Microscopio	
21	D.T.A.	
22	Dilatómetro	
23	Balanza analítica	
24	Equipo absorción atómica AA 100	Absorción Atómica
25	Equipo absorción atómica AA 400	
26	Refrigeradora 2	



Los equipos que no constan en este plano, esmeril y molino de mandíbulas, están ubicados en el local del Laboratorio de Cerámica, en el edificio adjunto al del CESEMIN.

3.2 PROCEDIMIENTOS PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ANÁLISIS QUÍMICOS Y ENSAYOS TÉCNICO – CERÁMICOS.

En el CESEMIN se pueden realizar 42 análisis o ensayos diferentes, pero unos cuantos de ellos se realizan muy eventualmente, algunos incluso sólo en una o dos ocasiones, por lo que se decidió no incluir todos los procedimientos de ensayo, por ahora, entre los que se va a cargar en el programa.

Para determinar qué procedimiento se incluía y cuál no se partió de un histórico de análisis realizados en el centro, se consideraron los datos de los cuatro últimos años completos.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

HISTÓRICO DE ANÁLISIS REALZADOS PERÍODO 2006-2009							
	AREA	ANALISIS	AÑO				PROMEDIO
			2006	2007	2008	2009	
1	A G U A S	As en agua por GH	4	3	24	1	8
2		Hg en aguas por GH	4	16	36	14	18
3		Metales o cationes en aguas	11	72	19	11	13
4		Sulfatos en aguas		50		1	
5		Dureza				1	1
6		Otros aguas					
7	M E T Á L I C O S	Oro en minerales extracción con DIBK	3	17	16	7	11
8		Oro en minerales PE			2		0,50
9		Metales base en minerales PE	3		8	2	3
10		Metales base en minerales disgregación ácida					
11		Plata, cobre y/o otros metales en aleaciones		3	7	7	4
12		Oro en aleaciones por AA				2	2
13		Coopelación	32	64	7		11
14		ZnO	2	6		5	4
15		Pb y Cd en ZnO					
16		As en minerales	2		4	7	3
17		Hg en minerales			4	7	6
18		Determinación de metales en aleaciones de Zn	3	3	16	4	7
19		Otros metálicos	82	2	2	5	23
20			Cloruros (en minerales, aguas, etc)	5	56	14	10



UNIVERSIDAD DE CUENCA

21	N O M E T A L I C O S	Sulfatos gravimétrico	8	1	7	2	5
22		Sodio y potasio	73	37	54	126	73
23		Fusión con hidróxidos	65	36	53	125	70
24		Fusión con carbonatos	8	2	1	1	3
25		Riqueza de carbonatos	6	2	1	2	3
26		Ataque ácido y lectura AA			1		0,25
27		Otros no metálicos	3	3	14	0	5
28	T É C N I C O C E R Á M I C O S	Granulometría método seco			2	2	1
29		Granulometría método húmedo					
30		Contracción al secado, a la quema y total					
31		Absorción de agua y espacio poroso			3		1
32		Índice de plasticidad	22			3	6
33		Dilatación de muestra cruda	4			5	2
34		Coef. De dilatación probeta cruda	4			13	4
35		Coef. De dilatación probeta quemada	139	133	336	197	201
36		Horno de gradiente					
37		pH				2	0,5
38	Autoclave	14	17	17		12	
39	Choque térmico						
40	V A R I O S	Plomo y cadmio en vajillas			29	15	11
41		Plomo y otros cationes en vegetales	102	8	1	2	28
42		Hinchamiento de bentonitas	1				

Fuente: realizado por la autora en base a los archivos del CESEMIN



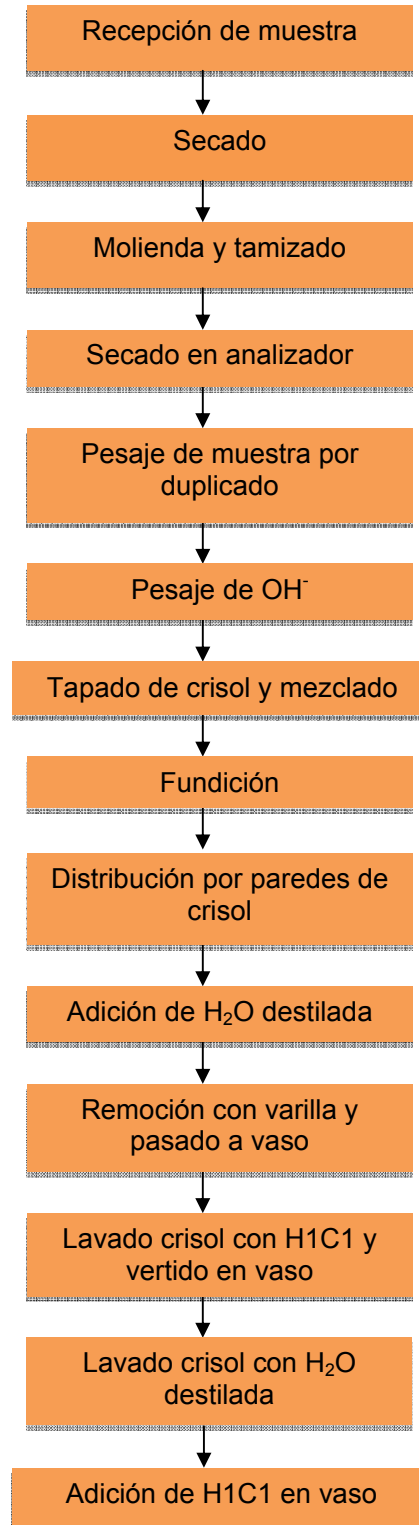
Se consideraron los siguientes criterios y motivos:

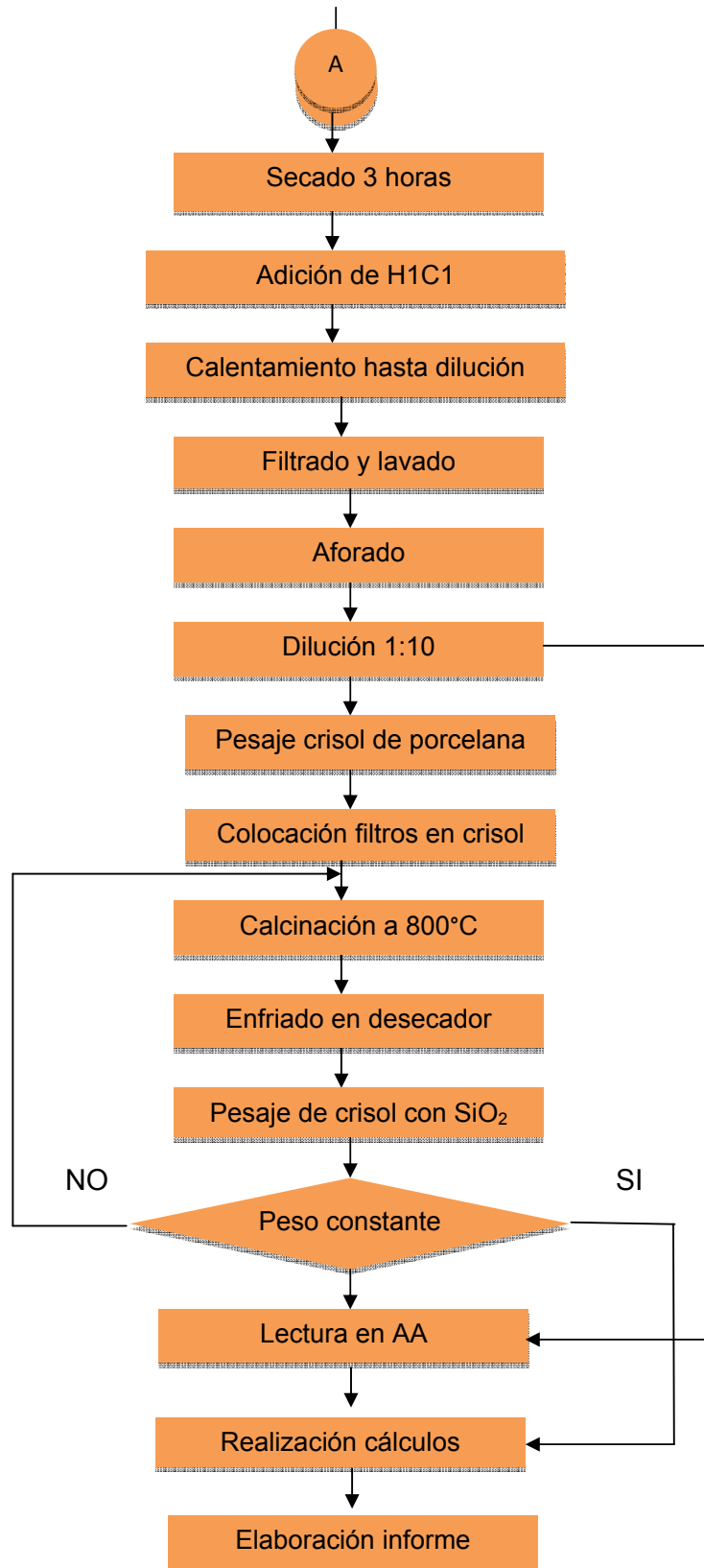
- Los análisis y ensayos que tienen un promedio igual o mayor a 5.
- No se consideraron lo que se ha clasificado como varios de cada grupo, porque dentro de éste total están ensayos de los que se han realizado lotes grandes para algún proyecto específico de la Universidad.
- Sí se consideraron otros que tienen un promedio menor a 5, pero que generalmente los solicitan algunos clientes junto con otros que se piden en mayor cantidad, tal es el caso de la riqueza de carbonatos que la solicitan junto con los de fusión con hidróxidos.
- Finalmente el análisis de coapelación, ya no se está realizando porque implica contaminación con plomo, por lo que se decidió dejar de efectuarlo.

Con estas consideraciones se seleccionaron 21 procedimientos de análisis, de éstos se realizaron los diagramas de flujo correspondientes, y en base a ellos un estudio de tiempos y movimientos. Se muestra uno como ejemplo, el caso de fusión con hidróxidos tanto para el diagrama de flujo como para la hoja de ruta, los demás constan en el anexo N°1.



FUSION CON HIDRÓXIDOS







Con los diagramas de flujo se de los tiempos empleados para cada ensayo o análisis y la información proporcionada por el estudio de tiempos se procedió a realizar la hoja de ruta respectiva, en cuyas columnas constan: la actividad; el tiempo total estándar requerido para ella RE; el tiempo requerido por cada recurso para la actividad: RH para recursos humano y RF para los recursos físicos o quipos; las observaciones; los equipos necesarios para cada actividad; y finalmente se indica luego de que actividad es posible detener el proceso.

A continuación se muestra la hoja de ruta del mismo análisis expuesto en el diagrama de flujo. Se escogió este análisis porque al ser uno de los más complejos muestra todas las condiciones a considerar.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FUSIÓN CON HIDRÓXIDOS						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción de la muestra	0:04:13	0:04:13			
2	Secado	3:00:00	0:10:00	3:00:00	Estufa	
3	Molienda y tamizado *	1:18:40	1:18:40	1:18:40	Molino de mandíbulas, molino de martillos, mortero, tamiz	Sí, luego de este paso hasta siguiente día
4	Secado en analizador	0:32:00	0:05:00	0:32:00	Analizador de humedad	
5	Pesaje de la muestra por duplicado y pesaje-agregado de OH ⁻ , tapar crisol y mezclar	0:08:00	0:08:00	0:04:00	Balanza analítica	
6	Fundición	0:13:38	0:13:38	0:13:38	Mechero Bunsen	
7	Espera	0:01:00	0:01:00			
8	Distribución por paredes de crisol	0:02:14	0:02:14			
9	Enfriado	0:10:00				
10	Adición de H ₂ O destilada	0:16:22	0:16:22	0:16:22	Campana de extracción	
11	Remoción con varilla y pasado a vaso	0:06:27	0:06:27	0:06:27	Campana de extracción	
12	Lavado crisol con H ₁ C ₁	0:20:38	0:20:38	0:20:38	Campana de extracción	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	y vertido en vaso					
13	Lavado crisol con agua destilada	5:00:00	0:10:00	0:10:00	Campana de extracción	
14	Adición de H1C1 en vaso		0:05:00	0:05:00	Campana de extracción	
15	Evaporación a sequedad		4:45:00	4:45:00	Campana de extracción, plato calentador	Sí, en cualquier momento en medio de este paso
16	Secado	3:00:00	0:15:00	3:00:00	Campana de extracción, plato calentador	Sí, en cualquier momento en medio de este paso
17	Enfriado	0:10:00		0:10:00	Campana de extracción	
18	Adición de 80ml de H1C1	0:01:44	0:01:44	0:01:44	Campana de extracción	
19	Calentamiento hasta dilución	0:27:24	0:27:24	0:27:24	Campana de extracción, plato calentador	
20	Filtrado y lavado hasta reacción negativa	1:03:28	1:03:28	1:03:28	Campana de extracción	Sí, en cualquier momento en medio de este paso
21	Aforado	0:02:03	0:02:03			Sí, luego de este paso
22	Dilución 1:10 y	0:09:55	0:09:55			



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	homogenización					
23	Pesaje crisol de porcelana	0:01:35	0:01:35	0:01:35	Balanza analítica	
24	Peso para pérdidas al fuego	0:05:23	0:05:23	0:05:23	Balanza analítica	
25	Colocación filtros en crisol	0:01:32	0:01:32			Sí, luego de este paso
26	Programación horno	3:55:10	0:01:14	0:01:14	Mufla	
27	Calcinación a 800°C			1:00:00	Mufla	
28	Extracción crisoles		0:03:10		Desecador	
29	Enfriado en desecador			2:48:25	Desecador	
30	Pesaje de crisol con SiO ₂		0:03:21	0:03:21	Balanza Analítica	Sí luego de este paso
31	Prendido de equipo, abertura de gases, calibración equipo, colocación de lámpara.	0:07:56	0:07:56	0:07:56	Equipo AA 1 o AA4	Sí, en medio de proceso pero luego de la lectura de cada elemento. Ejemplo luego de leer Fe antes de poner lámpara de Mg.
32	Calentamiento de lámpara.	0:20:00	.	0:20:00	Equipo AA 1 o AA4	
33	Calibración Patrones y lectura de Fe.	0:18:28	0:18:28	0:18:28	Equipo AA 1 o AA4	
34	Calibración Patrones y lectura de Mg.	0:11:21	0:11:21	0:11:21	Equipo AA 1 o AA4	
35	Calibración Patrones y lectura de Ca.	0:24:01	0:24:01	0:24:01	Equipo AA 1 o AA4	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

36	Cambio de boquilla	0:01:14	0:01:14	0:01:14	Equipo AA 1 o AA4	
37	Colocación de Lámpara de Al.	0:01:17	0:01:17	0:01:17	Equipo AA 1 o AA4	
38	Calentamiento de lámpara.	0:20:00	.	0:20:00	Equipo AA 1 o AA4	
39	Calibración Patrones y lectura de Al.	0:11:05	0:20:00	0:20:00	Equipo AA 1 o AA4	Sí luego de este paso.
40	Realización Cálculos	0:09:06	0:09:06	0:09:06	Computadora	
41	Elaboración de informe	0:03:28	0:03:28	0:03:28	Computadora	



En la columna de pausas posibles se indica donde es posible parar el procedimiento, ya sea por un periodo corto o hasta el día siguiente sin que se altere el resultado. No es aconsejable detener una marcha por períodos mayores a 24 horas, a no ser que el método así lo especifique, ya que hacer esto sí podría influir en la obtención de parámetros. Existen algunos procedimientos donde no es viable detener la marcha analítica, una vez iniciado el proceso debe continuarse hasta concluirlo.

Las hojas de ruta correspondientes a los otros ensayos están en el Anexo N° 2.

Las actividades que tienen un asterisco (*) son realizadas por el trabajador, con la supervisión del analista.

Tiempo muerto en la columna de observaciones significa que el analista no está en actividad pero en algunos casos el equipo si está funcionando.



CAPÍTULO IV

DISEÑO DE UN MODELO DE ASIGNACIÓN DE RECURSOS PARA EL CESEMIN, DESARROLLO DEL PROGRAMA Y SU VERIFICACIÓN

El objetivo del desarrollo de esta tesis es construir una herramienta, que contribuya en la gestión de los recursos del CESEMIN, aportando a la entrega de servicios satisfactorios a nuestros usuarios, proporcionándoles mayor puntualidad en la entrega de resultados y plazos más cortos.

Esta herramienta permitirá a su administrador conocer cómo se encuentra la carga de los recursos; determinar el orden en el que se procesarán los análisis; definir con más precisión las fechas de entrega; así como también permitirá monitorear el avance de los procesos dentro de lo programado. Contar con este simulador conduce a un uso más eficiente de los recursos que lleva a disminuir los plazos en los que se venían entregando el producto, además a futuro contribuirá en obtener datos estadísticos que permitan ir mejorando su función y la gestión administrativa del CESEMIN.

En base al análisis de los recursos y de los procesos de obtención de los servicios que da el CESEMIN, se diseñó un modelo para cumplir con el objetivo planteado.



4.1 FORMULACIÓN DE LAS PREMISAS Y RESTRICCIONES DEL MODELO

En la ejecución de una marcha analítica es mejor que un mismo analista realice todo el proceso, a excepción de la preparación de la muestra; a la largo del tiempo de realizar estos análisis en el centro hemos visto que cuando muchas personas realizan el proceso, especialmente algunos de ellos, se tiende a incrementar la posibilidad de cometer errores.

Por lo expuesto, en el caso de los análisis químicos sobre todo, es aconsejable que un solo analista realice la marcha de las actividades concernientes a procesamiento de la muestra, ver diagrama de flujo Capítulo I p. 12), la demás actividades pueden ser llevadas a cabo por otro analista sin que ello implique riesgo en la obtención de resultados confiables.

En base a las circunstancias de trabajo dentro del centro y de la institución, y en base a los requerimientos para el funcionamiento del sistema se establecieron las siguientes pautas:

1. El sistema tendrá dos clases de usuarios:
 - El administrador, el Director del CESEMIN, quien manejará el programa, tendrá acceso a todos los



niveles de uso del mismo, la única persona que podrá variar los datos parametrizables. Es quien utilizará esta herramienta para la programación de los análisis y la asignación de los recursos correspondientes.

- Los analistas, quienes individualmente tendrán acceso a una ventana donde se indicará los análisis con las respectivas tareas a ellos asignadas.
2. La regla de secuenciación que se utilizará es la de menor holgura MH: [(Fecha de entrega – Fecha de hoy) – Suma de los tiempos de procesamiento restantes].
 3. El administrador del sistema, quien conoce los requerimientos específicos de cada procedimiento, asignará el analista o los analistas, según sea el caso, para el pedido en función de la información proporcionada por el sistema con respecto a las cargas de los recursos humanos y los recursos físicos.
 4. El administrador tiene la posibilidad de incluir pedidos urgentes, esto implica que el se tomará como prioritario este pedido y se reprogramará lo previamente establecido.
 5. El calendario que se usará para la programación considerará únicamente los días laborables. El simulador permitirá que se



varíe este calendario para introducir días feriados no previstos en el calendario normal.

6. Una vez que se tiene una programación y se han asignado las tareas a los correspondientes analistas, ellos tienen que alimentar información al sistema. El momento que empiezan a ejecutar sus tareas marcan el inicio en la pantalla, una vez concluidas la serie de tareas asignadas marcan la terminación de las mismas. A continuación marcan el inicio de la nueva serie de tareas que les corresponden y así hasta terminar su jornada laboral. Esto permite que el sistema se vaya actualizando en cuanto al uso de los recursos.

Cabe aclarar que no se debe marcar el inicio y fin de cada actividad, pues la duración de muchas de ellas es muy corta, se considera una serie secuencial de actividades que deben realizarse sin ninguna pausa mayor entre ellas.

7. Considerar un tiempo de holgura o amplitud a sumar al tiempo total de ejecución de un procedimiento de 5%. Deberá ser posible variar este valor.
8. Para el cálculo de la carga de los recursos, tanto humanos como físicos, se considerará el tiempo asignado dentro de un período establecido. Se usará la siguiente fórmula:



$$\text{Carga asignada} = \frac{\text{Horas asignadas}}{\text{Horas totales del período}}$$

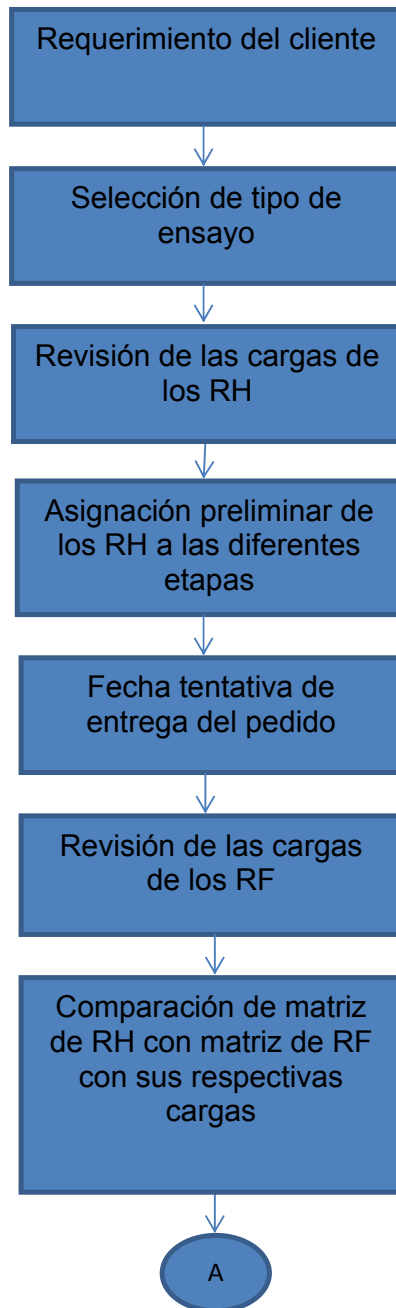
Este período de tiempo será parametrizable. Como tiempo inicial de partida se asumirá una semana de trabajo.

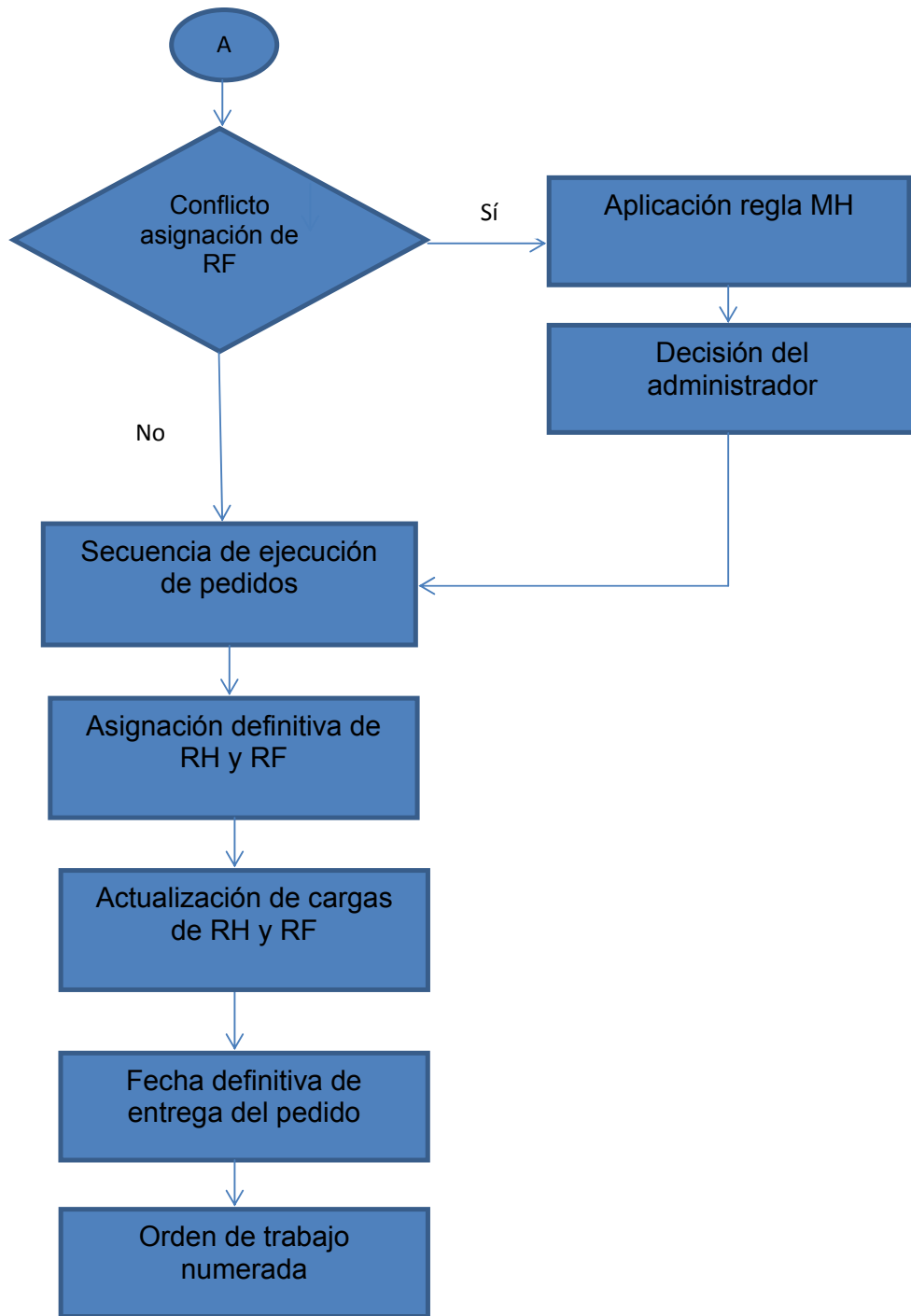
Ejemplo: cálculo de la carga del recurso A2 si tiene asignadas 14 horas de trabajo y labora durante 30 horas semanales.

$$\text{Carga disponible A2} = \frac{14 \text{ h}}{30 \text{ h}} = 0,467$$

4.2. DISEÑO DEL MODELO

El proceso que seguirá el sistema para asignar los recursos y el orden en que se procesaran los pedidos es el siguiente:







Para efectuar esta secuencia se necesita:

- Base de datos que contiene todos los procedimientos que se pueden realizar en el CESEMIN, con un indentificador para cada análisis específico.
- Base de datos de recursos humanos o personal con sus características de funcionalidad y disponibilidad (cargas).
- Base de datos de equipos con su disponibilidad (cargas).

Con esta información se programa para que realice la secuencia indicada en el anterior diagrama de flujo una vez recibido el requerimiento del cliente del CESEMIN:

1. Selección en la correspondiente base de datos el análisis que se va a realizar.
2. Revisión por parte del administrador de las cargas disponibles de los recursos humanos.
3. Asignación preliminar de los recursos humanos a cada etapa del proceso.
4. Cálculo de una fecha tentativa de entrega en base a la asignación de los recursos humanos.
5. Revisión por parte del administrador de las cargas disponibles de los recursos físicos.



6. Comparación de base de recursos humanos con la de recursos físicos para determinar si existe conflicto respecto a la asignación de recursos físicos para este nuevo procedimiento.
7. Si no existe conflicto pasar al paso 10.
8. Si existe conflicto aplicar regla de prioridad menor holgura MH.
9. En base a la información del cálculo holguras, junto con la información de la carga de los recursos el administrador decidirá la prioridad de los análisis por ejecutar.
10. Determinación del orden secuencial en el que se ejecutarán los pedidos.
11. Asignación definitiva de los recursos de acuerdo a la secuencia determinada en el paso anterior.
12. Cálculo de las nuevas cargas de los recursos.
13. Determinación de la fecha definitiva de entrega del pedido.
14. Emisión de la orden de trabajo con el código correspondiente.



4.3. SALIDAS ESPERADAS

Se espera que el sistema pueda proporcionar básicamente la siguiente información:

- ✓ La fecha de entrega para los respectivos análisis.
- ✓ La carga de los recursos humanos y físicos.
- ✓ Las holguras calculadas y ordenadas.
- ✓ La secuencia óptima de ejecución de los pedidos.
- ✓ La asignación de ensayos a los analistas, como orden de trabajo numerada, con las correspondientes tareas.
- ✓ Información del avance de los análisis que se están ejecutando, con fines de seguimiento y control.

Considerando el uso actual y a futuro la implementación de otras funciones al sistema se requiere que se pueda parametrizar los siguientes elementos:

- Bases de datos, de tal forma que se puedan agregar o quitar procedimientos analíticos, de igual manera recursos, se pueda variar los horarios de trabajo, etc.

- El número de usuarios del sistema.



- El calendario a usar, para incluir además de los feriados no contemplados en un calendario normal, los períodos de vacaciones del personal.
- El porcentaje de tiempo de amplitud asignado al tiempo total de la ejecución del análisis.
- El período establecido para el cálculo de cargas.

4.4 DESARROLLO Y VERIFICACIÓN DEL MODELO

Para el desarrollo del modelo se requirió de un experto en programación, por lo que éste fue realizado por un programador contratado para el efecto.

Para conseguir este objetivo se trabajó conjuntamente con el programador, a fin de absolver sus dudas respecto al funcionamiento exacto del programa, requerimientos de información, control de datos, información presentada en pantallas, etc. Además se realizaron conjuntamente las corridas necesarias para probar el sistema y detectar errores.

El sistema se realizó con el lenguaje de programación Microsoft Visual Basic 6.0 y la base de datos se la creó en Microsoft Office Access 2007. Se escogieron éstos debido a que la Universidad adquirió las respectivas licencias de uso; a futuro una vez que



esté validado el programa, se migrará los datos de Access a SQL Server por ser una base más robusta y que permitirá el manejo de una mayor cantidad de información.

La verificación programa se va a realizar analizando tres casos:

- El proceso de asignación de recursos para un análisis solicitado sin que se produzca conflicto.
- Un caso en el que se produzca conflicto y sea necesario aplicar la regla de priorización, teniendo el administrador que decidir la prioridad en base a la información proporcionada por el programa.
- Un tercer caso en el que se presente un pedido urgente y el administrador cambie la secuencia establecida para atender este particular.

PRIMER CASO: En este caso se mostrará el funcionamiento básico del programa.

Ingreso al programa, aparece la pantalla indicada abajo, en la que se debe ingresar el nombre y la contraseña, dando acceso a diferentes niveles del sistema de acuerdo al tipo de usuario: para el administrador a todo el sistema, a los analistas sólo les es posible acceder a la opción del menú que les da entrada a una



pantalla individual en la que aparecen los procesos asignados con sus respectivas tareas.



Menú Principal, aquí aparecen tres opciones: Maestros que son las opciones en donde se cargan, eliminan y/o modifican las bases de datos necesarias; Pruebas donde van las opciones propias del uso del sistema; y Salir que sólo permite salir del programa.

Para ingresar un nuevo pedido se va al menú Pruebas y aparecen las diferentes posibilidades:

Nueva Prueba: Generación de una nueva orden, posibilitando el ingreso de toda la información concerniente, visualización de la fecha probable de término y de la carga de los recursos humanos.

Anular/ Modificar Prueba: Anular alguna prueba o modificarla en caso de error en el ingreso de los datos.

Secuencias: pantalla que muestra el orden en que se están ejecutando y/o se ejecutarán las pruebas.



Analistas: La pantalla para los analistas en la que se indica las pruebas que deben ejecutar con las correspondientes actividades. Además en ella deben marcar el inicio y fin de cada grupo de actividades, a fin de retroalimentar el sistema.

Decisión: Muestra las cargas de los recursos físicos y humanos y las holguras calculadas.

Control: pantalla que muestra el avance de procesos.

Activar/Desactivar Análisis: Pantalla que posibilita pausar o activar un grupo de actividades de un análisis en casos especiales de priorización.





Se ingresa a **Nueva Prueba** y aparece la pantalla que permite escoger: el ensayo solicitado (1), se despliegan las actividades correspondientes al mismo (2); el administrador, en base a la información que obtiene de otra pantalla de las cargas de los recursos humanos (3) realiza una primera asignación de los mismos a las diferentes actividades del ensayo, de ésta también obtiene la información de la fecha de inicio posible de la primera actividad del proceso escogido.

1

No. Orden: 16 Fecha de Recepción: 24/12/2010 Tipo Prueba: Determinación De Oro En Minerales, Extracción Co

CLIENTES

C.I. / R.U.C: 0000000000 Buscar

Nombre: MINERA "AA" Apellido:

Dirección: CAMINO VIEJO A BAÑOS Teléfono: 2856513

Muestra: MINERAL ORO Procedencia: PORTOVELO

Peso/Volumen: 2

Personal: HERNAN 11:55:26 27/12/2010

FECHA PROBABLE DE TERMINO DE LA ORDEN:

No. Paso	Descripción	Pausa	Analista	Porcentaje		
1	Recepción de la muestra	NO	Hernán	23,02		
2	Secado	NO	Hernán	23,04		
3	Molienda, cuarteado y tamizado *	NO	Manuel	11,2		
4	Secado en analizador	NO	Hernán	23,06		
5	Pesaje por triplicado de 5 g en un vaso d	NO	Hernán	23,08		
6	Adición de 10 ml de agua destilada y 15 l	NO	Hernán	23,1		
7	Calentamiento moderado	NO	Hernán	23,12		
8	Retiro y enfriado	NO	Hernán	23,14		
9	Adición de H1C3	NO	Hernán	23,16		
10	Calentamiento moderado	NO	Hernán	23,18		
11	Enfriamiento	NO	Hernán	23,2		
12	Filtración y aforo en un balón de 100ml	SI	Hernán	23,22		
13	Adición de 20 ml agua destilada en emb	NO	Hernán	23,24		
14	Adición de 50 ml de solución filtrada	NO	Hernán	23,26		

2

Calcular

Priorizar

Guardar Cancelar



Presionando el botón **Calcular** el programa proporciona una fecha probable de terminación del ensayo. Aquí el administrador revisa en otra pantalla la carga de los recursos físicos y verifica que no estén quedando tiempos sin uso que pueden ser utilizados realizando variaciones posibles en la asignación de recursos humanos.

Cargas

R.Humano	Porcentaje	R.Físico	Porcentaje
Jorge	91.31%	Campana 1 de ext	82.36%
Hernán	52.31%	Campana 2 de ext	15.26%
Doris	25.85%	Espectrofotómetro c	75.00%
Soraya	38.62%	Estufa [p]	48.60%
Manuel	48.25%	Cuarateadores de jor	18.50%
Diego	13.25%	Molino de martillos	23.55%
María	14.5%	Plato calentador 1 [v	69.05%

3

NoOrden	Holgura	Fecha Final
15	-0.562	27/12/2010
4	-1.018	23/12/2010
14	-1.16	23/12/2010
13	-1.182	23/12/2010
7	-1.388	23/12/2010
3	-2.293	22/12/2010
10	2.84	27/12/2010
6	2.962	27/12/2010
1	-3.132	21/12/2010
2	-3.16	21/12/2010
8	3.39	28/12/2010
9	4.335	30/12/2010
11	-4.441	20/12/2010

Tipo Prueba: Determinación De Arsénico En Aguas

Apellido:

Teléfono: 2856513

encia: PORTOVELO

11:55:26 27/12/2010

FECHA PROBABLE DE TERMINO DE LA ORDEN: **29/12/2010**

No. Paso	Descripción	Pausa	Analista	Porcentaje
1	Recepción de la muestra	NO	Hernán	23,02
2	Preparación de patrón de 1 ug/ml en 1%	NO	Hernán	23,04
3	Preparación de patrones de 0,01 y 0,05	NO	Manuel	11,2
4	Preparación de blanco	NO	Hernán	23,06
5	Preparación de muestra por triplicado	NO	Hernán	23,08
6	Reposo a temperatura ambiente	SI	Hernán	23,1
7	Calentamiento de lámpara	NO	Hernán	23,12
8	Preparación de borohidruro de sodio	NO	Hernán	23,14
9	Armado de dispositivo de generación de	NO	Hernán	23,16
10	Calibración	NO	Hernán	23,18
11	Toma de 10 ml de muestra y colocación	NO	Hernán	23,2
12	Purga de 20 seg.	NO	Hernán	23,22
13	Presión conjunta de botones de inmersi	NO	Hernán	23,24
14	Registro de Datos	NO	Hernán	23,26

Guardar Cancelar



Como en este caso no hay conflicto en la asignación de los recursos, al presionar el botón **Guardar** se realiza la asignación definitiva de los mismos, entonces se visualiza la fecha de entrega también definitiva (4).

En la pantalla de Nueva Prueba constan también las ventanas que permiten ingresar los datos de identificación del cliente (5), a fin de ir creando paralelamente una base de datos de ellos; además tiene una sección par la identificación de la muestra (6).



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Ingreso de Pruebas

No. Orden: 16 Fecha de Recepción: 24/12/2010 Tipo Prueba: Determinación De Arsénico En Aguas

CLIENTES

C.I. / R.U.C: 000000000 Buscar 5

Nombre: MINERA "AA" Apellido:

Dirección: CAMINO VIEJO A BAÑOS Teléfono: 2856513

Muestra: MINERAL ORO Procedencia: PORTOVELO 6

Peso/Volumen: 2

Personal: HERNÁN 11:55:26 27/12/2010

FECHA PROBABLE DE TERMINO DE LA ORDEN: 29/12/2010 4

Calcular

Priorizar

No. Paso	Descripción	Pausa	Analista	Porcentaje		
1	Recepción de la muestra	NO	Hernán	23,02		
2	Preparación de patrón de 1 ug/ml en 1%	NO	Hernán	23,04		
3	Preparación de patrones de 0,01 y 0,05	NO	Manuel	11,2		
4	Preparación de blanco	NO				
5	Preparación de muestra por triplicado	NO				
6	Reposo a temperatura ambiente	SI				
7	Calentamiento de lámpara	NO				
8	Preparación de borohidruro de sodio	NO				
9	Armado de dispositivo de generación de	NO				
10	Calibración	NO				
11	Toma de 10 ml de muestra y colocación	NO				
12	Purga de 20 seg.	NO				
13	Presión conjunta de botones de inmersi	NO				
14	Registro de Datos	NO				

Programa

La orden16 ha sido guardada satisfactoriamente

Aceptar

Guardar Cancelar

Desplegando nuevamente las pantallas de las cargas de los recursos humanos y físicos se puede observar la nueva carga asignada a los mismos.



The screenshot shows a window titled "Cargas" with two tables of resource usage and a table of task sequences.

R.Humano	Porcentaje	R.Físico	Porcentaje
Jorge	91.31%	Campana 1 de exti	82.36%
Hernán	69.41%	Campana 2 de exti	30.10%
Doris	25.85%	Espectrofotómetro c	85.00%
Soraya	38.62%	Estufa (p)	48.60%
Manuel	55.00%	Cuarateadores de jor	18.50%
Diego	13.25%	Molino de martillos	28.65%
María	14.5%	Plato calentador 1 (l	69.05%

NoOrden	Holgura	Fecha Final
11	-4.441	20/12/2010
1	-3.132	21/12/2010
2	-3.16	21/12/2010
3	-2.293	22/12/2010
12	-4.526	22/12/2010
4	-1.018	23/12/2010
7	-1.388	23/12/2010
13	-1.182	23/12/2010
14	-1.16	23/12/2010
6	2.962	27/12/2010
10	2.84	27/12/2010
15	-0.562	27/12/2010
8	3.39	28/12/2010

En el submenú **Secuencias** aparece el orden de ejecución de las pruebas con sus correspondientes fechas de inicio y término.



Secuenci	Nombre	No. Orden	Fecha Fin
4	Determinación De Arsénico En Aguas	4	23/12/2010
5	Determinación De Arsénico En Aguas	6	27/12/2010
6	Determinación De Arsénico En Aguas	8	28/12/2010
7	Determinación De Arsénico En Aguas	13	23/12/2010
8	Determinación De Arsénico En Aguas	14	23/12/2010
9	Determinación De Arsénico En Aguas	10	27/12/2010
10	Determinación De Oro En Minerales, Extracción	15	27/12/2010
11	Determinación De Plata Y Cobre Y Otros Metale	9	30/12/2010
12	Determinación De Plata Y Cobre Y Otros Metale	11	29/12/2010
13	Determinación De Plomo Y Cadmio En Óxido De	7	23/12/2010
14	Determinación De Riqueza De Carbonatos	12	22/12/2010
15	Coficiente De Dilatación Térmica Con Preparac	5	27/12/2010

Al presionar el botón Guardar también se genera una nueva orden de trabajo para los recursos humanos asignados para la ejecución de ese ensayo, esta se despliega cuando el analista ingrese sus datos en la ventana inicial o cuando el administrador ingrese al submenú Analistas.



Con esta información junto con la proporcionada por la pantalla de carga de recursos físicos, el administrador puede analizar y ver si existe algún día en que estos equipos estén menos ocupados y decidir si mantiene este orden de ejecución de los ensayos o lo varia, procurando no retrasar los otros ensayos que todavía no se empiezan a ejecutar.

Ingreso de Pruebas

No. Orden: 20 Fecha de Recepción: 24/12/2010 Tipo Prueba: Determinación De Plata Y Cobre Y Otros Metales Et

CLIENTES

C.I. / R.U.C: 000000000 Buscar

Nombre: MINERA "AA" Apellido:

Dirección: CAMINO VIEJO A BAÑOS Teléfono: 2856513

Muestra: ALEACION Procedencia:

Peso/Volumen: 1

Personal: DORIS 11:18:50 23/12/2010

FECHA PROBABLE DE TERMINO DE LA ORDEN: 31/01/2011

No. Paso	Descripción	Pausa	Analista	Porcentaje		
1	Recepción de la muestra	NO	Doris	15,52		
2	Preparación de patrones de 2 y 4 ppm	NO	Doris	15,54		
3	Pesaje de 250 mg de muestra en un vaso	NO	Doris	15,56		
4	Preparación de muestra de control	NO	Doris	15,58		
5	Adición de 10 ml de agua destilada en vaso	NO	Doris	15,6		
6	Adición de 10 ml de H2C3 a cada vaso	NO	Doris	15,62		
7	Digestión ácida en una placa caliente de	NO	Doris	15,64		
8	Enfriamiento	NO	Doris	15,66		
9	Transferencia de muestras y blanco a b	NO	Doris	15,68		
10	Aforado y homogenizado y preparacion	SI	Doris	15,7		
11	Lectura en Absorción Atómica	NO	Doris	15,72		
12	Cálculos	NO	Doris	15,74		
13	Elaboración Informe	NO	Doris	15,76		

Guardar Cancelar

Calcular Priorizar



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Secuencias

Secuencia	Nombre	No. Orden	Fecha Fin
9	Determinación De Plata Y Cobre Y Otros Metale	9	30/12/2010
10	Determinación De Arsénico En Aguas	10	27/12/2010
11	Determinación De Plata Y Cobre Y Otros Metale	11	29/12/2010
12	Determinación De Riqueza De Carbonatos	12	22/12/2010
13	Determinación De Arsénico En Aguas	13	23/12/2010
14	Determinación De Arsénico En Aguas	14	23/12/2010
15	Determinación De Oro En Minerales, Extracción	15	27/12/2010
16	Índice De Plasticidad	16	05/01/2011
17	Determinación De Riqueza De Carbonatos	17	14/01/2011
18	Análisis de Vegetales	18	24/01/2011
19	Determinación De Metales en Aguas	19	28/01/2011
20	Determinación De Plata Y Cobre Y Otros Metale	20	31/01/2011

Mostrar Salir

R.Físico	Porcentaje	Ocupación/Fecha
Campana 1 de exti	85.39%	11/01/2011
Campana 1 de exti	95.23%	12/01/2011
Campana 1 de exti	92.65%	13/01/2011
Campana 1 de exti	65.35%	14/01/2011
Campana 1 de exti	98.78%	17/01/2011
Campana 1 de exti	94.52%	18/01/2011
Campana 1 de exti	92.63%	19/01/2011
Campana 1 de exti	99.36%	20/01/2011
Campana 1 de exti	91.25%	21/01/2011
Campana 1 de exti	95.36%	24/01/2011

R.Físico	Porcentaje	Ocupación/Fecha
Espectrómetro AA1	86.55%	07/01/2011
Espectrómetro AA1	87%	10/01/2011
Espectrómetro AA1	85.39%	11/01/2011
Espectrómetro AA1	95.23%	12/01/2011
Espectrómetro AA1	93.65%	13/01/2011
Espectrómetro AA1	91.35%	14/01/2011
Espectrómetro AA1	70.78%	17/01/2011
Espectrómetro AA1	71.52%	18/01/2011
Espectrómetro AA1	89.63%	19/01/2011
Espectrómetro AA1	99.36%	20/01/2011



UNIVERSIDAD DE CUENCA

NoOrden	Holgura	Fecha Final	
14	-4,16	23/12/2010	
6	-0,038	27/12/2010	
10	-0,16	27/12/2010	
15	-3,562	27/12/2010	
8	0,39	28/12/2010	
11	1,559	29/12/2010	
9	1,335	30/12/2010	
15	0,1	27/12/2010	
16	0,6	05/01/2011	
17	0,72	14/01/2011	
18	1,01	24/01/2011	
19	1,15	28/01/2011	
20	1,2	31/01/2011	

Secuencias

Secuencia	Nombre	No. Orden	Fecha Fin
9	Determinación De Plata Y Cobre Y Otros Metale	9	30/12/2010
10	Determinación De Arsénico En Aguas	10	27/12/2010
11	Determinación De Plata Y Cobre Y Otros Metale	11	29/12/2010
12	Determinación De Riqueza De Carbonatos	12	22/12/2010
13	Determinación De Arsénico En Aguas	13	23/12/2010
14	Determinación De Arsénico En Aguas	14	23/12/2010
15	Determinación De Oro En Minerales, Extracción	15	27/12/2010
16	Índice De Plasticidad	16	05/01/2011
17	Determinación De Riqueza De Carbonatos	17	14/01/2011
18	Determinación De Plata Y Cobre Y Otros Metale	20	19/01/2011
19	Análisis de Vegetales	18	24/01/2011
20	Determinación De Metales en Aguas	19	28/01/2011

Mostrar Salir



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Ingreso de Pruebas

No. Orden: 20 Fecha de Recepción: 24/12/2010 Tipo Prueba: Determinación De Plata Y Cobre Y Otros Metales Et

CLIENTES

C.I. / R.U.C: 0000000000 Buscar

Nombre: MINERA "AA" Apellido:

Dirección: CAMINO VIEJO A BAÑOS Teléfono: 2856513

Muestra: ALEACION Procedencia:

Peso/Volumen: 1

Personal: DORIS 11:18:50 23/12/2010

FECHA PROBABLE DE TERMINO DE LA ORDEN: 19/01/2011

No. Paso	Descripción	Pausa	Analista	Porcentaje		
1	Recepción de la muestra	NO	Doris	15,52		
2	Preparación de patrones de 2 y 4 ppm	NO	Doris	15,54		
3	Pesaje de 250 mg de muestra en un vaso	NO	Doris	15,56		
4	Preparación de muestra de control	NO	Doris	15,58		
5	Adición de 10 ml de agua destilada en vaso	NO	Doris	15,6		
6	Adición de 10 ml de H ₂ C ₃ a cada vaso	NO	Doris	15,62		
7	Digestión ácida en una placa caliente de	NO	Doris	15,64		
8	Enfriamiento	NO	Doris	15,66		
9	Transferencia de muestras y blanco a b	NO	Doris	15,68		
10	Aforado y homogenizado y preparacion	SI	Doris	15,7		
11	Lectura en Absorción Atómica	NO	Doris	15,72		
12	Cálculos	NO	Doris	15,74		
13	Elaboración Informe	NO	Doris	15,76		

Guardar Cancelar

Calcular Priorizar

TERCER CASO: En contadas ocasiones, se presentan pruebas que requieren realizarse con suma urgencia, en este caso el administrador del sistema le puede dar una prioridad especial. Para ello necesita analizar las cargas asignadas de recursos físicos y humanos y las holguras de la pruebas, con esta información puede ingresar el pedido urgente con una fecha más temprana a fin de darle prioridad.



Se puede probar ingresando varias fechas y analizando las holguras y cargas de los recursos, a fin de encontrar la secuencia óptima, es decir, la que minimice el retraso en la entrega de los ensayos en los que se deba posponer su inicio o la ejecución de un grupo de actividades para permitir que se procese primero el urgente.

En este caso puede también ser necesario detener un grupo de actividades de un ensayo en proceso, el mismo que luego se debe reactivar para que continúe la marcha. Esto se realiza presionando el botón **Priorizar** de la pantalla de ingreso de la orden.

Las siguientes pantallas muestran la orden N° 21 que ingresa como URGENTE, presionando Priorizar aparece la secuencia de las órdenes ingresadas no terminadas ni empezadas a ejecutar, ni tampoco pausadas.

Analizando esta lista, junto con la de las holguras, se puede ver que es posible pausar la orden N° 16, lo que permitirá realizar primero la orden 21.

Una vez ejecutada la orden 21 debe volverse a activar la orden 16 pausada, ingresando por la opción de Activar Ordenes, donde aparecerá el número de orden pausada.



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Ingreso de Pruebas

No. Orden: 21 Fecha de Recepción: 27/12/2010 Tipo Prueba: Determinación Del Cloruros

CLIENTES

C.I. / R.U.C: 000000000 Buscar

Nombre: MINERA "AA" Apellido:

Dirección: CAMINO VIEJO A BAÑOS Teléfono: 2856513

Muestra: YESO Procedencia: MALACATOS

Peso/Volumen: 2

Personal: SORAYA 15:

FECHA PROBABLE DE TERMINO DE LA ORDEN: 07/01/2011

No. Paso	Descripción	Pausa	Analista	Porcentaje	
1	Recepción de la muestra	NO	Soraya	38,64	
2	Secado	NO	Soraya	38,66	
3	Molienda y tamizado *	SI	Soraya	38,68	
4	Secado en analizador	NO	Soraya	38,7	
5	Pesaje por duplicado de 0.6 g en un vaso	NO	Soraya	38,72	
6	Adición de 20ml de agua destilada y agit	NO	Soraya	38,74	
7	Filtración en papel filtro normal sobre ba	NO	Soraya	38,76	
8	Lavado con agua destilada hasta reacci	NO	Soraya	38,78	
9	Aforado a 100ml	NO	Soraya	38,8	
10	Toma de alícuota de 10ml en vaso de 10	NO	Soraya	38,82	
11	Adición de 10 ml de agua destilada y el li	NO	Soraya	38,84	
12	Titulación con SSC1 hasta viraje de una e	NO	Soraya	38,86	
13	Cálculos	NO	Soraya	38,88	
14	Elaboración de informe	NO	Soraya	38,9	

Calcular

Priorizar

Guardar Cancelar

URGENTE

Pausar Ordenes

	Nombre	No. Orden	Fecha Orden	Fecha Final	
<input type="checkbox"/>	JORGE	8	28/12/2010	28/12/2010	
<input type="checkbox"/>	JORGE	9	29/12/2010	30/12/2010	
<input type="checkbox"/>	HERNAN	10	27/12/2010	27/12/2010	
<input type="checkbox"/>	DORIS	11	20/12/2010	29/12/2010	
<input type="checkbox"/>	SORAYA	12	21/12/2010	22/12/2010	
<input type="checkbox"/>	DORIS	13	23/12/2010	23/12/2010	
<input type="checkbox"/>	SORAYA	14	23/12/2010	23/12/2010	
<input type="checkbox"/>	SORAYA	15	23/12/2010	27/12/2010	
<input checked="" type="checkbox"/>	HERNAN	16	05/01/2011	05/01/2011	
<input type="checkbox"/>	DIEGO	17	14/01/2011	14/01/2011	
<input type="checkbox"/>	MARIA	18	24/01/2011	24/01/2011	
<input type="checkbox"/>	SORAYA	19	28/01/2011	28/01/2011	
<input type="checkbox"/>	DORIS	20	29/01/2011	19/01/2011	

Cerrar



FUNCIÓN DE CONTROL: El sistema permite también realizar un seguimiento y control del avance de los procesos de los diferentes análisis o ensayos que se están ejecutando.

En el submenú **Control** aparece una pantalla que muestra las diferentes pruebas ingresadas y su porcentaje de ejecución junto con la fecha de entrega, esta información sirve para que el administrador visualice el avance de las mismas y determine si en algún caso es necesario tomar acciones para acelerar alguna prueba que va retrasada.

Código Prueba	Nombre	Ciente	Fecha Inicio	Fecha Fin	Porcentaje
10	Determinación De Arsénico	JOYERIA EL ORO	27/12/2010	27/12/2010	78,76
19	Determinación De Metales E	JOYERIA EL ORO	27/12/2010	28/01/2011	84,94
15	Determinación De Oro En M	MINERA "AA"	23/12/2010	27/12/2010	82,08
9	Determinación De Plata Y C.	MINERA "AA"	29/12/2010	30/12/2010	78,94
20	Determinación De Plata Y C.	MINERA "AA"	29/12/2010	19/01/2011	2,46
11	Determinación De Plata Y C.	JOYERIA EL ORO	20/12/2010	29/12/2010	1,34
7	Determinación De Plomo Y C.	MINERA "AA"	23/12/2010	23/12/2010	98,61
12	Determinación De Riqueza L	MINERA "AA"	21/12/2010	22/12/2010	51,56
17	Determinación De Riqueza L	MINERA "AA"	21/12/2010	14/01/2011	67,4
16	Índice De Plasticidad	JOYERIA EL ORO	05/01/2011	05/01/2011	67,25
5	Coficiente De Dilatación Té	MINERA "AA"	23/12/2010	27/12/2010	45,83
18	Análisis De Vegetales	JOYERIA EL ORO	23/12/2010	24/01/2011	0,86

4.5 PROPIEDAD INTELECTUAL DEL SISTEMA

El programa obtenido mediante el desarrollo de esta tesis es una obra en colaboración con la Ingeniera Mónica Cabrera a quien encargué su elaboración bajo mi dirección y patrocinio, para obtener



un simulador que permita realizar la asignación de recursos, proporcionando los lineamientos, la información pertinente para la creación de la base de datos y del programa en sí, en definitiva definí la función que debe cumplir el programa.

Al ser creada la obra bajo relación de dependencia la titularidad me compete y estoy autorizada a ejercer los derechos autorales sobre la misma, reconociendo siempre los derechos que le corresponden a la programadora.

Como promotora y titular de la obra declaro que el programa fue creado para servicio exclusivo del Centro de Servicios y Análisis de la Universidad de Cuenca CESEMIN, cumpliendo con los objetivos planteados en la presente tesis.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La elaboración de un simulador requirió de un modelo, lo más realista posible, del CESEMIN, esto implicó un análisis profundo del funcionamiento del centro y de sus procedimientos analíticos; lo cual hizo posible tomar la información que se necesitaba para el sistema de forma adecuada y precisa.
- A su vez el análisis del funcionamiento y la toma de datos permitieron visualizar algunos aspectos, que no eran evidentes a simple vista, que deben ser analizados y mejorados y que conducirán a un mejoramiento integral del CESEMIN. Dentro de la información que fue necesario obtener para la realización de este trabajo, estuvo la ejecución de un estudio de tiempos y movimientos; esta información a más de la utilidad que prestó para el desarrollo de esta tesis, será de utilidad para otros fines como calcular con más precisión el costo de los diferentes análisis.



- El sistema obtenido se basa en el manejo de cargas disponibles, y proporciona rápidamente información que no se tiene, permitiendo al administrador del sistema: analizar tiempos, decidir en función de visualización y estructurar secuencias de análisis. Es decir logra una gestión más adecuada del tiempo, que es el aspecto básico en la programación de recursos en empresas con capacidad finita. Adicionalmente el programa permite identificar posibles cuellos de botella, ya que al mostrar la carga de los recursos físicos indica que equipos tienen asignada mayor cantidad de trabajo, y son los que posiblemente marquen el ritmo del proceso.
- Contar con esta herramienta posibilitará al Director(a) del CESEMIN cumplir con los objetivos básicos de la planificación de recursos: óptima asignación de recursos, en especial del tiempo del personal; ofrecer fechas de entrega más reales y menores plazos; al mismo tiempo que servirá para controlar el avance de los diferentes análisis que se estén ejecutando. Convirtiéndose en una ayuda efectiva en la realización de su gestión, que conduzca a proporcionar un mejor servicio a los usuarios del centro.



- El sistema de programación de recursos permite que todos y cada uno de los miembros que laboran en el centro conozcan con precisión las tareas asignadas y su plazo de ejecución; al mismo tiempo que logra que se realice una correcta distribución de las labores asignadas de acuerdo a sus funciones y tiempo disponibles.
- Con la ejecución de esta tesis se aplicó un sistema que normalmente se lo realiza en un ambiente diferente, el sector fabril, al área de servicios, específicamente al campo de un laboratorio; lográndose la gestión más adecuada de los recursos, el uso óptimo del tiempo tanto del personal como de los equipos con los que cuenta el CESEMIN.

RECOMENDACIONES

- En el planteamiento de esta tesis se propuso llegar hasta la verificación del sistema, objetivo que se cumplió, pero es importante continuar con el siguiente paso, por lo que se recomienda validar el mismo durante un periodo de por lo menos seis meses de funcionamiento normal del CESEMIN, a fin de hacer un seguimiento y los ajustes pertinentes para



lograr el cumplimiento a cabalidad del sistema, y paralelamente posibilitará ir incrementando sus aplicaciones y funciones.

- La aplicación y el funcionamiento de este sistema requiere de la retroalimentación de información por parte del personal del centro, por lo que se recomienda que se realice su preparación y capacitación previas. Esto va a permitir que el personal del CESEMIN no vea al sistema únicamente como un medio de control de su trabajo, sino que entiendan su funcionamiento y los beneficios que proporcionará tanto a nivel personal, del funcionamiento del centro, como de mejora de servicio para los clientes; es decir que se dé una apropiación del sistema.
- Una vez concluida la etapa de validación del programa, se recomienda la elaboración de un manual de su funcionamiento, a fin de que quien esté a cargo del manejo del sistema cuente con la información sistematizada que permita conocer sus bondades y limitaciones; al mismo tiempo que posibilite realizar modificaciones que lo mejoren.



BIBLIOGRAFÍA

Buffa Elwood S.; Dirección de Operaciones. Problemas y Modelos; Editorial Limusa; 1973.

Monks Joseph G.; Teoría y Problemas de Administración de Operaciones; McGRAW-HILL; 1988.

Nahmias Steven; Análisis de la Producción y las Operaciones; McGRAW-HILL; 2007.

Render Barry, Heizer Jay; Principios de Administración de Operaciones; Prentice Hall; 1997.

Sarmiento Costa Ricardo, Moura Jardim Eduardo Galvao; El Uso de la Simulación Computacional para la Gestión de Corto Plazo; Texto dado en el Módulo: Ingeniería de la Producción II de la Maestría en Gestión Tecnológica III Edición, Univesidad de Cuenca; 2008.

Zandin Kjell B.; Manual del Ingeniero Industrial; McGRAW-HILL; 2005.

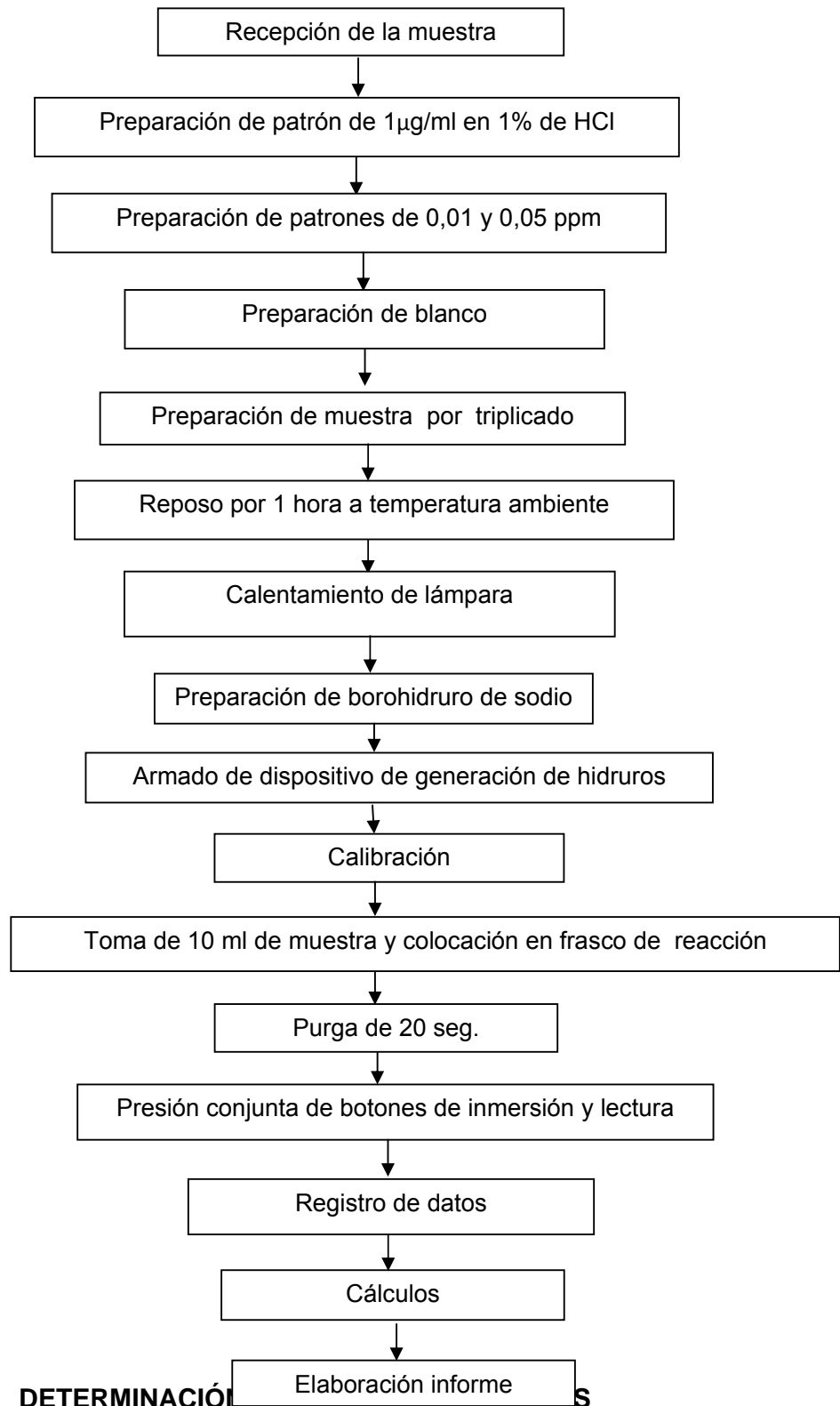


ANEXO N° 1

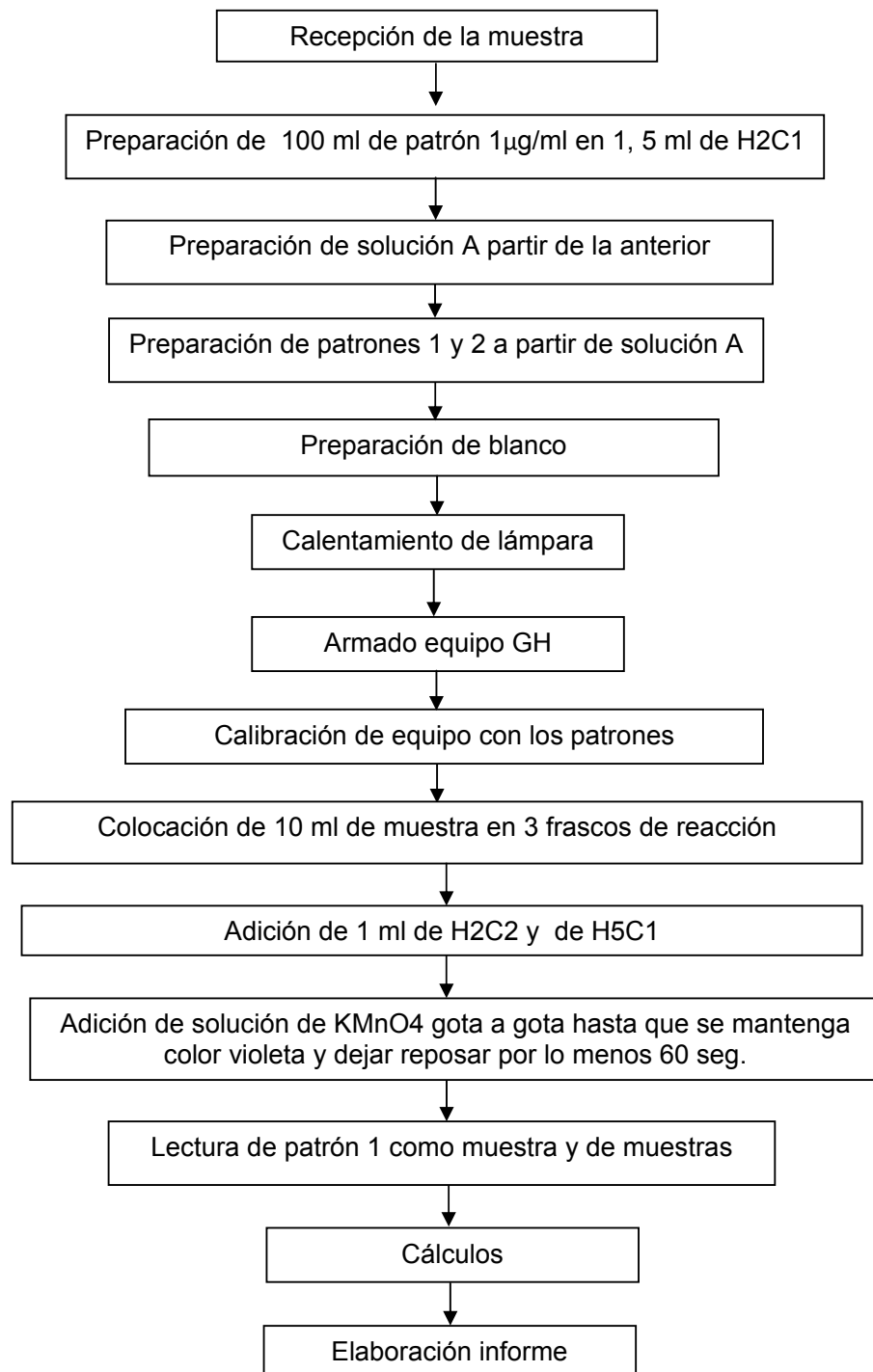
DIAGRAMAS DE FLUJO



DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS

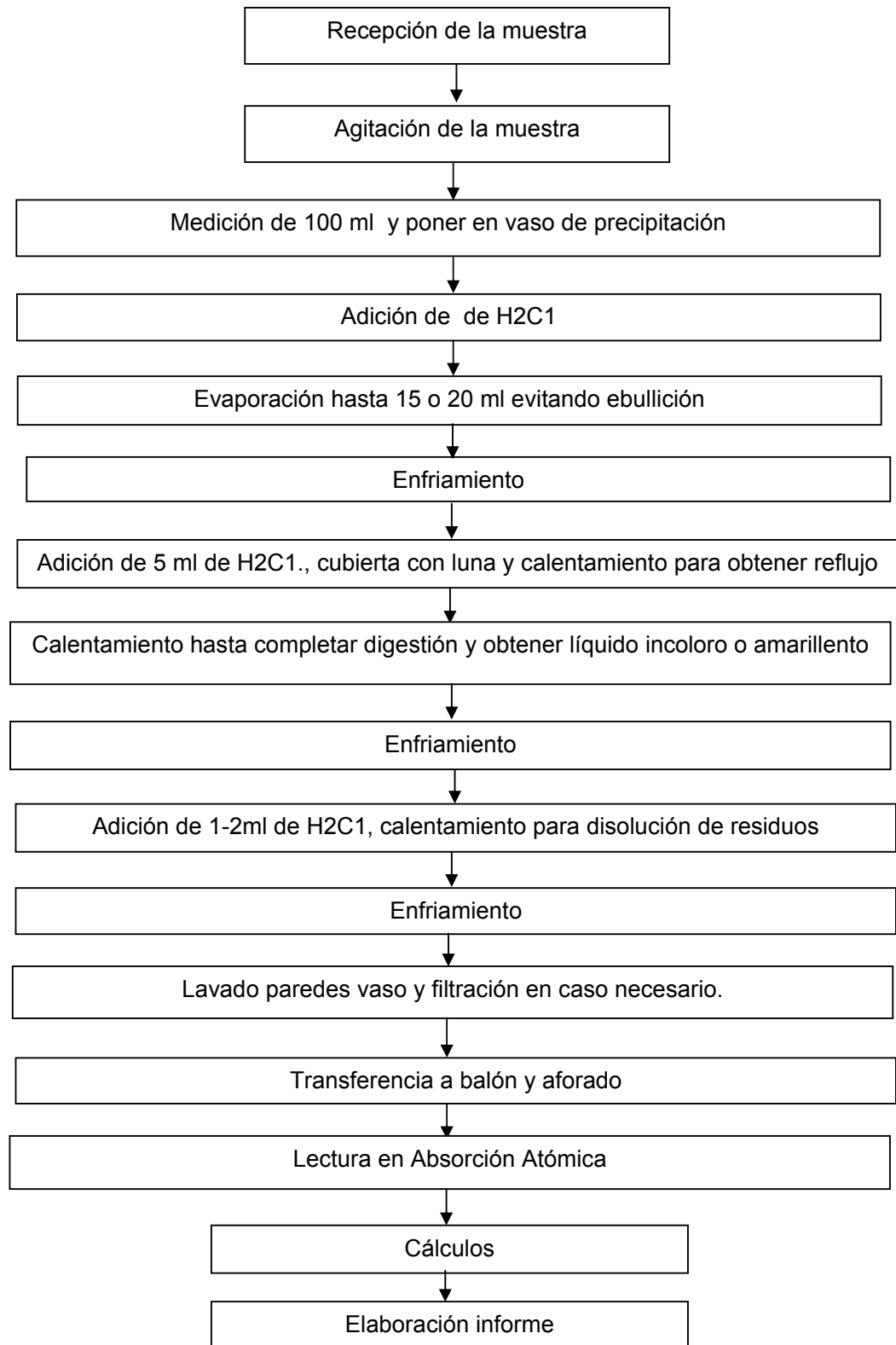


DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS



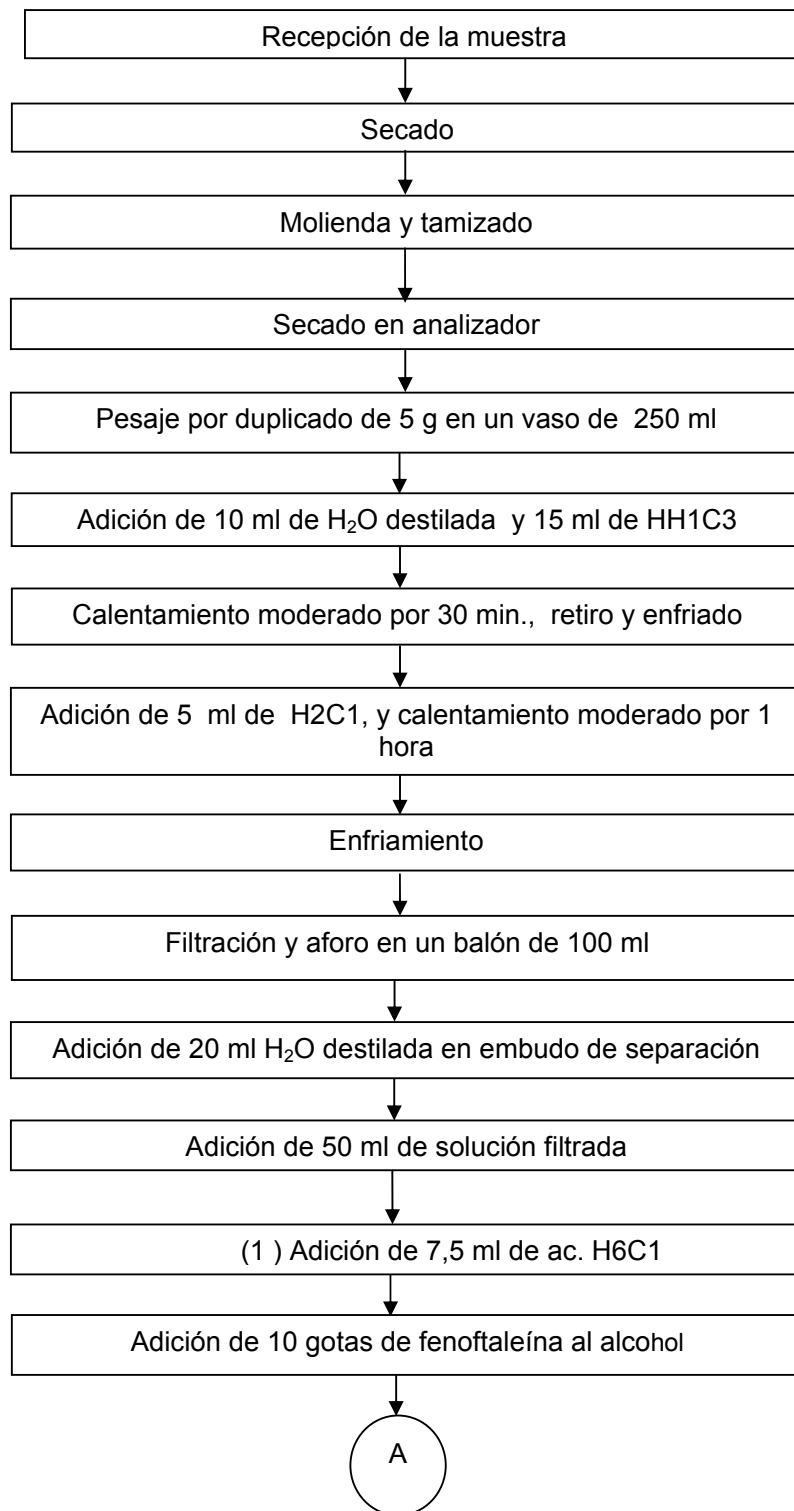


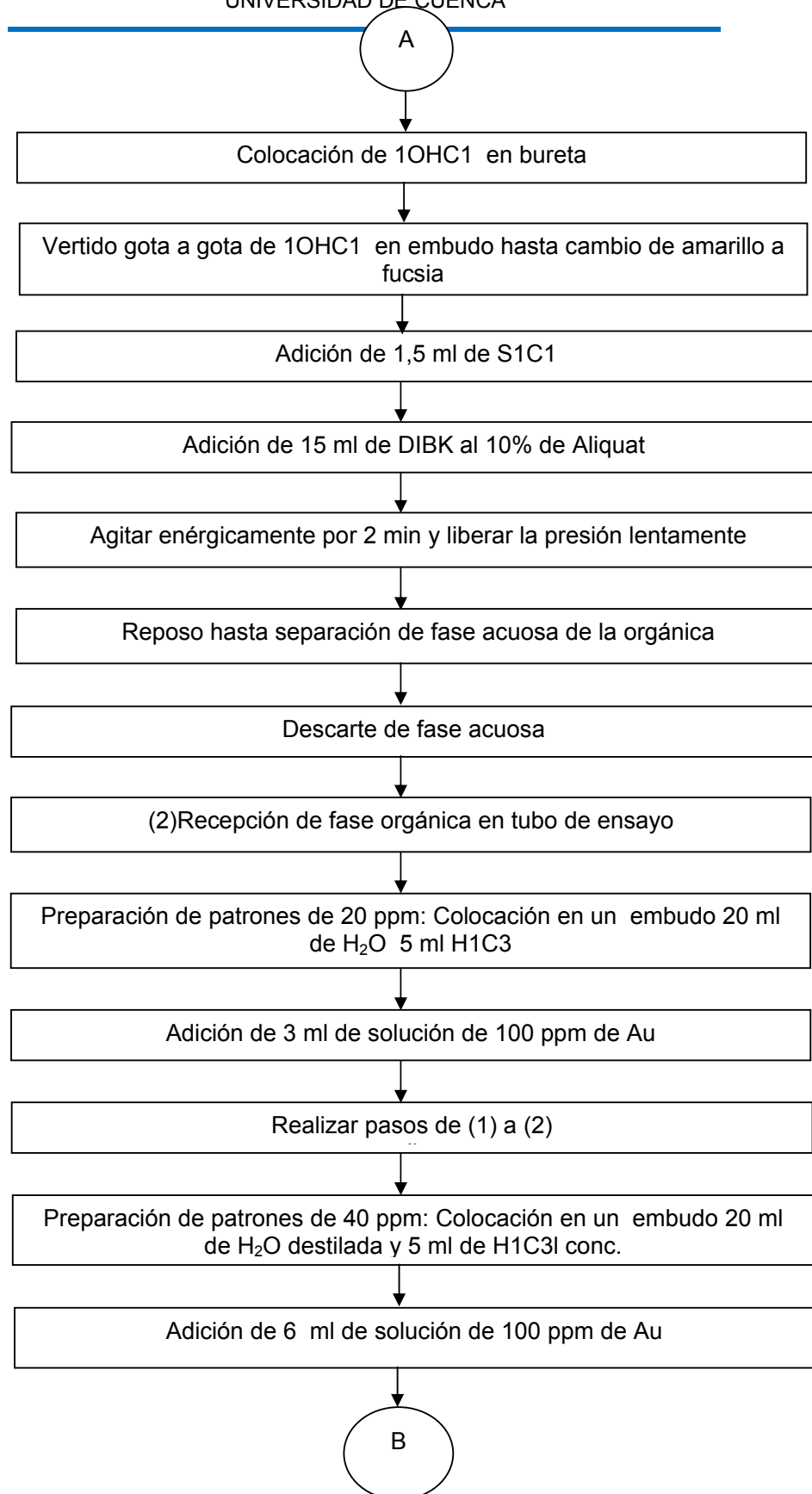
DETERMINACIÓN DE METALES EN AGUAS

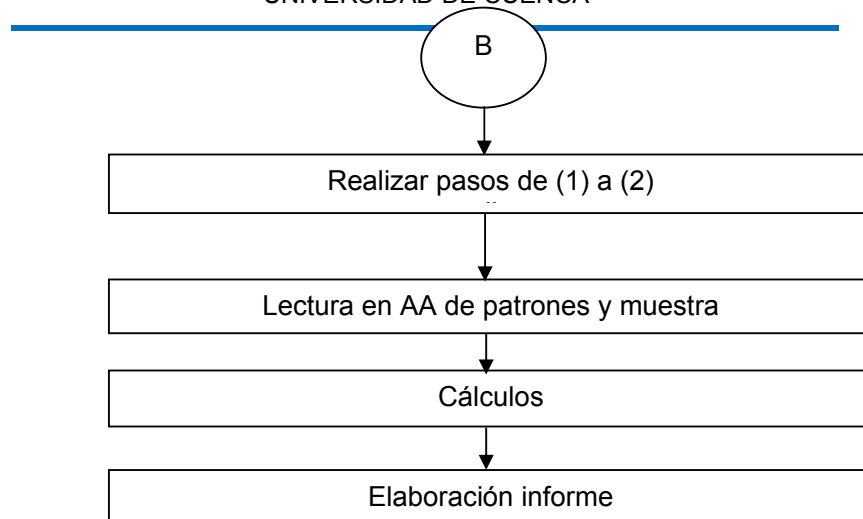




DETERMINACIÓN DE ORO EN MINERALES EXTRACCION CON DIBK

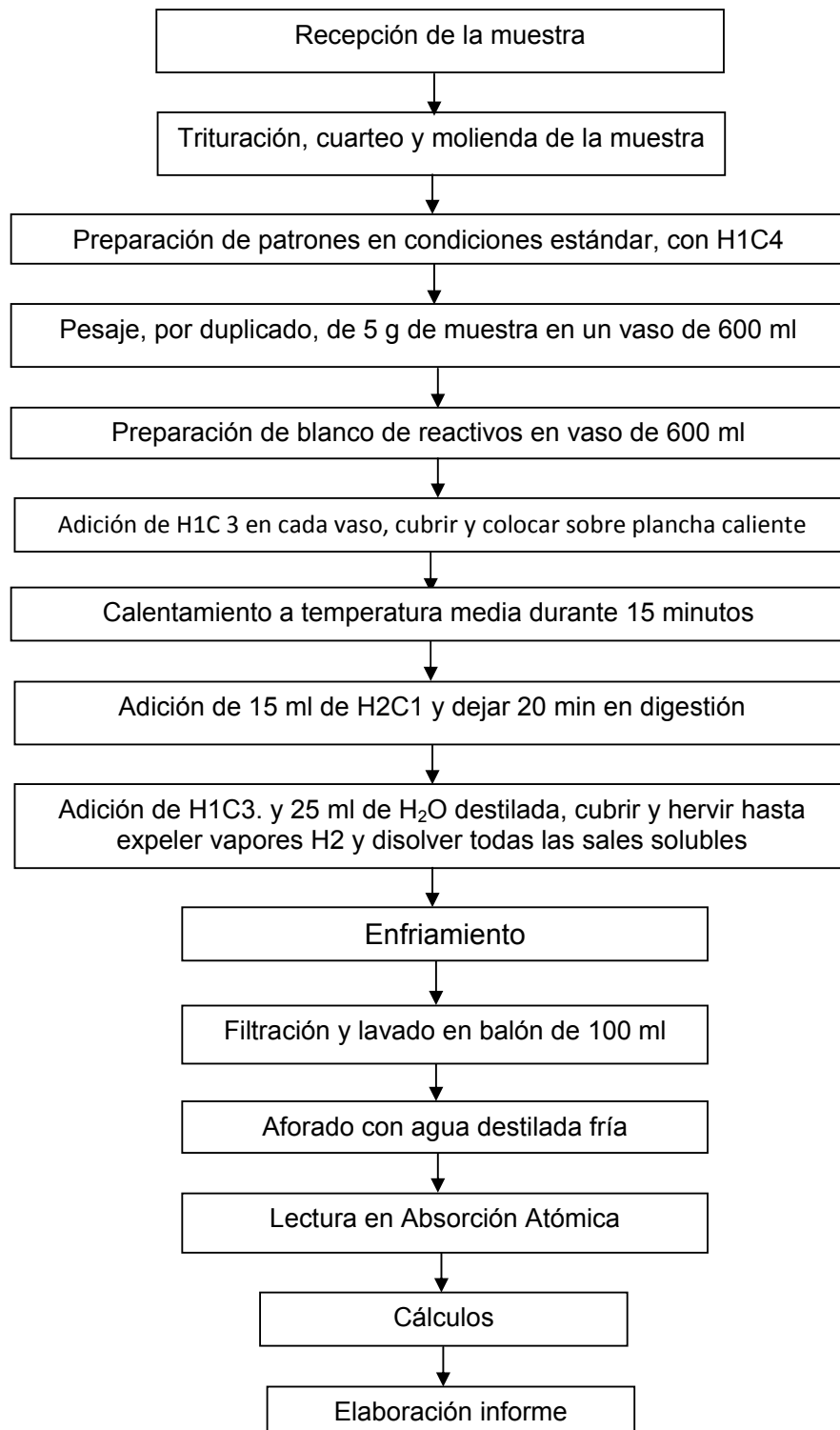






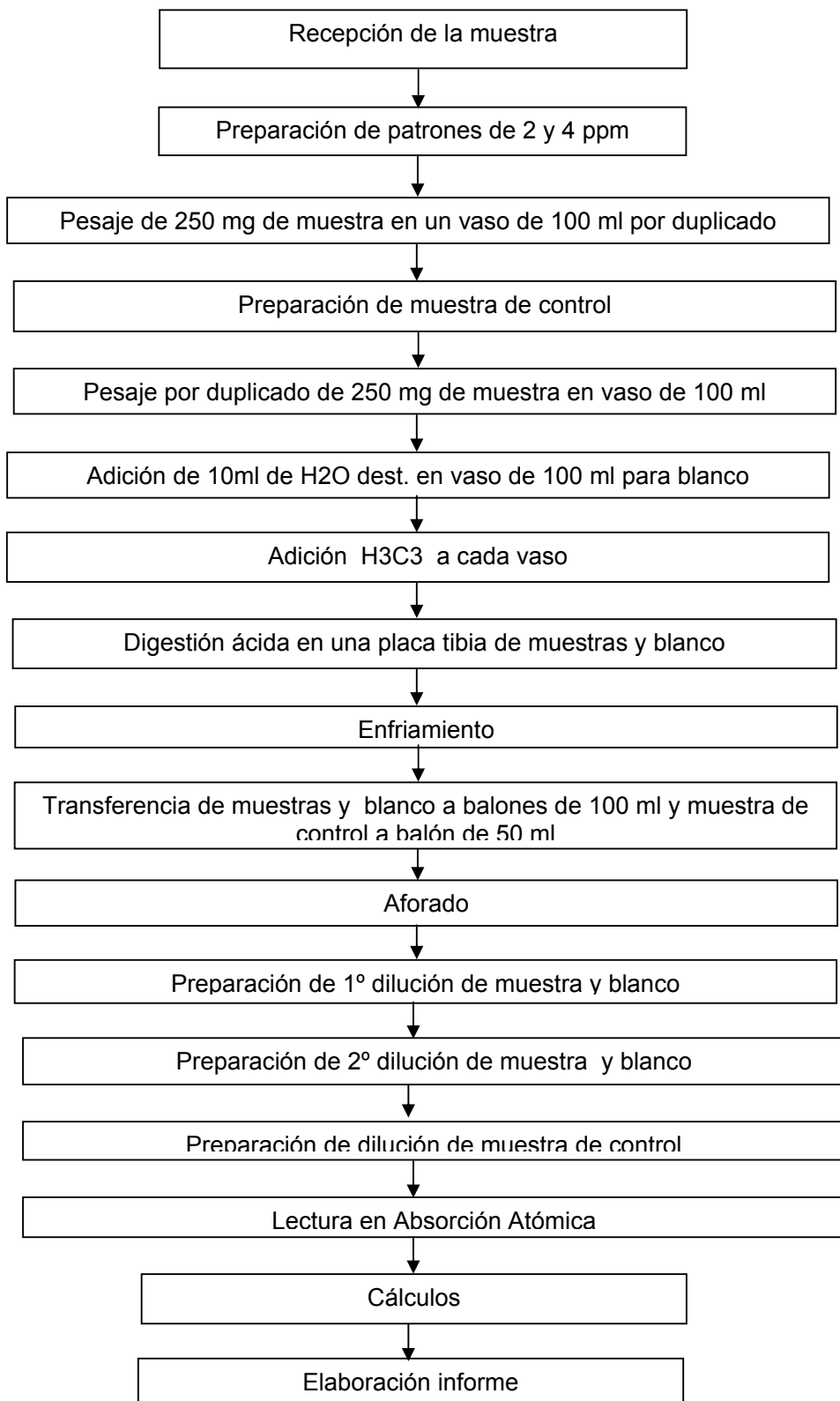


DETERMINACIÓN DE METALES BASE EN MINERALES (METODO DE PERKIN-ELMER)



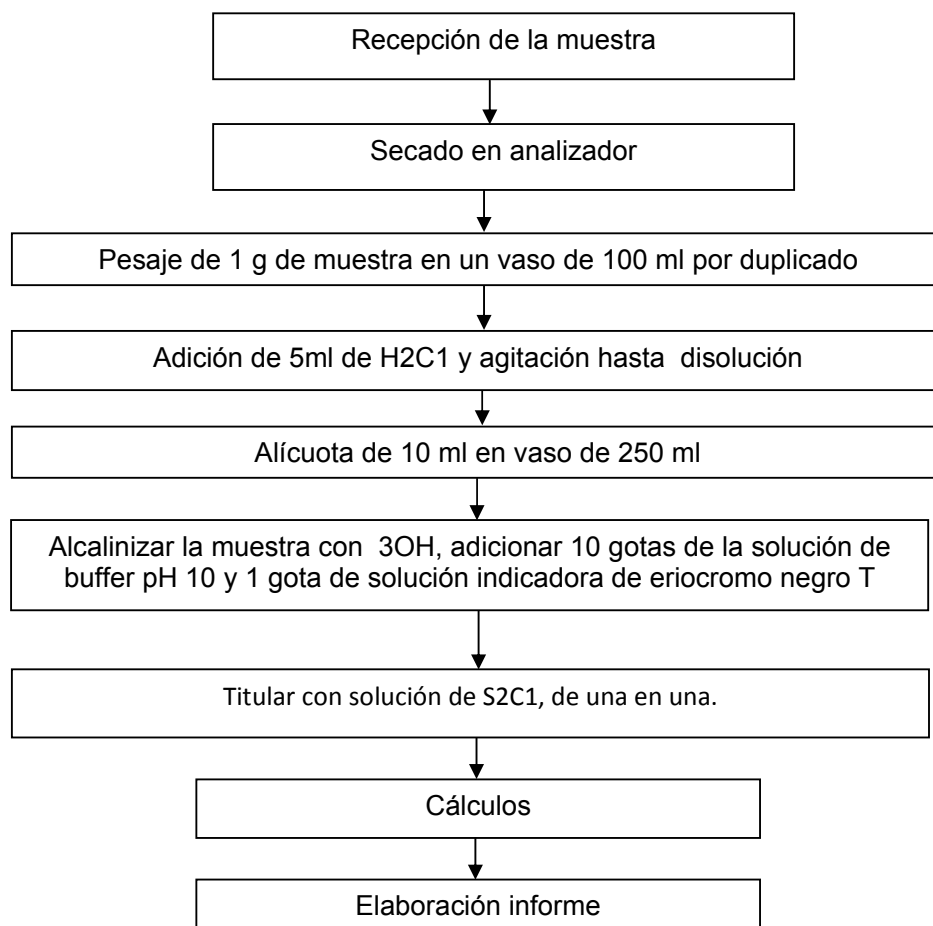


DETERMINACIÓN DE PLATA Y COBRE EN ALEACIONES



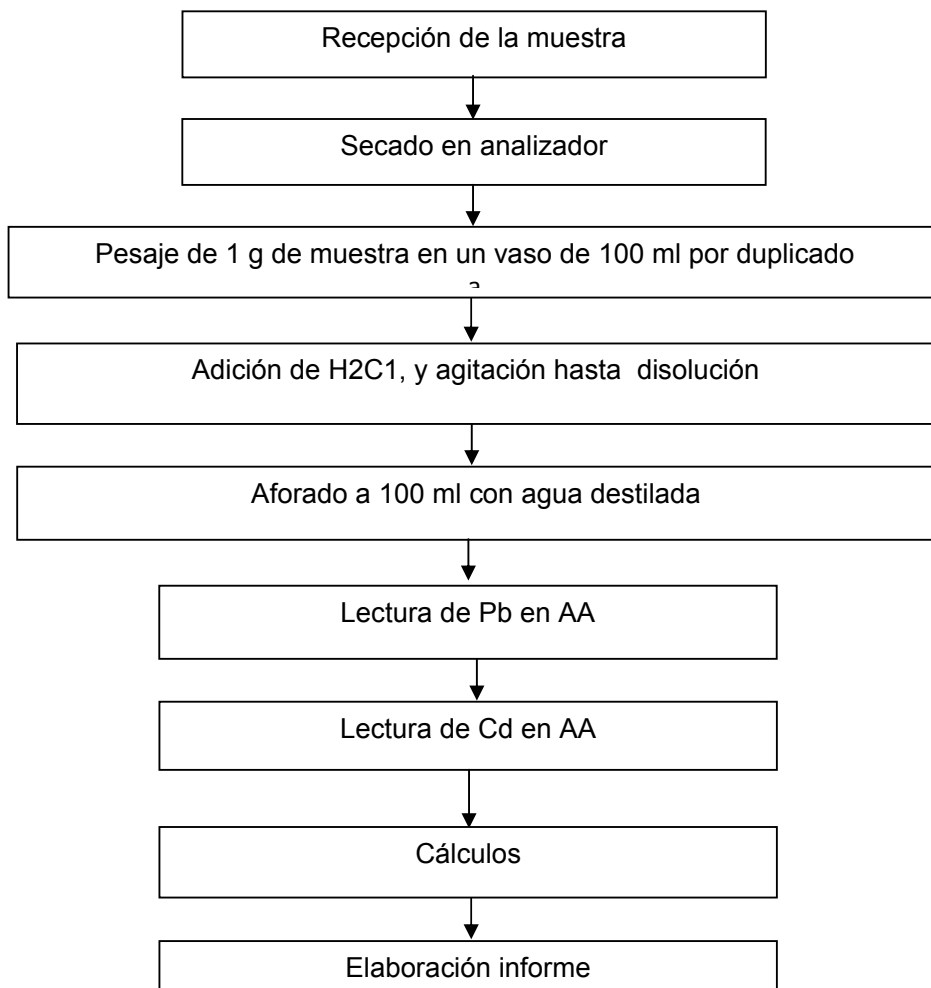


DETERMINACIÓN DE RIQUEZA EN ÓXIDO DE ZINC



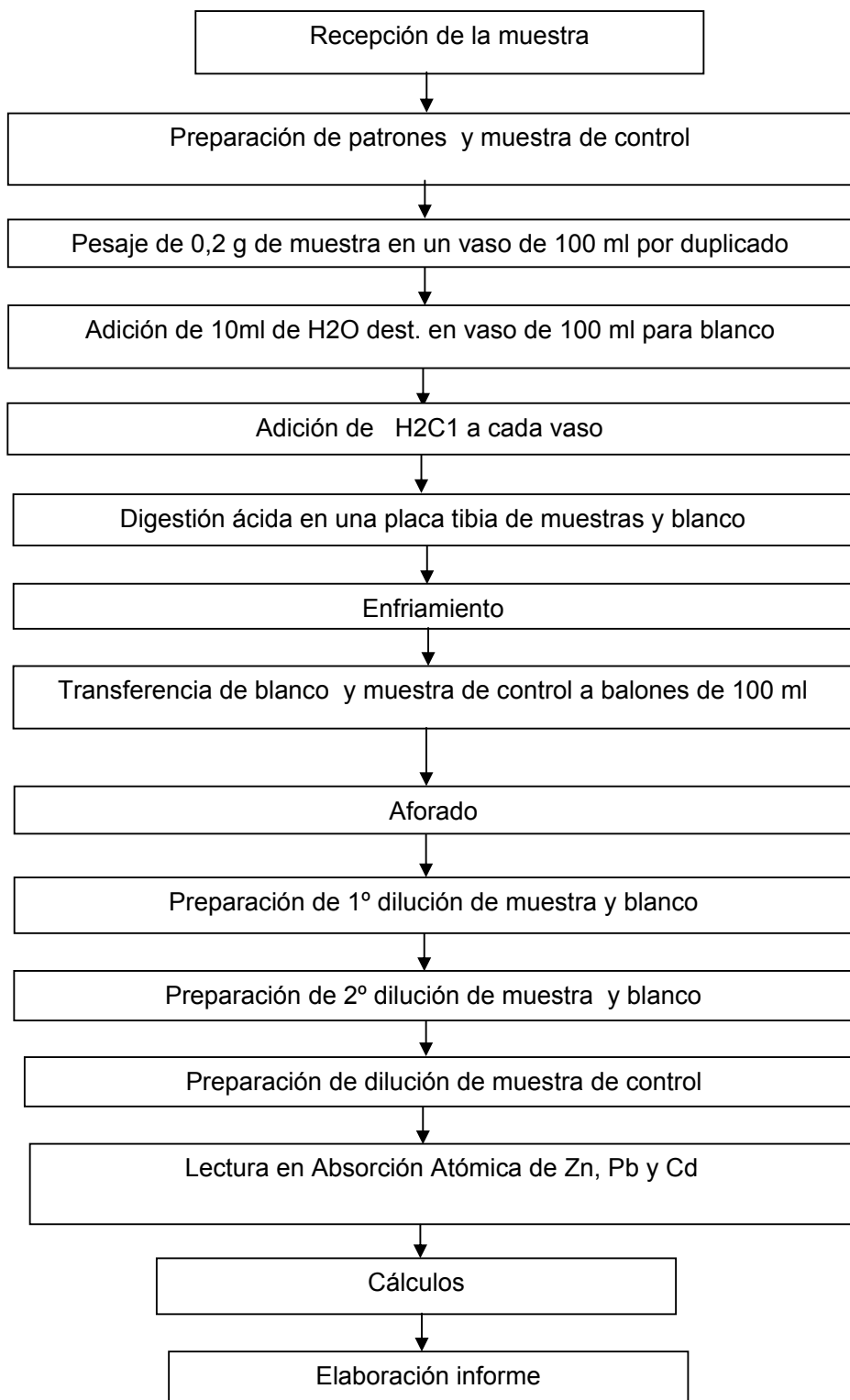


DETERMINACIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN ÓXIDO DE ZINC



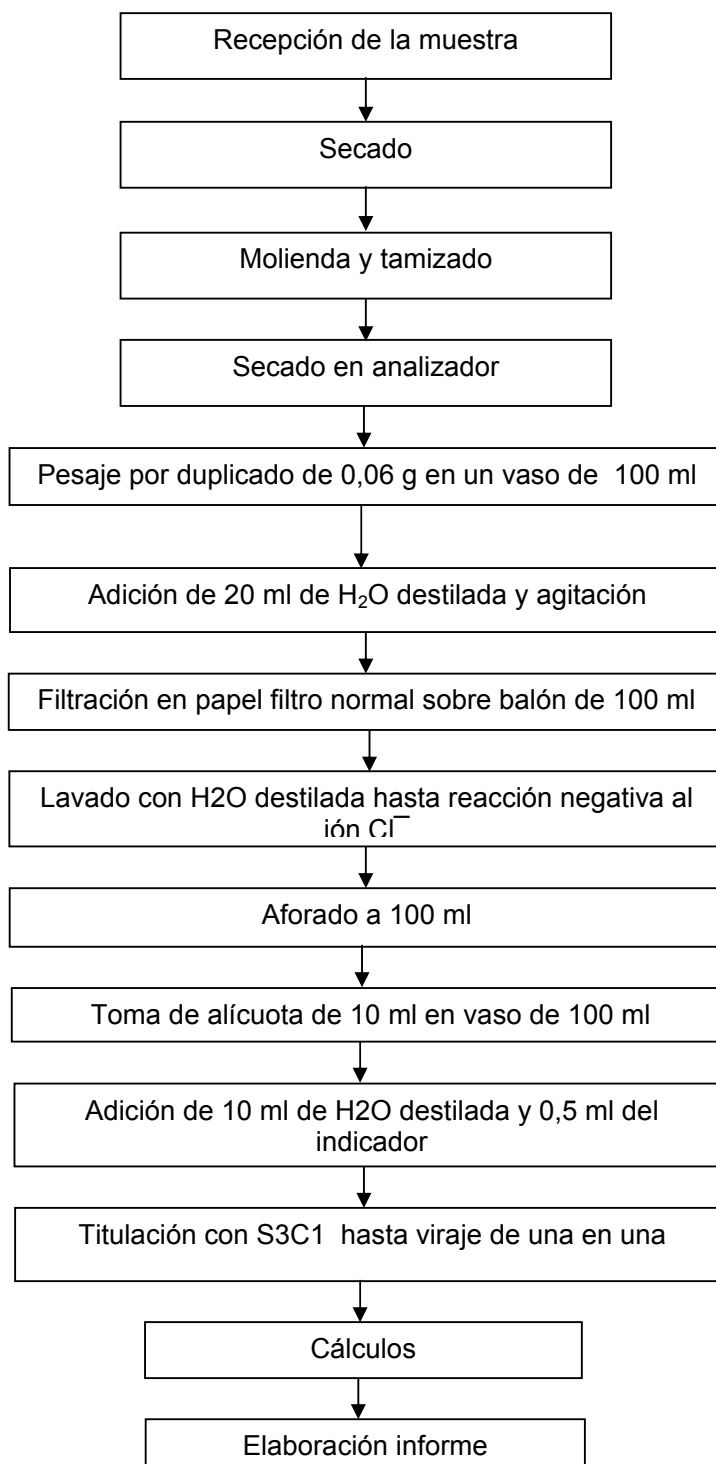


DETERMINACIÓN DE METALES EN ALEACIONES DE ZINC



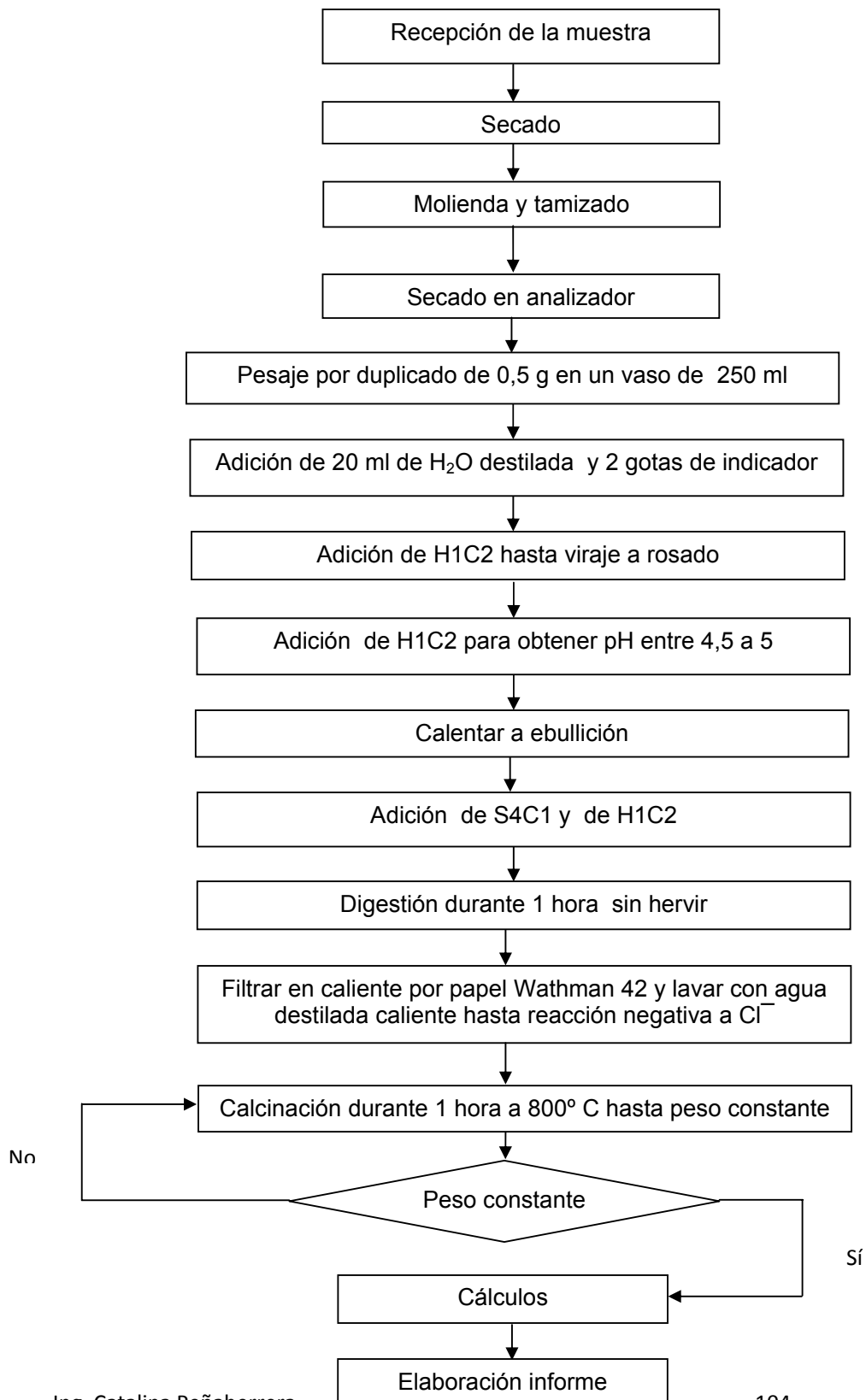


DETERMINACIÓN DE CLORUROS



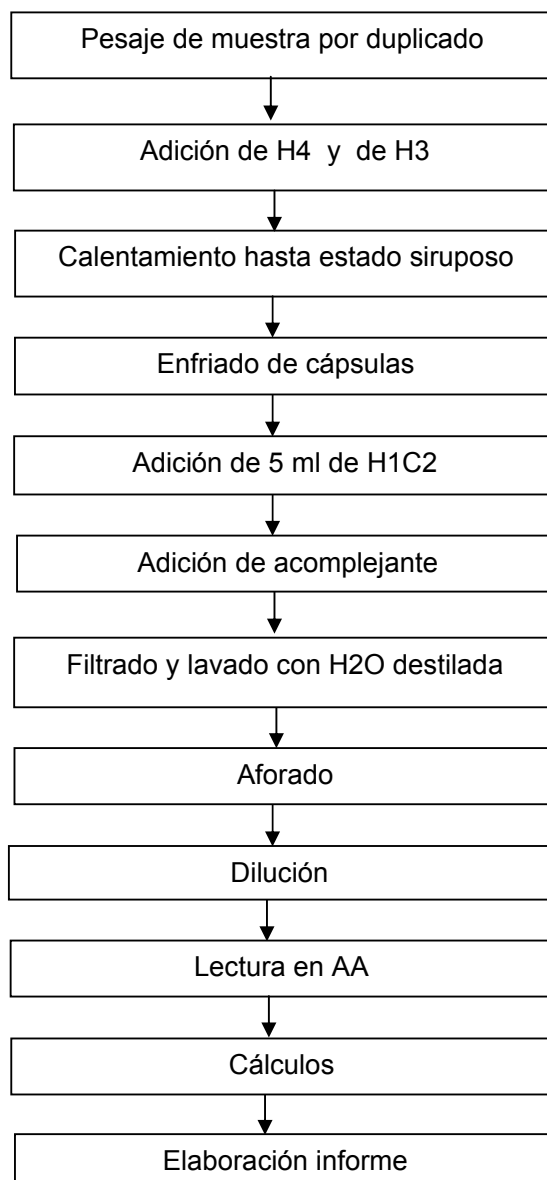


DETERMINACIÓN DE SULFATOS – METODO GRAVIMETRICO



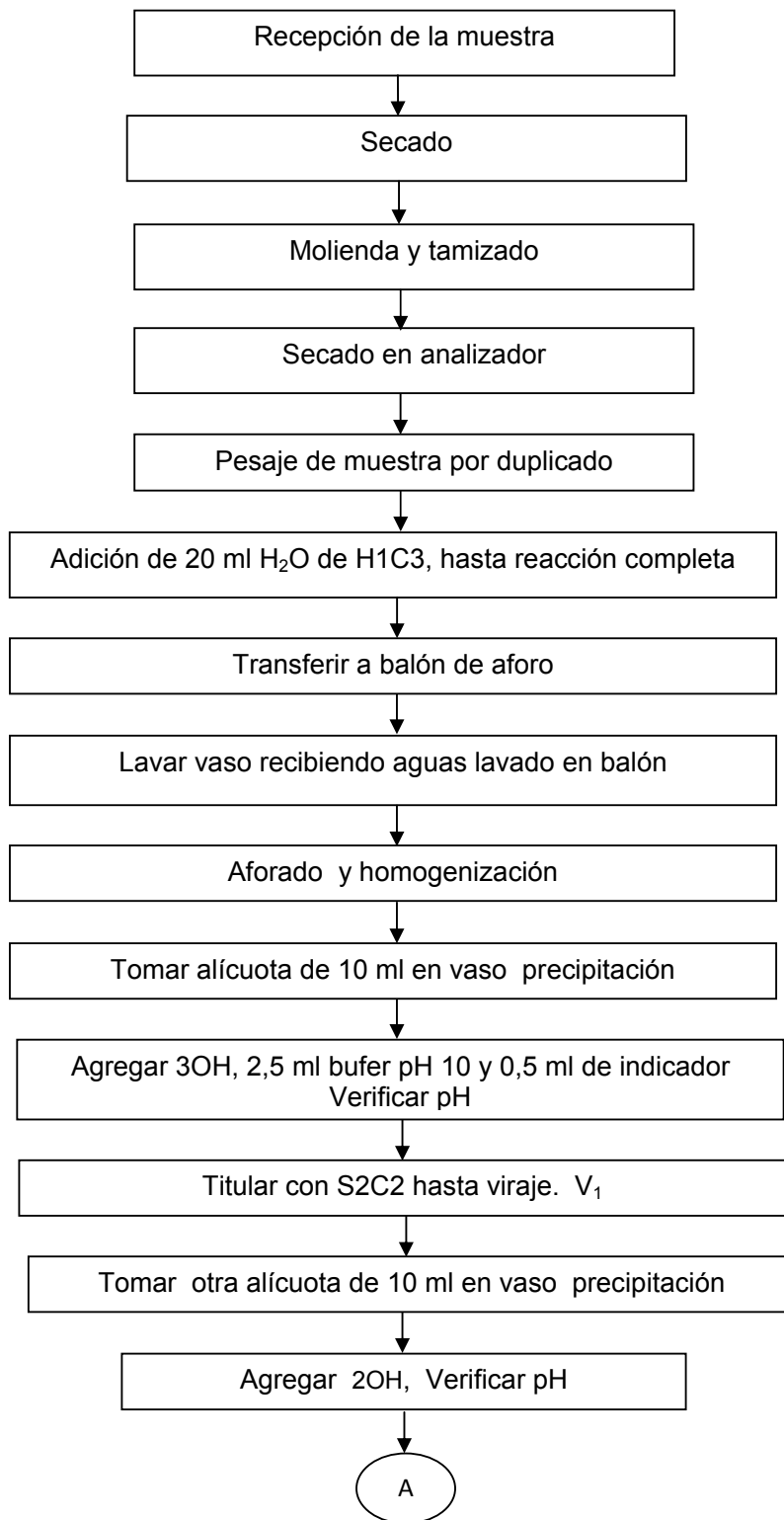


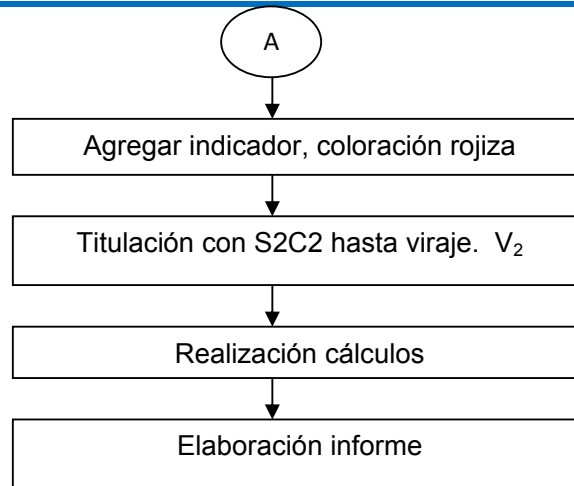
DETERMINACIÓN DE SODIO Y POTASIO





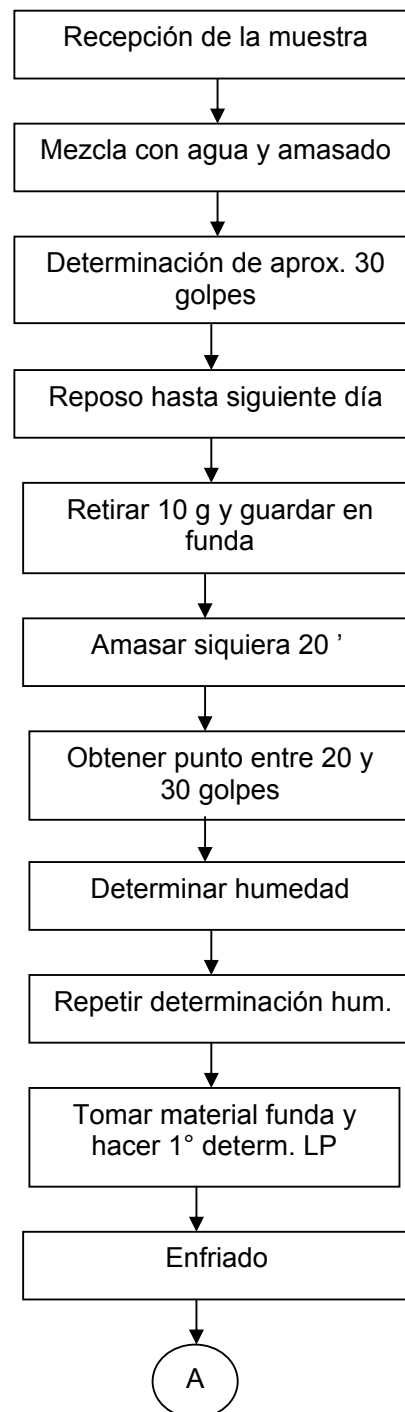
DETERMINACIÓN DE RIQUEZA DE CARBONATOS

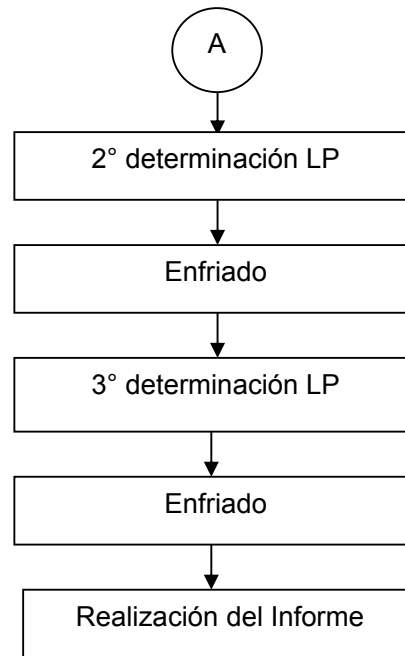






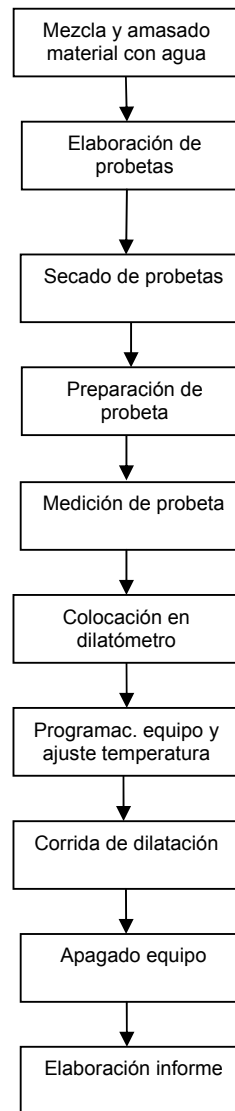
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD





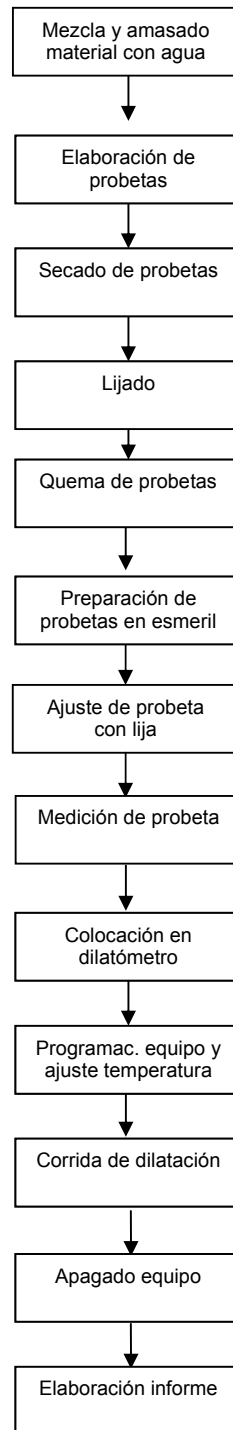


DILATACION TERMICA CON PROBETAS SIN QUEMAR



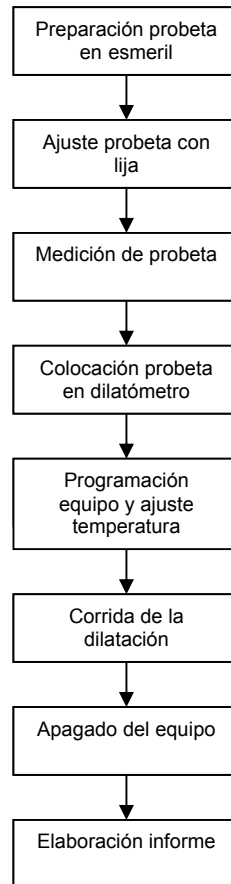


COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA CON PROBETAS SIN QUEMAR



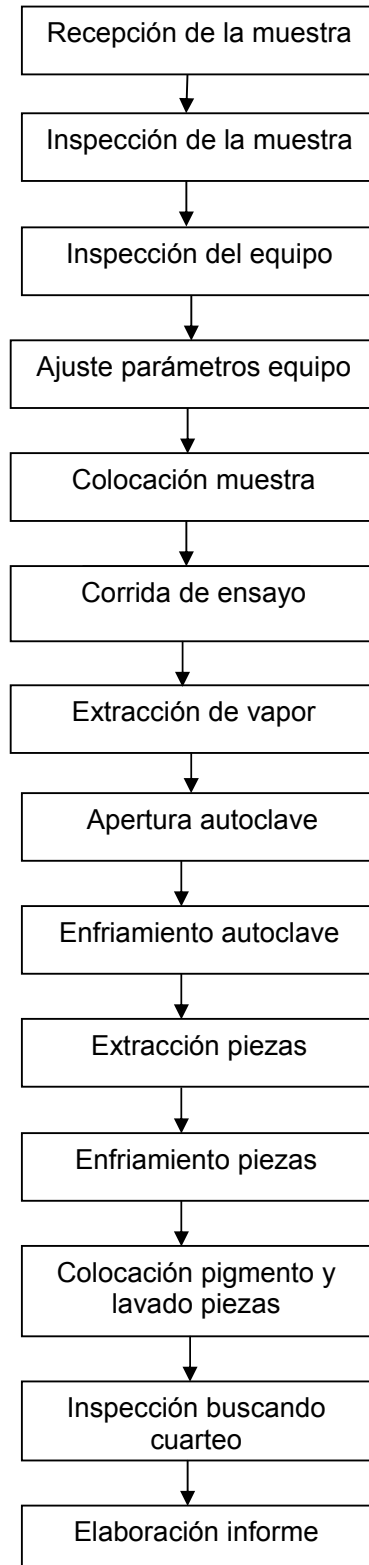


COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA CON PROBETAS QUEMADAS



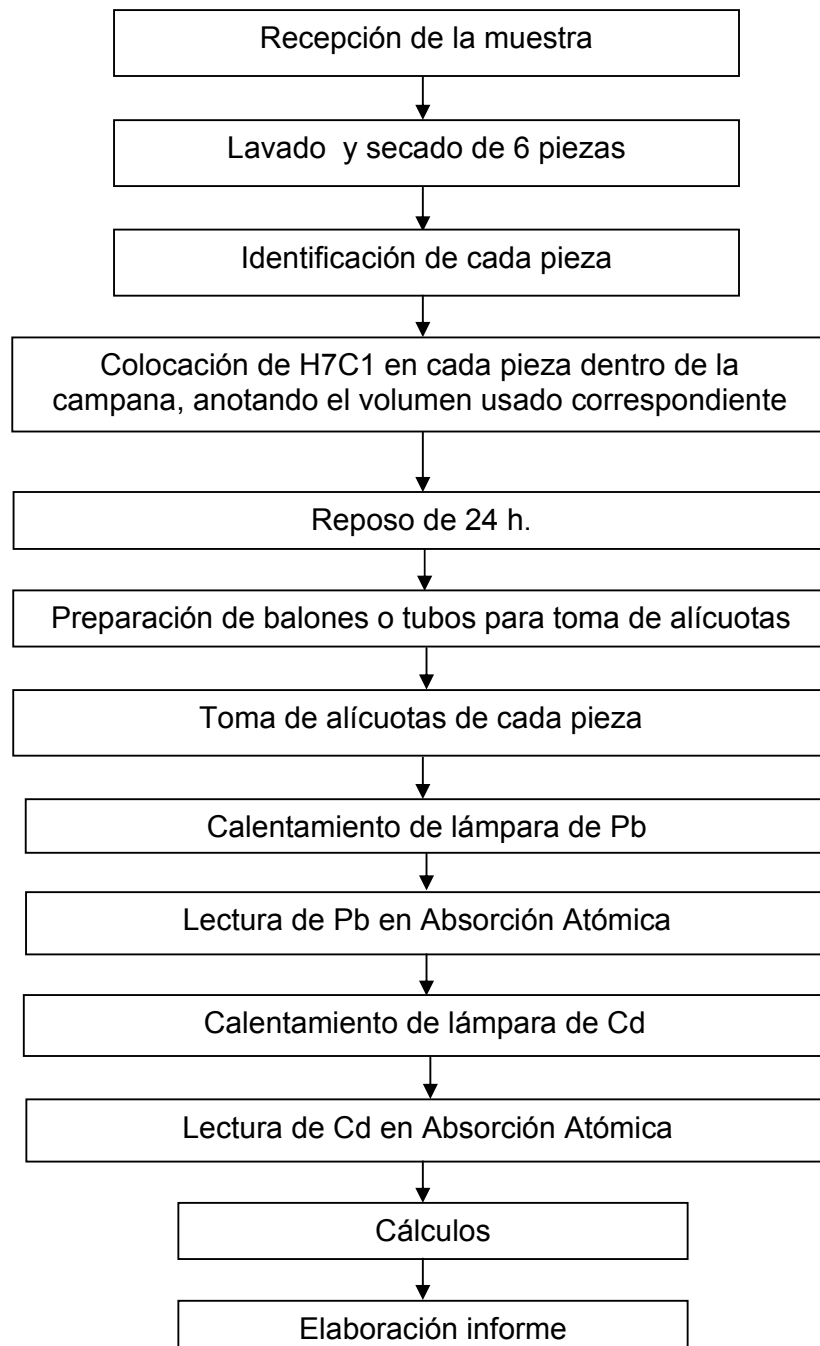


**RESISTENCIA AL CUARTEADO DE ESMALTE EN
PIEZAS CERAMICAS VIDRIADAS POR AUTOCLAVE**



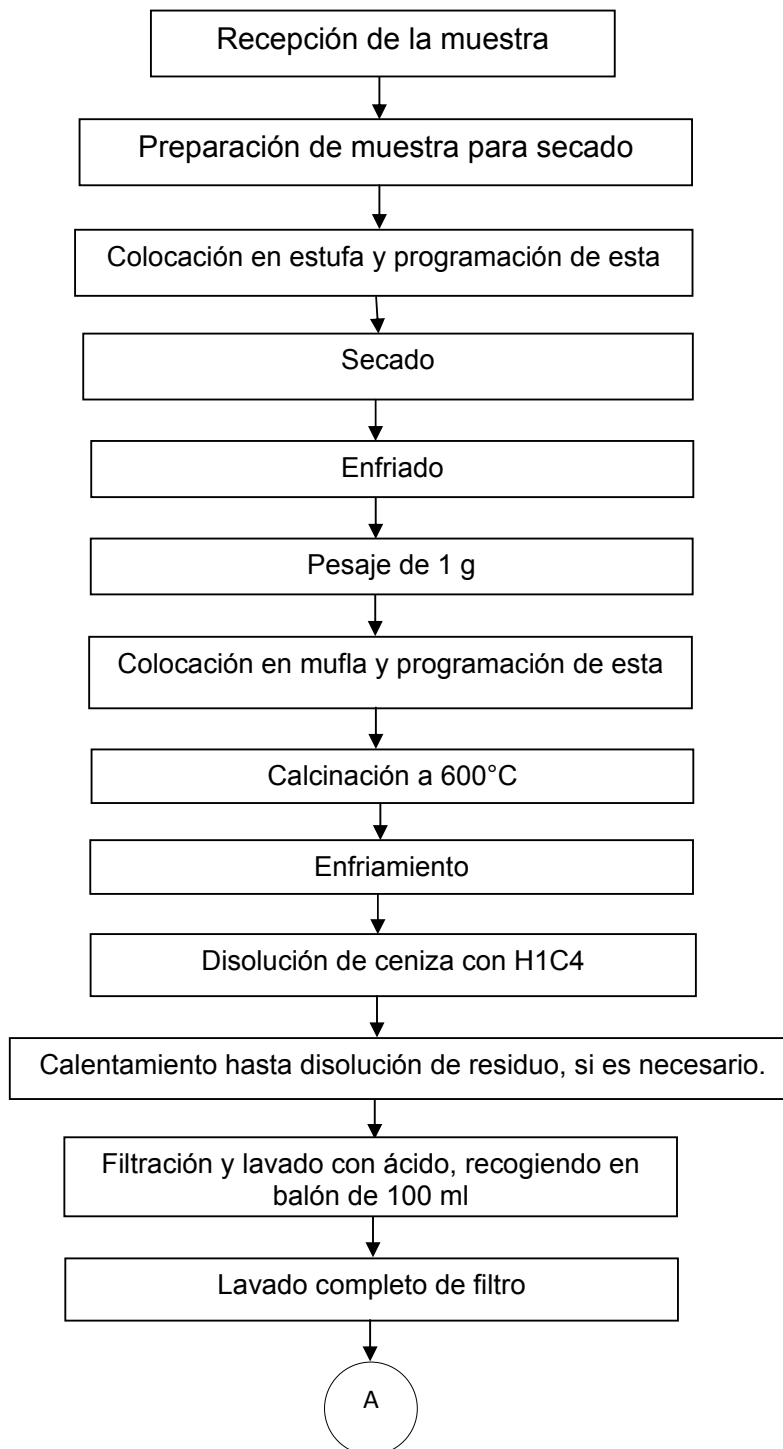


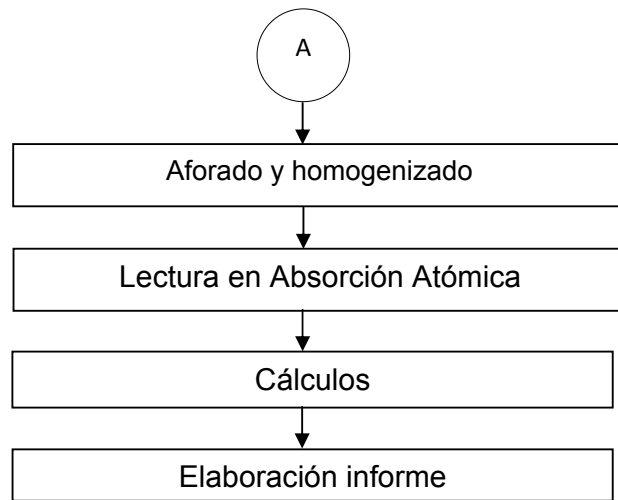
DETERMINACIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN VAJILLAS





DETERMINACIÓN DE CATIONES EN VEGETALES







ANEXO N ° 2

HOJAS DE RUTA



AGUAS

DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción de la muestra	0:04:13	0:04:13			
2	Preparación de patrón de 1 ug/ml en 1% de HCl	0:12:19	0:12:19	0:12:19	Campana de extracción	
3	Preparación de patrones de 0,01 y 0,05 ppm	0:17:21	0:17:21	0:17:21	Campana de extracción	
4	Preparación de blanco	0:02:24	0:02:24	0:02:24	Campana de extracción	
5	Preparación de muestra por triplicado	0:07:26	0:07:26	0:07:26	Campana de extracción	
6	Reposo a temperatura ambiente	1:00:00				Obligatoria 1 hora
7	Calentamiento de lámpara	0:20:00	0:02:00	0:20:00	Equipo AA 1, generación de hidruros	
8	Preparación de borohidruro de sodio	0:18:21	0:18:21	0:18:21	Campana de extracción	
9	Armado de dispositivo de generación de hidruro	0:06:19	0:06:19	0:06:19	Equipo AA 1, generación de hidruros	
10	Calibración	0:06:56	0:06:56	0:06:56	Equipo AA 1, generación de hidruros	
11	Toma de 10 ml de muestra y colocación en frasco de reacción	0:06:48	0:06:48	0:06:48	Equipo AA 1, generación de hidruros	
12	Purga de 20 seg.				Equipo AA 1, generación de hidruros	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

13	Presión conjunta de botones de inmersión y lectura				Equipo AA 1, generación de hidruros	
14	Registro de Datos	0:00:45	0:00:45	0:00:45	Equipo AA 1, generación de hidruros	Sí luego de este paso.
15	Cálculos	0:09:06	0:09:06	0:09:06		
16	Elaboración Informe	0:03:28	0:03:28	0:03:28		



DETERMINACIÓN DE MERCURIO EN AGUAS						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		TIEMPO RECURSOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción de la muestra	0:04:13	0:04:13			
2	Colocación de lámpara y calentamiento de lámpara	0:02:59	0:02:59	0:02:59	Equipo AA 1	
3	Preparación de 100 ml de patrón 1ug/ml HH ₂ C ₂	0:09:46	0:09:46	0:09:46	Campana de extracción	
4	Preparación de solución A a partir de la anterior	0:06:55	0:06:55	0:06:55	Campana de extracción	
5	Preparación de patrones 1 y 2 a partir de la solución A	0:10:07	0:10:07	0:10:07	Campana de extracción	
6	Preparación de blanco	0:10:07	0:10:07	0:10:07	Campana de extracción	
7	Armado equipo de GH	0:07:20	0:07:20	0:07:20	Equipo AA 1, generación de hidruros	
8	Calibración de equipo con los patrones	0:10:25	0:10:25	0:10:25	Equipo AA 1, generación de hidruros	
9	Colocación de 10ml de muestra en 3 frascos de reacción	0:12:53	0:12:53			
10	Adición de 1 ml de H ₂ C ₂ y de H ₅ C ₁					
11	Adición de solución de KMnO ₄ gota a gota hasta que se mantenga color violeta.	0:07:49	0:07:49			
12	Reposo	0:01:29				
13	Lectura de patrón 1 como muestra y de	0:04:16	0:04:16	0:04:16	Equipo AA 1, generación de	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	muestras				hidruros	
14	Desarmado de equipo	0:09:55	0:09:55	0:09:55	Equipo AA 1, generación de hidruros	Sí luego de este paso.
15	Cálculos	0:09:06	0:09:06	0:09:06	Computadora	
16	Elaboración de informe	0:03:28	0:03:28	0:03:28	Computadora	

DETERMINACIÓN DE METALES EN AGUAS						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		TIEMPO RECURSOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción de la muestra	0:04:13	0:04:13			
2	Agitación de la muestra	0:01:07	0:01:07			
3	Medición de 100ml y poner en vaso de precipitación	0:08:11	0:08:11	0:08:11	Campana de extracción	
4	Adición de H ₂ C ₁	0:01:43	0:01:43	0:01:43	Campana de extracción	
5	Evaporación hasta 15 o 20 ml evitando ebullición	3:41:56	3:41:56	3:41:56	Campana de extracción, plato calentador	Sí, después de este paso
6	Enfriamiento	0:05:57		0:05:57	Campana de extracción	
7	Adición de H ₅ C ₁ , cubierta con luna	0:02:11	0:02:11	0:02:11	Campana de extracción, plato calentador	
8	Calentamiento para obtener reflujo				Campana de extracción	
9	Calentamiento hasta completar digestión y obtener líquido incoloro o amarillento	0:30:00	0:15:00	0:30:00	Campana de extracción, plato calentador	
10	Enfriamiento	0:08:55		0:08:55	Campana de extracción	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

11	Adición de 1-2ml de H ₂ C ₁ , calentamiento para disolución de residuos	0:22:19	0:17:00	0:22:19	Campana de extracción, plato calentador	
12	Enfriamiento	0:05:57		0:05:57	Campana de extracción	
13	Lavado de paredes vaso y filtración en caso necesario	0:12:46	0:12:46	0:12:46	Campana de extracción	Sí, después de este paso
14	Transferencia a balón y aforado				Campana de extracción	
15	Dilución	0:14:50	0:14:50			
16	Prendido de equipo, abertura de gases, calibración equipo, colocación de lámpara.	0:07:56	0:07:56	0:07:56	Equipo AA1 o AA4	
17	Calentamiento de lámpara.	0:20:00		0:20:00	Equipo AA1 o AA4	
18	Calibración Patrones y lectura de Fe.	0:18:28	0:18:28	0:18:28	Equipo AA1 o AA4	Sí luego de este paso
19	Calibración Patrones y lectura de Mg.	0:11:21	0:11:21	0:11:21	Equipo AA1 o AA4	
20	Calibración Patrones y lectura de Ca.	0:24:01	0:24:01	0:24:01	Equipo AA1 o AA4	Sí después de este paso
21	Cambio de boquilla	0:01:14	0:01:14	0:01:14	Equipo AA1 o AA4	
22	Calibración equipo, colocación de lámpara de K.	0:04:58	0:04:58	0:04:58	Equipo AA1 o AA4	
23	Calentamiento de lámpara K.	0:20:00		0:20:00	Equipo AA1 o AA4	
24	Calibración Patrones y lectura de K	0:08:15	0:08:15	0:08:15	Equipo AA1 o AA4	
25	Calentamiento de lámpara Na.	0:20:00		0:20:00	Equipo AA1 o AA4	
26	Calibración Patrones y lectura de Na	0:04:56	0:04:56	0:04:56	Equipo AA1 o AA4	Sí después de este



UNIVERSIDAD DE CUENCA

						paso.
27	Calentamiento de lámpara Pb.	0:20:00		0:20:00	Equipo AA1 o AA4	
28	Calibración Patrones y lectura de Pb	0:11:33	0:11:33	0:11:33	Equipo AA1 o AA4	Sí luego de este paso
29	Cálculos	0:09:06	0:09:06	0:09:06	Computadora	
30	Elaboración informe	0:03:28	0:03:28	0:03:28	Computadora	



MINERALES METÁLICOS

DETERMINACIÓN DE ORO EN MINERALES, EXTRACCIÓN CON DIBK						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción de la muestra	0:04:13	0:04:13			
2	Secado	3:00:00	0:10:00	3:00:00	Estufa	
3	Molienda, cuarteado y tamizado *	1:19:37	1:19:37	1:19:37	Molino de mandíbulas y/o martillos, cuarteador de Jones, tamiz	Sí luego de este paso
4	Secado en analizador	0:32:00	0:02:00	0:32:00	Analizador de humedad	
5	Pesaje por triplicado de 5 g en un vaso de 250ml	0:17:48	0:17:48	0:17:48	Balanza analítica	
6	Adición de 10 ml de agua destilada y 15 ml de H ₁ C ₃	0:22:51	0:22:51	0:22:51	Campana de extracción	
7	Calentamiento moderado	0:30:00	0:10:00	0:30:00	Campana de extracción, plato calentador	
8	Retiro y enfriado	0:13:23	0:03:00	0:13:23	Campana de extracción	
9	Adición de H ₁ C ₃	0:10:32	0:10:32	0:10:32	Campana de extracción	
10	Calentamiento moderado	1:00:00	0:15:00	1:00:00	Campana de extracción, plato calentador	
11	Enfriamiento	0:07:38		0:07:38	Campana de extracción	
12	Filtración y aforo en un balón de	1:59:57	1:59:57	1:59:57	Campana de extracción	Sí luego de este



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	100ml					paso hasta el día siguiente.
13	Adición de 20 ml agua destilada en embudo de separación	0:01:56	0:01:56	0:01:56	Campana de extracción	
14	Adición de 50 ml de solución filtrada	0:22:41	0:22:41	0:22:41	Campana de extracción	
15	(1) Adición de h6C1	0:02:48	0:02:48	0:02:48	Campana de extracción	
16	Adición de 10 gotas de fenolftaleína al alcohol	0:52:04	0:52:04	0:52:04	Campana de extracción	
17	Colocación de 1OHC2 en bureta	0:03:58	0:03:58	0:03:58	Campana de extracción	
18	Vertido gota a gota de 1OH en embudo hasta cambio de amarillo a fucsia	0:08:33	0:08:33	0:08:33	Campana de extracción	
19	Adición de S1C1	0:01:22	0:01:22	0:01:22	Campana de extracción	
20	Adición de 15 ml de DIBK al 10 % de aliquat	0:07:02	0:07:02	0:07:02	Campana de extracción	
21	Agitar energéticamente por 3 min y liberar la presión lentamente	0:15:00	0:15:00	0:15:00	Campana de extracción	
22	Reposo hasta separación de fase acuosa de la orgánica				Campana de extracción	
23	Descarte de fase acuosa	0:08:11	0:08:11	0:08:11	Campana de extracción	
24	(2) Recepción de fase orgánica en tubo de ensayo				Campana de extracción	
25	Preparación de patrones de 20 PPM: Colocando en un embudo 20 ml de agua destilada y 5 ml de H1C3	0:01:20	0:01:20	0:01:20	Campana de extracción	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

26	Preparación de patrones de 40 PPM: Colocando en un embudo 20 ml de agua destilada y 5 ml de H1C3				Campana de extracción	
27	Adición de 3ml de solución de 100 ppm de Au	0:01:29	0:01:29	0:01:29	Campana de extracción	
28	Adición de 6ml de solución de 100 ppm de Au				Campana de extracción	
29	Lectura en AA de patrones y muestra	0:28:16	0:28:16	0:28:16	Equipo AA1	Sí luego de este paso
30	Cálculos	0:04:19	0:04:19	0:04:19	Computadora	
31	Elaboración de informe	0:07:49	0:07:49	0:07:49	Computadora	



DETERMINACIÓN DE METALES BASE EN MINERALES						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción de la muestra	0:04:13	0:04:13			
2	Trituración, cuarteo y molienda de la muestra *	1:18:40	1:18:40	1:18:40	Molino de martillos, mortero o pulverizador, cuarteador de Jones, tamiz	Sí luego de este paso
3	Preparación de patrones en condiciones estándar, con 2,5 ml de H1C4	0:18:36	0:18:36	0:18:36	Campana de extracción	
4	Pesaje por duplicado de 5 g de muestra en un vaso de 600 ml	0:16:22	0:16:22	0:16:22	Balanza analítica	
5	Preparación de blanco de reactivos en vaso de 600 ml	0:07:49	0:07:49	0:07:49	Campana de extracción	
6	Adición de 25 ml de H1C3. en cada vaso, cubrir y colocar sobre plancha caliente	0:06:25	0:06:25	0:06:25	Campana de extracción	
7	Calentar durante 15 minutos a temperatura media	0:15:00	0:05:00	0:15:00	Campana de extracción, plato calentador	
8	Enfriado	0:05:00		0:05:00	Campana de extracción	
9	Adición de H2C1	0:05:48	0:05:48	0:05:48	Campana de extracción	
10	Dejar en digestión	0:20:00	0:03:00	0:20:00	Campana de extracción, plato calentador	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

11	Adición de H ₁ C ₃ y 25 ml de H ₂ O destilada, cubrir y hervir	0:06:12	0:06:12	0:06:12	Campana de extracción	
12	Dejar en digestión hasta expeler vapores de H ₂ y disolver todas las sales solubles	2:00:00	0:10:00	2:00:00	Campana de extracción, plato calentador	
13	Sacar y enfriar	0:19:20	0:03:00	0:19:20	Campana de extracción	Sí luego de este paso
14	Filtración y lavado en balón de 100 ml	4:05:45	2:30:00	4:05:45	Campana de extracción	
15	Aforado con agua destilada fría	0:00:59	0:00:59	0:00:59		Sí luego de este paso
16	Lectura en Absorción atómica (Calibración y Lectura)	1:16:02	1:16:02	1:16:02	Equipo AA1	Sí luego de este paso.
17	Cálculos	0:09:06	0:09:06	0:09:06	Computadora	
18	Elaboración informe	0:03:28	0:03:28	0:03:28	Computadora	



DETERMINACIÓN DE PLATA Y COBRE Y OTROS METALES EN ALEACIONES						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción de la muestra	0:04:13	0:04:13			
2	Preparación de patrones de 2 y 4 ppm	0:07:07	0:07:07	0:07:07	Campana de extracción	
3	Pesaje de 250 mg de muestra en un vaso de 100 ml por duplicado	0:05:05	0:05:05	0:05:05	Balanza analítica	
4	Preparación de muestra de control	0:04:32	0:04:32	0:04:32	Campana de extracción	
5	Adición de 10 ml de agua destilada en vaso de 100 ml para blanco	0:00:52	0:00:52	0:00:52	Campana de extracción	
6	Adición de 10 ml de H ₂ C ₃ a cada vaso	0:05:06	0:05:06	0:05:06	Campana de extracción	
7	Digestión ácida en una placa caliente de muestras y blanco.	0:11:54	0:05:00	0:11:54	Campana de extracción, plato calentador	
8	Enfriamiento	0:02:59		0:02:59	Campana de extracción	
9	Transferencia de muestras y blanco a balones de 100 ml y muestra de control a balón de 50 ml	0:22:25	0:22:25	0:22:25	Campana de extracción	
10	Aforado y homogenizado					
11	Preparación de 1° dilución de muestra y blanco	0:32:17	0:32:17	0:32:17	Campana de extracción	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

12	Preparación de 2° dilución de muestra y blanco				Campana de extracción	
13	Preparación de dilución de muestra y blanco				Campana de extracción	Sí, luego de este paso
14	Lectura en Absorción Atómica	0:49:50	0:49:50	0:49:50	Equipo AA1 o AA4	
15	Cálculos	0:09:06	0:09:06	0:09:06	Computadora	
16	Elaboración Informe	0:03:28	0:03:28	0:03:28	Computadora	

DETERMINACIÓN DE RIQUEZA DE ÓXIDO DE ZINC						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción de la muestra	0:04:13	0:04:13			
2	Secado en analizador	0:32:00	0:05:00	0:32:00	Analizador de humedad	
3	Pesaje por duplicado de 1 g en un vaso de 100ml	0:03:55	0:03:55	0:03:55	Balanza analítica	
4	Adición de H ₂ C1 y agitar hasta disolución	0:01:41	0:01:41	0:01:41	Campana de extracción	
5	Toma de alícuota de 10ml en vaso de 250ml	0:02:17	0:02:17	0:02:17	Campana de extracción	
6	Adición de 10 ml de agua destilada y el indicador K ₂ CrO ₄ .	0:01:26	0:01:26	0:01:26	Campana de extracción	
7	Alcalinizar la muestra con 3OH, adicionar 10 gotas de la solución	0:02:03	0:02:03	0:02:03	Campana de extracción	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	de buffer pH 10 y 1 gota de indicador					
8	Titular con solución de S2C1 valorada, de una en una	0:01:54	0:01:54	0:01:54	Campana de extracción	Sí después de este paso.
9	Cálculos	0:09:06	0:09:06	0:09:06	Computadora	
10	Elaboración de informe.	0:03:28	0:03:28	0:03:28	Computadora	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

DETERMINACIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN ÓXIDO DE ZINC						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción de la muestra	0:04:13	0:04:13			
2	Secado en analizador	0:32:00	0:05:00	0:32:00	Analizador de humedad	
3	Pesaje por duplicado de 1 g en un vaso de 100ml	0:03:55	0:03:55	0:03:55	Balanza analítica	
4	Adición de H ₂ C ₁ y calentar ligeramente hasta disolución	0:17:30	0:17:30	0:17:30	Campana de extracción, plato calentador	
5	Aforo a 100 ml con agua destilada	0:00:59	0:00:59	0:00:59		Sí, luego de este paso.
6	Lectura de plomo en equipo de Absorción Atómica	0:34:32	0:16:32	0:34:32	Equipo AA1 o AA4	
7	Lectura de cadmio en equipo de Absorción Atómica	0:33:58	0:16:32	0:33:58	Equipo AA1 o AA4	Sí después de este paso.
8	Cálculos	0:09:06	0:09:06	0:09:06	Computadora	
9	Elaboración de informe.	0:03:28	0:03:28	0:03:28	Computadora	



DETERMINACIÓN DE METALES EN ALEACIONES DE ZINC						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción de la muestra	0:04:13	0:04:13			
2	Preparación de patrones y muestra de control	0:18:36	0:18:36	0:18:36	Campana de extracción, balanza analítica	
3	Pesaje de 0,2 g de muestra en un vaso de 250 ml por duplicado	0:05:05	0:05:05	0:05:05	Balanza analítica	
4	Adición de 10 ml de agua destilada en vaso de 100 ml para blanco	0:00:52	0:00:52	0:00:52	Campana de extracción	
5	Adición de H ₂ C ₁ a cada vaso	0:06:06	0:06:06	0:06:06	Campana de extracción	
6	Digestión ácida en una placa caliente de muestras y blanco hasta disolución total.	0:11:54	0:11:54	0:11:54	Campana de extracción, plato calentador	
7	Enfriamiento	0:02:59		0:02:59	Campana de extracción	
8	Transferencia de muestras y blanco a balones de 100 ml	0:22:25	0:22:25	0:22:25	Campana de extracción	
9	Aforado y homogenizado					
10	Preparación de 1° dilución de muestra y blanco	0:32:17	0:32:17	0:32:17	Campana de extracción	
11	Preparación de 2° dilución de muestra y blanco				Campana de extracción	
12	Preparación de dilución de				Campana de extracción	Sí, luego de este



	muestra de control					paso
13	Lectura de zinc	0:49:50	0:18:50	0:49:50	Equipo AA1 o AA4	
14	Lectura de plomo en equipo de Absorción Atómica	0:34:32	0:15:32	0:34:32	Equipo AA1 o AA4	Sí luego de este paso
	Lectura de cadmio en equipo de Absorción Atómica	0:33:58	0:14:58	0:33:58	Equipo AA1 o AA4	Sí luego de este paso
15	Cálculos	0:09:06	0:09:06	0:09:06	Computadora	
16	Elaboración Informe	0:03:28	0:03:28	0:03:28	Computadora	

ANÁLISIS NO METÁLICOS

DETERMINACIÓN DEL CLORUROS						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RF	RF		
1	Recepción de la muestra	0:04:13	0:04:13			
2	Secado	3:00:00	0:10:00	3:00:00	Estufa	
3	Molienda y tamizado *	0:12:33	0:12:33	0:12:33	Molino de martillos, mortero y tamices	Sí luego de este paso
4	Secado en analizador	0:32:00	0:05:00	0:32:00	Analizador de humedad	
5	Pesaje por duplicado de 0.6 g en un vaso de 100ml	0:03:55	0:03:55	0:03:55	Balanza analítica	
6	Adición de 20ml de agua destilada y agitación	0:01:41	0:01:41			
7	Filtración en papel filtro normal sobre balón de 100 ml	0:02:26	0:02:26			



UNIVERSIDAD DE CUENCA

8	Lavado con agua destilada hasta reacción negativa al ión Cl	0:46:16	0:46:16			
9	Aforado a 100ml	0:00:45	0:00:45			
10	Toma de alícuota de 10ml en vaso de 100ml	0:02:17	0:02:17			
11	Adición de 10 ml de agua destilada y el indicador K ₂ CrO ₄	0:01:26	0:01:26			
12	Titulación con S ₃ C ₁ hasta viraje de una en una.	0:01:34	0:01:34			Sí luego de este paso
13	Cálculos	0:09:06	0:09:06	0:09:06	Computadora	
14	Elaboración de informe.	0:03:28	0:03:28	0:03:28	Computadora	

DETERMINACIÓN DE SULFATOS: MÉTODO GRAVIMÉTRICO						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción de la muestra	0:04:13	0:04:13			
2	Secado	3:00:00	0:10:00	3:00:00	Estufa	
3	Molienda y Tamizado *	0:19:37	0:19:37	0:19:37	Molino de martillos, mortero, tamiz	Luego de este paso si, hasta siguiente día
4	Secado en analizador	0:32:00	0:05:00	0:32:00		
5	Pesaje por duplicado de 0,5 g en un vaso de 250ml	0:02:59	0:02:59	0:02:59	Balanza analítica	
6	Adición de 20ml de agua	0:01:01	0:01:01	0:01:01	Campana de extracción	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	destilada y 2 gotas de indicador					
7	Adición de H1C2 hasta viraje de rosado	0:01:25	0:01:25	0:01:25	Campana de extracción	
8	Adición de 3ml de H1C2 para obtener pH entre 4,5 a 5	3:00:00	2:00:00	3:00:00	Campana de extracción	
9	Filtración				Campana de extracción	Sí luego de este paso
10	Calentar a ebullición	0:50:34	0:25:00	0:50:34	Campana de extracción, plato calentador	
11	Adición de 10ml de S4C1 y 0,5ml de H1C2	0:01:35	0:01:35	0:01:35	Campana de extracción	
12	Digestión sin hervir	1:00:00	0:20:00	1:00:00	Campana de extracción	
13	Filtrar en caliente por papel Wathman 42 y lavar con agua destilada caliente hasta reacción negativa a Cl	1:00:00	1:00:00	1:00:00	Campana de extracción	Luego de este paso si, hasta siguiente día.
14	Calcinación durante 1 hora a 800 °C hasta peso constante	8:52:48	3:30:00	8:52:48	Mufla, pocos minutos en cada ciclo balanza analítica	Sí luego de este paso
15	Cálculos	0:09:06	0:09:06	0:09:06	Computadora	
16	Elaboración informe	0:03:28	0:03:28	0:03:28	Computadora	



ENSAYOS TÉCNICO-CERÁMICOS

INDICE DE PLASTICIDAD						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción de la muestra.	0:04:13	0:04:13			
2	Mezcla con agua y amasado.	0:11:15	0:11:15			
3	Determinación de alrededor de 30 golpes.	0:25:47	0:25:47	0:25:47	Cuchara de plasticidad	
4	Dejar en reposo hasta el día siguiente.	24:00:00				Si, obligatoria
5	Retirar 10 g. y guardar en funda.	0:04:47	0:04:47			
6	Amasar siquiera 20'.	0:20:00	0:20:00			
7	Obtener el punto entre 20 y 30 golpes.	0:19:08	0:19:08	0:19:08	Cuchara de plasticidad	
8	Determinar humedad.	1:01:10	0:05:00	1:01:10	Analizador de humedad	
9	Repetir determinación de humedad.	0:56:54	0:05:00	0:56:54	Analizador de humedad	
10	Enfriado.	0:25:39		0:25:39	Analizador de humedad	Sí ,luego de este paso hasta siguiente día



UNIVERSIDAD DE CUENCA

11	Tomar un poco de material funda y hacer 1° determinación límite plástico.	0:23:18	0:05:00	0:19:18	Analizador de humedad	
12	Enfriado.	0:28:04		0:28:04	Analizador de humedad	
13	2° determinación de L.P.	0:21:00	0:05:00	0:17:00	Analizador de humedad	
14	Enfriado.	0:27:16		0:27:16	Analizador de humedad	
15	3° determinación de L.P.	0:21:13	0:05:00	0:17:13	Analizador de humedad	Sí luego de este paso.
16	Realización de Informe.	0:15:07	0:15:07	0:15:07	Computadora	

DILATACIÓN TÉRMICA CON PROBETAS SIN QUEMAR						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción del material.	0:04:13	0:04:13			
2	Mezcla y amasado de material con agua *	0:07:56	0:07:56			
3	Elaboración de Probetas. *	0:12:48	0:12:48			
4	Secado de probetas al ambiente.	24:00:00				Si, obligatorio
5	Secado de probetas en estufa.	1:00:00	0:05:00	1:00:00	Estufa	
6	Preparación de probeta.	0:11:39	0:11:39			Sí, luego de este paso hasta máx. 2 horas antes de acabar jornada o hasta siguiente día.
7	Encender equipo y estabilizarlo.	0:20:00	0:00:30	0:20:00	Dilatómetro	
8	Medición de probeta.	0:03:07	0:03:07			
9	Colocación en Dilatómetro.	0:02:23	0:02:23	0:02:23	Dilatómetro	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

10	Programación del equipo y ajuste de temperatura.	0:03:58	0:03:58	0:03:58	Dilatómetro	
11	Corrida de la dilatación.	1:40:00	1:40:00	1:40:00	Dilatómetro	
12	Apagado del equipo.	0:03:21	0:03:21	0:03:21	Dilatómetro	Sí luego de este paso
13	Elaboración del informe	0:10:40	0:10:40	0:10:40	Computadora	



COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA CON PREPARACIÓN DE PROBETAS						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción del material.	0:04:13	0:04:13			
2	Mezcla y amasado de material con agua *	0:07:56	0:07:56			
3	Elaboración de Probetas *	0:12:48	0:12:48			
4	Secado de probetas al ambiente.	24:00:00				Obligatorio
5	Secado de probetas en secador.	1:00:00	0:10:00	1:00:00	Estufa	
6	Lijado *	0:06:42	0:06:42			
7	Preparación de material para la quema.	0:08:48	0:08:48			
8	Preparación de horno y colocación de probetas en él.	0:07:47	0:07:47	0:07:47	Horno alta temperatura	
9	Quema de probetas.	2:40:00		2:40:00	Horno alta temperatura	
	Enfriado hasta siguiente día (mín. 14 horas)			14:00:00	Horno alta temperatura	Obligatorio porque se debe enfriar horno hasta día siguiente.
10	Revisión de probeta.	0:05:47	0:05:47			
11	Preparación de probeta en esmeril *	0:09:28	0:09:28	0:09:28	Esmeril	
12	Encender equipo y estabilizarlo.	0:20:00	0:00:30	0:09:28	Dilatómetro	Sí, luego de este paso hasta máx. 2 horas antes de acabar jornada o hasta



UNIVERSIDAD DE CUENCA

						siguiente día.
13	Ajuste de probeta con lija.	0:08:48	0:08:48			
14	Medición de probeta.	0:03:07	0:03:07			
15	Colocación de Probeta en Dilatómetro.	0:02:21	0:02:21	0:02:21	Dilatómetro	
16	Programación del equipo y ajuste de temperatura.	0:00:36	0:00:36	0:00:36	Dilatómetro	
17	Corrida de la dilatación.	1:05:54	1:05:54	1:05:54	Dilatómetro	
18	Apagado del equipo.	0:03:21	0:03:21	0:03:21	Dilatómetro	Sí luego de este paso
19	Elaboración informe	0:15:07	0:15:07	0:15:07	Computadora	
COEFICIENTE DE DILATACIÓN TERMICA CON PROBETAS QUEMADAS						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción y revisión de probeta.	0:05:47	0:05:47			
2	Preparación de probeta en esmeril.*	0:09:28	0:09:28	0:09:28	Esmeril	Sí, luego de este paso hasta máx. 2 horas antes de acabar jornada o hasta siguiente día.
3	Encender equipo y estabilizarlo.	0:20:00	0:20:00	0:20:00	Dilatómetro	
4	Ajuste de probeta con lija.	0:08:48	0:08:48			
5	Medición de probeta.	0:03:07	0:03:07			
6	Colocación de Probeta en Dilatómetro.	0:02:21	0:02:21	0:02:21	Dilatómetro	
7	Programación del equipo y ajuste	0:00:36	0:00:36	0:00:36	Dilatómetro	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

	de temperatura.					
8	Corrida de la dilatación.	1:05:54	1:05:54	1:05:54	Dilatómetro	
9	Apagado del equipo.	0:03:21	0:03:21	0:03:21	Dilatómetro	Sí luego de este paso
10	Elaboración del informe.	0:15:07	0:15:07	0:15:07	Computadora	



VAJILLAS CERÁMICAS						
DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CUARTEADO DE VIDRIOS CERÁMICOS: MÉTODO DE AUTOCLAVE						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción de la muestra.	0:04:13	0:04:13			
2	Inspección de la muestra.	0:05:27	0:05:27			
3	Inspección equipo	0:00:25	0:00:25	0:00:25		
4	Ajuste parámetros equipo.	0:04:20	0:04:20	0:04:20	Autoclave	
5	Colocación muestra.	0:03:36	0:03:36	0:03:36	Autoclave	
6	Corrida de ensayo.	0:35:25		0:35:25	Autoclave	
7	Extracción de vapor equipo.	0:22:00	0:15:00	0:22:00	Autoclave	
8	Apertura de autoclave *	0:05:57	0:05:57	0:05:57	Autoclave	
9	Enfriado	0:44:37		0:44:37	Autoclave	
10	Extracción de piezas.	0:01:29	0:01:29	0:01:29	Autoclave	
11	Enfriado de piezas.	0:44:37				
12	Colocación pigmento piezas y lavado con agua *	0:18:21	0:18:21			
13	Inspección piezas buscando cuarteo.	0:03:28	0:03:28			Sí luego de este paso
14	Elaboración informe.	0:10:40	0:10:40	0:10:40	Computadora	



VARIOS

DETERMINACIÓN DE PLOMO Y CADMIO EN VAJILLAS CERÁMICAS						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción de la muestra	0:04:13	0:04:13			
2	Lavado y secado de 6 piezas *	0:11:14	0:11:14			
3	Identificación de cada pieza	0:03:58				
4	Elaboración de Formato de toma de datos					
5	Colocación de H7C1 en cada pieza dentro de la campana, anotando el volumen usado correspondiente.	0:17:06	0:17:06	0:17:06	Campana de extracción climatizada	Luego de este paso, obligado
6					Campana de extracción climatizada	
7	Reposo	24:00:00		24:00:00	Campana de extracción climatizada	
8	Preparación de balones o tubos para toma de alícuotas	0:02:59	24:00:00			
9	Toma de alícuotas de cada pieza	0:13:57			Campana de extracción climatizada	
10	Encendido equipo, colocación lámpara de Pb	0:13:08	0:13:08	0:13:08	Equipo AA 4	
11	Calentamiento de lámpara de Pb	0:20:00	0:05:00	0:20:00	Equipo AA 4	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

12	Lectura de Pb en Absorción	0:14:32	0:14:32	0:14:32	Equipo AA 4	
13	Cambio de Lámpara	0:04:58	0:04:58	0:04:58	Equipo AA 4	
14	Calentamiento de lámpara de Cd	0:20:00		0:20:00	Equipo AA 4	
15	Lectura de Cd en Absorción	0:09:00	0:09:00	0:09:00	Equipo AA 4	Sí luego de este paso
16	Cálculos	0:09:06	0:09:06	0:09:06	Computadora	
17	Elaboración Informe	0:03:28	0:03:28	0:03:28	Computadora	



UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANÁLISIS DE VEGETALES						
N°	ACTIVIDADES	T.E.	TIEMPO RECURSOS		EQUIPOS USADOS	PAUSAS POSIBLES
			RH	RF		
1	Recepción de la muestra	0:04:13	0:04:13			
2	Preparación de muestra para secado	0:08:27	0:08:27			
3	Colocación en estufa y programación de esta.	0:00:59	0:00:59	0:00:59	Estufa	
4	Secado	2:00:00	0:05:00	2:00:00	Estufa	
5	Enfriado	0:30:00		0:30:00	Estufa	
6	Pesaje 1 g.	0:09:40	0:09:40	0:09:40	Balanza analítica	
7	Colocación en mufla y programación de esta.	0:04:20	0:04:20	0:04:20	Mufla	Obligatorio hasta siguiente día luego de este paso
8	Calcinación a 600°C	8:00:00		8:00:00	Mufla	Esta se realiza parte durante la madrugada
9	Enfriamiento	5:00:00		5:00:00	Mufla	Obligatorio hasta siguiente día luego de este paso
10	Disolución de ceniza con H1C4	0:03:13	0:03:13	0:03:13	Campana de extracción	
11	Calentamiento hasta disolución de residuo, si es necesario.	0:00:00			Campana de extracción	
12	Filtración y lavado con H1, recogiendo en balón de 100 ml	0:18:36	0:18:36	0:18:36	Campana de extracción	
13	Lavado completo de filtro				Campana de extracción	
14	Aforado y homogenizado	0:56:58	0:56:58	0:56:58		Sí luego de este paso hasta 2 horas antes de



UNIVERSIDAD DE CUENCA

						terminar jornada o hasta siguiente día
15	Lectura en AA	1:21:34	0:41:34	1:21:34	Equipo AA1 o AA4	Sí, luego de este paso.
16	Cálculos	0:09:06	0:09:06	0:09:06	Computadora	
17	Elaboración informe	0:03:28	0:03:28	0:03:28	Computadora	