

BIBLIOTECA
Facultad de Odontología
MONTEVIDEO - URUGUAY

CERAS, REVESTIMIENTOS Y ALEACIONES

Por la
Br. CHARITO MOSCARDI
AYUDANTE DE CLASE DE LA CATEDRA
DE MATERIALES DENTALES

Facultad de Odontología
inventariado con el
Nº *435*

o-1
1894c6

Serie de:
MATERIAL DIDACTICO
DE APOYO

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

LAS HERAS 1925



EDITADO POR:

**COMISION DE PUBLICACIONES DE
LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA**

Este libro se terminó de imprimir el 25 de Mayo de 1973 en los talleres gráficos de Pte. Berro 2609, Montevideo, Uruguay.

Queda hecho el depósito que marca la ley.

CERAS

GENERALIDADES:

Son muy pocos los procedimientos utilizados en odontología restauradora que puedan llevarse a cabo en su totalidad, sin hacer uso de la cera en alguna de sus variadas formas.

Corrientemente ella se emplea como parte integrante de muchas técnicas:

- a) confección de un patrón para inscrustaciones y esqueletos metálicos, elementos que requieren una exactitud extrema.
- b) encajonado (Boxing) de una impresión (dentro del cual se hará el vaciado de yeso para obtener un modelo).
- c) conformación de la superficie pulida (encerado) de 1 prótesis (que permitirá luego reemplazar esa por acrílico).
- d) aplicación de cera en los bordes y piso de la cubeta de metal para individualizarla.
- e) en la cubeta individual, para obtener el ajuste perfecto con los tejidos blandos (sellado periférico).
- f) toma de mordidas, impresiones, etc.

Años atrás las ceras dentales estaban compuestas casi enteramente de ceras naturales, con o sin resinas naturales y con el agregado de varios materiales destinados a modificar o desarrollar nuevas propiedades físicas y características de manipulación. Pero los fabricantes se encontraban frecuentemente con dificultades para preparar las fórmulas, puesto que las propiedades físicas de las ceras y resinas naturales varían apreciablemente según la zona geográfica de donde provengan y el modo general empleado en su manipulación. Con el hallazgo de sustitutos sintéticos de alto valor de refinamiento se logró superar la dificultad que entraña la contaminación existente en las ceras de fuentes naturales. Pero como las ceras o resinas sintéticas no siempre poseen por sí solas todas propiedades requeridas, parte de los componentes de las fórmulas dentales continúan siendo las ceras naturales.

Las ceras y resinas sintéticas se utilizan para variar las propiedades indeseables de las naturales.

Las características particulares de trabajo de cada tipo de cera dental se consiguen mezclando ceras y resinas naturales y sintéticas apropiadas, y otros agregados provenientes todos ellos de fuentes muy diversas.

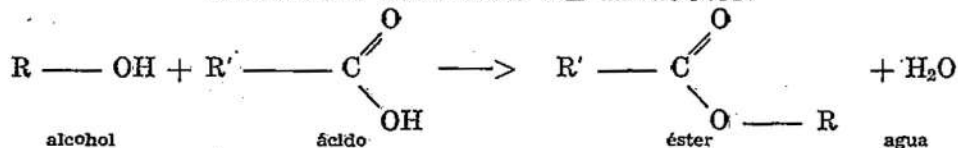
NATURALEZA QUIMICA DE LAS CERAS:

Los principales componentes de las ceras naturales, animales y vegetales son ciertos ésteres, ácidos grasos libres saturados, alcoholes e hidrocarburos saturados. Resinas, glicéridos y ácidos varios, constituyen un núcleo mucho menor entre los componentes de las ceras.

En las ceras vegetales se encuentran hidrocarburos con cadenas abiertas saturadas (de la serie del metano presentando de 19 a 31 átomos de carbono en posición impar, mientras que las ceras minerales tienen como principales componentes, hidrocarburos que presentan desde 17 hasta más de 44 átomos de carbono alineados en ambas posiciones par e impar dentro de la cadena.

Los ésteres resultan de la unión o esterificación de los ácidos grasos superiores con alcoholes alifáticos también superiores, con eliminación de agua.

ECUACION GENERAL DE REACCION



Las ceras sintéticas son compuestos orgánicos de composición química variada.

CERAS MINERALES:

PARAFINA: Deriva de las fracciones del petróleo de alto punto de fusión (residuo pesado).

La temperatura de fusión de la parafina comercial oscila entre los 40,5° C y 71° C y los puntos de fusión aumentan en proporción directa con los pesos moleculares.

Los cristales de parafina cambian de forma durante el enfriamiento, a una temperatura llamada "*temperatura de transición*" o punto de transición y a la cual cambian las propiedades físicas de esa estructura (ej. expansión térmica, densidad, índice de refracción).

En el caso de la parafina, por encima de esa temperatura de transición, aumenta precipitadamente el régimen de expansión.

La contracción volumétrica durante la solidificación y la cristalización varía entre 11 % y 15 %. Cuanto más alto es el punto de fusión de la parafina, mayor es la contracción.

CERAS MICROCRISTALINAS: Son también subproductos del petróleo. Su estructura está constituida por cristales en forma de láminas muy pequeñas y su peso molecular es alto. Su punto de fusión es mayor que el de la parafina, pues oscila entre 60° y 90° C. Estas ceras tienen una afinidad pronunciada por el aceite y según la proporción que de él contengan, varía su dureza y viscosidad.

OZOCERITA: Es obtenida de la extracción del carbón de las minas. Es similar a las ceras microcristalinas, por su estructura cristalina delicada y sus puntos de fusión que oscilan entre 65° y 80° C.

CERESINA: En su sentido estricto, el término ceresina se aplica a la ozocerita refinada que se explota en Europa Central. En su sentido más amplio, como se usa hoy en día, se designa con ese nombre una composición de cera por explotación natural (ozocerita), por refinamiento del petróleo (ozocerita del petróleo o ceresina del petróleo) o por refinamiento del lignito (cerasina). Prácticamente la ceresina pura no se encuentra en el mercado.

MONTANA: Se denomina así al amplio grupo de ceras extraídas de los lignitos (carbón, fósil) en distintas partes del mundo. Tienen alto punto de fusión (83°C), son duras, quebradizas y lustrosas y se pueden mezclar bien con otras ceras duras.

CERAS VEGETALES:

CARNAUBA: Se prepara con un polvo fino producido por las hojas de la palma carnauba sudamericana. Esta cera es dura, lustrosa y resistente.

Su punto de fusión se extiende entre 84,5° C a 91° C y es usada para elevar el punto de fusión de otras ceras.

Con la parafina forma una mezcla más que una solución: los componentes resinosos de la carnauba envuelven las partículas de baja fusión de la parafina. Como consecuencia una proporción de 2 % de cera carnauba, eleva el punto de fusión de la parafina de 43° C a 76° C. De esta manera en las ceras para patrones, se obtiene una disminución en el escurrimiento a la temperatura bucal.

CANDELILLA: Se obtiene de una planta salvaje propia del norte de Méjico y sudoeste de Estados Unidos. Sus propiedades son similares a la cera carnauba, pero su dureza y punto de fusión son más bajos.

Generalmente se usa para endurecer otras ceras, sin producir un aumento demasiado marcado en los puntos de fusión.

CERA DEL JAPON: Es más bien un sebo vegetal, pues contiene una gran proporción de glicéridos. Su punto de fusión es de aproximadamente 51° C y cuando está fundida es más viscosa que la cera verdadera. No es dura pero sí resistente, maleable y pegajosa.

Proviene de las hojas de ciertas palmas de Brasil.

CERA OURICURY: Se parece a la cera carnauba en ciertas características, pero es más soluble que ella en los solventes comunes y su punto de fusión es más bajo (72° o 73° C). Aún así puede usársela como sustituto en caso de necesidad.

MANTECA DE CACAO: No es una verdadera cera, pero se la clasifica así por sus propiedades semejantes. La manteca de cacao o aceite de teobroma es la grasa pura extraída de la vaina del cacao. Su punto de fusión es ligeramente más bajo que la temperatura del cuerpo y se

usa a menudo en odontología, como protector contra la deshidratación de los tejidos blandos y para salvaguardar las restauraciones de silicato, tanto de la sinéresis como de la imbibición.

CERAS DE INSECTOS:

CERA DE ABEJAS: Se obtiene de los panales de abejas corrientes. Su principal componente es el éster palmítico del alcohol miricilo (palmitato de miricilo). Su punto de fusión oscila entre 62,8° y 70° C. Cuando está fría es quebradiza y rompe con fractura no cristalina, roma y granular. Se vuelve plástica con el calor del cuerpo.

Se usa fundamentalmente para tomar sellado periférico.

CERAS ANIMALES:

CERA ESPERMACETI O ESPERMA DE BALLENA: Es una cera líquida obtenida de la esperma de ballena (situada en su cabeza). Este aceite se puede refinar separando una cera cristalina que es principalmente un palmitato de cetilo y que se usa en la fabricación de velas y como revestimiento de la seda dental. No se emplea como componente de las ceras dentales.

CERAS SINTÉTICAS:

ACRAWAX C: Es un complejo nitrogenado derivado de los ácidos grasos superiores. Tiene un alto punto de fusión (138° C).

Es soluble en disolventes orgánicos calientes pero no en agua. Mezclada con parafina, carnauba y otras, es de utilidad para obtener una cera de alto punto de fusión, y no quebradiza.

Algunas ceras sintéticas no son compatibles con las ceras minerales como la parafina.

Además de la cera Acrawax C encontramos las ceras: Aerosol OT, Castorwax y Flexowax C.

ADITIVOS:

Acido esteárico, triestearato de glicerilo, aceites, trementina, colorantes resinas naturales llamadas comunmente gomas (copal, damar o dammara, sandaraca, mástique, goma laca), resinas sintéticas.

Son sustancias que pueden adicionarse en pequeñas cantidades a las ceras dentales para desarrollar propiedades específicas, como aumentar la plasticidad o disminuir la fragilidad de las ceras.

TRIESTEARATO DE GLICERILO: Es más bien una grasa animal (componente principal del sebo vacuno) que una cera. Se le llama estearina. Es una sustancia firme, lustrosa, con una temperatura de fusión de 43° C y grasosa al tacto. Eleva la temperatura de ablandamiento y aumenta la dureza de los compuestos de cera.

RESINAS NATURALES: Son elementos componentes de ceras y también barnices y selladores de paredes cavitarias.

Damar: sustancia resinosa obtenida de árboles semejantes a pi-

nos encontrados en la India. Se ablanda cerca de los 75° C pero no se funde hasta casi los 199° C. Da a las ceras dentales una superficie más glaseada.

Copal: es frágil pero se disuelve en varios disolventes orgánicos, y en esta forma puede aplicarse como barniz. Su temperatura de fusión es por encima de los 150° C. Su principal uso en odontología es como integrante de los barnices y recubridores de paredes cavitarias.

Goma Laca: sustancia pegajosa formada por insectos menudos y escamosos que se alimentan de árboles en países como India.

Las soluciones alcohólicas de goma laca producen una resina dura, resistente y lustrosa cuando se evapora el alcohol. Esta resina se parece a la cera carnauba en su dureza y brillo y funde entre 72 y 81° C.

PROPIEDADES CARACTERISTICAS DE LAS CERAS:

DENSIDAD: Se define como su masa por unidad de volumen. La relación que existe entre la densidad de un cuerpo y la del agua se denomina densidad específica o gravedad específica de la sustancia. Un cm³ de agua a 4° C sirve como unidad de comparación para líquidos y sólidos.

Las ceras dentales tienen densidades menores que el agua y por consiguiente flotarán en la superficie de ésta.

La densidad de la cera de abeja es por ej. (más o menos) 0,96. (El agua se considera unidad, por tanto es 1,0).

EXPANSION TERMICA: Al igual que sucede con otros materiales, cuando se somete a la cera a un aumento de temperatura, expande y cuando la temperatura disminuye, contrae.

En general las ceras dentales tienen mayor coeficiente de expansión térmica que cualquier otro material restaurador en odontología. El coeficiente de expansión lineal de las dimensiones de una sustancia, debido a variaciones de temperatura se mide en cm. por cm. por grado de variación de temperatura. El coeficiente térmico de expansión volumétrica, es aproximadamente tres veces el de expansión lineal. Es evidente que disminuyendo la temperatura, se producirá una contracción de la sustancia igual a la expansión resultante del calentamiento).

Con una cera determinada, la expansión generalmente es uniforme hasta que la temperatura se aproxima al punto de fusión (esta temperatura, cercana al punto de fusión, es denominada de transición). Una vez alcanzado ese nivel, el cambio dimensional, o sea el régimen de expansión, aumenta considerablemente hasta que la cera está completamente fundida. (Temperatura de transición es aquella a la cual muchas de las propiedades físicas de una estructura, tales como expansión térmica, densidad, índice de refracción etc., experimentan un cambio manifiesto, debido probablemente a que algunos de los constituyentes de la cera cambian su forma cristalina a esa temperatura, (como vimos con la parafina), y la cera es más plástica a medida que aumenta la temperatura.

Las distintas ceras tienen diferentes tipos y valores de expansión térmica. La cera carnauba y la montana tienen similares puntos de fusión, pero mientras la primera, de la temperatura ambiente a la de fusión expande volumétricamente un 30 % la segunda expande un 60 %.

Algunas ceras tienen diferentes grados de expansión a diferentes rangos de temperatura. La cera carnauba tiene una expansión de 2 y $\frac{1}{2}$ veces mayor al estado líquido que al sólido, mientras que la cera de abejas al estado líquido tiene una expansión $\frac{1}{3}$ menor que al sólido.

CONDUCTIBILIDAD TERMICA: Se mide por la cantidad de calor en calorías por segundo, que atraviesa un cuerpo de 1 cm. de espesor y con una sección transversal de 1 cm² cuando la diferencia de temperatura es de 1° C. Se expresa así: cal/seg/cm²/°C/cm. La de las ceras es la más baja de los materiales dentales: 0,00009.

El calentamiento uniforme de toda su masa, a las temperaturas del cuerpo y ambiente por ej. requiere tiempo y uniformidad de calor aplicado, de lo contrario puede ocurrir que mientras la zona exterior esté fundiéndose la parte interna esté aún comparativamente fría y al intentar doblarla y moldearla, fracture. Esto se debe tener en cuenta para la elección del método de calentamiento.

De la misma forma se debe recordar que el enfriamiento requiere tiempo para ser homogéneo, pues por ejemplo, al retirar un patrón de incrustaciones de la cavidad o del troquel puede ocurrir que la zona interna esté aún tibia y se deforme.

Todo este fenómeno es debido a que la estructura propia de la cera dental, está formada por constituyentes amorfos y cristalinos. En efecto, la estructura amorfa es desordenada y tiene las mismas propiedades en todas las direcciones, en tanto las formas cristalinas no tienen esa característica. Al ser calentados los sólidos amorfos se ablandan gradualmente a medida que difunde el calor en su masa, en tanto que los cristalinos lo hacen a una determinada temperatura. (rango de fusión y temperatura de fusión respectivamente).

Los constituyentes amorfos serían la matriz de las ceras, en tanto los cristalinos serían los núcleos de la estructura. Dichos constituyentes amorfos (ej. resinas) comunican a las ceras dentales sus propiedades físicas.

FLUJO O FLUENCIA: Es característico de las sustancias plásticas o fluídas, o sea de la estructura de sólidos amorfos, o líquidos y se le representa mentalmente como el resultado del *resbalamiento de unas moléculas sobre otras*. El flujo en el estado líquido de la cera sería sinónimo de viscosidad o fricción interna de las moléculas durante el movimiento.

Sin embargo por debajo del punto de fusión de la cera, la medida del flujo podría describirse como la medida de la deformación plástica del material a una temperatura dada.

Debemos recordar que en la propiedad de **FLUENCIA** o escurrimiento plástico es necesaria la aplicación de un esfuerzo inicial para que comience la deformación plástica o permanente.

En el rango de temperaturas que va entre el punto en que la cera está completamente fundida y aquel en que es sólida, las porciones microcristalinas y algunas fracciones de bajo peso molecular se funden y algunos constituyentes amorfos se ablandan, y es a esta temperatura de transición de que ya hablamos, que se comprueba la existencia del flujo, "flow", fluencia o escurrimiento según se le quiera llamar.

El flujo depende indudablemente de la temperatura de la cera y se vuelve mayor a medida que nos aproximamos al punto de fusión. Varía con el tipo de cera.

ELASTICIDAD Y PLASTICIDAD: Con presiones pequeñas las ceras sufren deformaciones.

Una cera que llega a experimentar una deformación permanente bajo cierta presión exhibe cualidades de plasticidad. En cambio la capacidad de esa misma cera para recuperar la forma original una vez suspendida la presión, indican su grado de elasticidad. Durante la confección de un patrón de cera la elasticidad o la plasticidad de un material mostradas después de enfriado el patrón, darán por resultado una *inexactitud dimensional*.

Si se llena con cera fundida un molde cilíndrico largo y se le deja enfriar lentamente a la temperatura ambiente, las moléculas de la cera tenderán a tomar una distancia molecular normal. Se obtiene así una barra de cera en un estado de pasividad relativa. Si sometemos a esta barra de cera a un esfuerzo de flexión como por ej. doblándola, estaremos introduciendo tensiones en ella, pues obligamos a sus átomos y moléculas a ocupar una nueva posición. Como consecuencia, habrá un estado molecular de actividad resultante de una desarmonía en el acomodo molecular pues persisten entre ellos atracciones y repulsiones recíprocas que exigen liberar las tensiones por medio de un reacondicionamiento de las moléculas. O sea que las moléculas tenderán a volver a la distancia que tenían anteriormente entre sí y la cera entonces tiende a acortarse y desdoblarse, es decir, volver a su forma original. Se aproxima así al estado de pasividad.

Cuando una barra de cera es sometida a compresión, tenderá luego a alargarse para liberar esa tensión o sea relajarse, volverse pasiva. Esto se explica teniendo en cuenta que los átomos, en un reticulado espacial o las moléculas, en los materiales semicristalinos o amorfos vibran alrededor de un punto fijo que está en una posición normal. Aunque el promedio de la amplitud de desplazamiento de todas las moléculas (o átomos) está determinado por la temperatura ambiente, habrá desviaciones localizadas en este promedio. Se puede admitir que algunos de los desplazamientos anormales de las moléculas sean tan grandes como para ser comparables a las distancias intermoleculares. Entonces, es probable que estas vibraciones anormales hagan retornar a su posición original a las moléculas sometidas a tensiones, y que, en consecuencia, estas tensiones sean liberadas. Esta es la *Teoría de la relajación*, y según ella cuanto más alta es la temperatura, menor es el tiempo requeri-

do para que se produzca dicha liberación de tensiones, ya que la mayor agitación térmica de átomos o moléculas, la favorece. O sea que las fuerzas internas tienen más facilidad para restablecer el estado de equilibrio.

DUCTILIDAD: Es la capacidad de la cera para ser deformada permanentemente sin romperse y está en relación con el flujo y la plasticidad de la misma. Aumenta a medida que sube la temperatura de la cera, hasta cierto límite (máximo), pasado el cual disminuye bruscamente.

En general las ceras con más bajo punto de fusión, a cualquier temperatura de manipulación ofrecen mayor ductilidad que las que tienen puntos de fusión elevado.

La ductilidad de una cera dental depende de los distintos puntos de fusión de las distintas ceras componentes. En efecto una cera formada por ingredientes con amplio rango de puntos de fusión, generalmente tiene mayor ductilidad que aquellas con un rango estrecho de temperaturas. Esto ocurre porque a medida que se van licuando los componentes de más bajo punto de fusión y se van ablandando los que siguen en el rango, se vuelve más plástica la masa total de cera y se aumenta la ductilidad.

También depende la ductilidad de la composición de las ceras, pues una que contenga más aceite será más dúctil que otra que no sea así, aunque sus puntos de fusión sean similares.

Las ceras para impresión tienen un alto grado de ductilidad y fluencia a la temperatura del cuerpo.

CERAS DE USO DENTAL:

No son isótropos sino cuerpos anisótropos por intervenir en su composición elementos que cristalizan según las temperaturas.

CERAS PARA PATRONES:

Tienen dos características importantes: el cambio térmico dimensional y la tendencia a deformarse o sufrir distorsiones cuando se *dejan* libremente. Esto crea inconvenientes en su uso, ya sea en la construcción de patrones de incrustación, con finalidad terapéutica o protética, esqueletos metálicos, o pósticos en prótesis fija.

CERA PARA COLADO DE INCRUSTACIONES: la obtención del patrón de cera es el primero y muy importante paso en el proceso de colado de una incrustación.

Se prepara la cavidad en el diente y luego *tallamos* el patrón, directamente en la pieza dentaria o bien en un troquel que es una reproducción fiel del diente y su cavidad. Si el patrón se realiza en la boca la técnica se denomina **METODO DIRECTO**. Si se lo prepara en el troquel, el procedimiento se conoce como **METODO INDIRECTO**. También se puede utilizar el método **INDIRECTO-DIRECTO** que consiste en *tallar* el pa-

trón en el troquel y finalmente probar en boca, adaptando la cera y rectificando todos los detalles necesarios. Con este método se logra salvar los errores de inestabilidad dimensional de los materiales de impresión y construcción de troqueles, en determinados casos clínicos.

El patrón preparado debe ser una reproducción exacta de la forma de la estructura ausente del diente, pues restituirá no solo la morfología y por lo tanto la estética, sino también la función de la pieza.

El patrón de cera conforma en el molde el delineamiento de la cavidad, dentro de la cual se colocará la aleación de oro. Para ello se coloca un perno que va desde la superficie externa del revestimiento hasta el patrón de cera, conformando el futuro conducto de entrada de la aleación. Posteriormente se retira ese perno y mediante calor se elimina la cera y el molde se calienta en un horno, en forma controlada hasta que esté en condiciones de recibir la aleación fundida.

COMPOSICION: Los distintos tipos de ceras de incrustaciones difieren en el tipo y la cantidad de ceras empleadas en su composición. Esto influye sobre las características de trabajo y así se diferencian en duras, medianas y blandas, según sus puntos de ablandamiento, etc.

Se han publicado varias fórmulas para ceras de incrustaciones, algunas de ellas muy complejas. Los componentes esenciales son: parafina, cera de abejas, ceresina, carnauba, candelilla, goma dammara y algún material colorante.

Coleman propuso en 1928, una combinación de ceras que posee las propiedades que más se aproximan a las ceras para incrustaciones que nos ofrece el mercado. Esta cera experimental contenía 60% de parafina, 25% de carnauba 10% de ceresina y 5% de ceras de abejas.

La parafina es el componente principal pero aislada, se escama cuando se la talla en frío, y no presenta una superficie lisa y glaseada luego de flameada, requisitos necesarios en una cera de incrustaciones.

La goma dammara mejora la lisura y aumenta su resistencia a la fractura, y al escamado. Da más rigidez y una superficie lisa y lustrosa.

La cera carnauba disminuye el escurrimiento de la cera a la temperatura bucal y posee un olor agradable. Contribuye aún más que la goma dammara a dar a la cera una superficie glaseada.

La candelilla sustituye a la cera carnauba, pero tiene un punto de fusión más bajo y no es tan dura.

Las ceras sintéticas son usadas también como vimos al comienzo, pero en razón de su alto punto de fusión, se incorpora mayor cantidad de parafina, con lo que se mejoran las propiedades generales de la cera de incrustaciones.

MODO DE PRESENTARSE: Generalmente en barras de 7,5 cm. de largo por 6 mm. de diámetro aproximadamente; en color azul oscuro, verde o rojo, negro (de baja fusión), y blanco (para incrustaciones de acrílico).

Algunos fabricantes suministran la cera en forma de pequeñas bolitas o conos, además de las ceras en barras.

ESPECIFICACION N° 4 DE LA A.D.A. PARA CERA PARA PATRONES DE INCRUSTACIONES:

SINTESIS:

—Enumera 2 tipos: TIPO I (cera dura) para usar en el método directo, y el TIPO II (cera regular) para el método indirecto.

—El color de la cera deberá ser tal que facilite el tallado de los patrones por contraste con los colores de los tejidos duros y blandos de la boca.

—La cera deberá ablandarse sin escamarse.

—Cuando se tallen márgenes finos a la temperatura ambiente, deberá escamarse o desmenuzarse apreciablemente.

—Evaporarse a los 500° C no dejando otros residuos sólidos que no sean carbón.

—En cada envase se indicará la temperatura a la que la cera deberá calentarse para obtener de ella el uso más satisfactorio en la toma de impresiones directas en las cavidades dentales.

—En cada envase se incluirá una curva o datos suficientes que muestren la expansión térmica de la cera desde la temperatura ambiente hasta la de ablandamiento.

ESCURRIMIENTO: — a 37,5° no deberá ser mayor de 1%
— a 38,0°C no deberá ser mayor de 5%
— a 42,0°C no deberá ser menor de 5%
— a 43,0°C no deberá ser menor de 5%
ni mayor de 75%

PROPIEDADES DESEABLES: Como se desprende del último punto de las especificaciones, el punto de ablandamiento estará entre 38°C y 42°C, en tanto que tendrá plasticidad manipulable a 43°C aproximadamente. El límite superior de 75% se establece para asegurar que la cera posee suficiente viscosidad en el momento de ser forzada en su lugar sin tener demasiada fluidez. Es necesario que cuando se calienta permanezca plástica y mantenga siempre una textura suave que permita obtener una superficie lisa y bien pulida.

Cuando se emplea el método directo, la cera deberá ser suficientemente plástica a una temperatura ligeramente superior a la del diente, de manera que pueda ser forzada dentro de la cavidad preparada, para reproducir sus mínimos detalles.

Si se ablanda a una temperatura demasiado alta, se corre el riesgo de producir una *lesión* permanente en la pulpa del diente. El motivo del requisito de rigidez a la temperatura bucal es que de esa forma pueda ser retirado de la cavidad sin experimentar distorsiones o escurrimientos. Se ha demostrado que no es posible enfriar el patrón por debajo de la temperatura bucal mientras permanezca en el diente. La temperatura de la cera siempre retorna a la del diente antes que pueda ser removida de la cavidad.

Si se utiliza el método indirecto se puede emplear una cera de un punto de ablandamiento más bajo, (pero sus propiedades generales, deberán ser las mismas). De ahí la especificación de dos tipos de ceras.

El fabricante debe indicar la temperatura de trabajo, o sea aquella a la que debe calentarse la cera, pues si el calentamiento es escaso, se obtiene un corrimiento insuficiente, lo que trae aparejado una falta de detalles cavitarios y un exceso de presión dentro del patrón (con el riesgo de mayores distorsiones). Un calentamiento exagerado provocará un aumento en la fluencia, lo que dificultará la compresión de la cera por falta de "cuerpo" del material.

En el método directo el patrón no deberá cambiar mayormente en dimensión cuando pasa de la temperatura bucal a la ambiente, o sea que debe tener un coeficiente térmico de expansión y contracción bajo.

Es necesario que la cera sea una sustancia plástica con cohesión, sin ser adhesiva.

El requisito de evaporarse a 500°C sin dejar residuos es debido a que de lo contrario, estos obstruirían la salida del aire y otros gases al penetrar el metal fundido. En efecto, formarían una barrera que ocluiría la porosidad propia del revestimiento, y el resultado sería un colado con bordes redondeados.

El incluir en cada paquete de cera para incrustaciones una gráfica o los datos suficientes que muestren la contracción térmica que sufre la cera al pasar de su temperatura de trabajo a la temperatura ambiente, permite tener una base de conocimientos para juzgar cual es la compensación necesaria para producir un colado correcto y exacto.

CURVA DE ENFRIAMIENTO: La interpretación de esta curva (ver Peyton) es similar que para la correspondiente al enfriamiento de una solución sólida (metales). En efecto, la cera comienza a endurecer cuando la curva por primera vez se separa de la línea recta. Ese cambio en el régimen de enfriamiento es debido a la solidificación del componente de más alto punto de fusión. La cera es completamente sólida cuando otra vez se enfría a régimen constante. Entre esas dos temperaturas, la cera es en parte sólida y en parte líquida. A ese rango de temperaturas le denominamos "intervalo de temperaturas de solidificación".

Como vimos en el punto "FLUJO" o "FLUENCIA", cuando la cera se calienta entre esas dos temperaturas, las porciones microcristalinas y algunas fracciones de bajo peso molecular, se funden y algunos constituyentes amorfos se ablandan.

COEFICIENTE TERMICO DE EXPANSION: El coeficiente de la cera para incrustaciones es excepcionalmente alto si se le compara con los otros materiales. El coeficiente lineal entre 20 y 50°C es de $350-450 \times 10^{-6}$. Para tener una idea más clara digamos que con un aumento de 20°C de temperatura puede dilatarse un 0,7%. Al pasar de la temperatura bucal (37°C) a la ambiente (aprox. 20°C) contrae linealmente más de 0,4 %. Esto último es importante para las ceras TIPO I pues el

patrón es modelado en boca y luego enfriado a la temperatura ambiente, adquiriendo importancia los errores por contracción. En cambio esto no se toma en cuenta prácticamente al utilizar la cera TIPO II. La Especificación N° 4 de la A.D.A. no establece requisitos para la expansión térmica de las ceras TIPO II en tanto que para la TIPO I, fija un máximo de 0,6 % de cambio lineal entre los 25° y 37°C.

La mayor parte de las ceras cumplen con este requisito al poseer un cambio dimensional de $0,33 \pm 0,03$ %.

La magnitud de este cambio puede ser afectada por tratamientos previos efectuados en la cera. Por ej. si enfriamos bajo presión una cera para incrustaciones y luego la calentamos, el régimen de expansión aumenta rápidamente por encima de los 35°C (temp. de transición). Esto ocurre porque a la expansión térmica normal, se le suma la expansión debida a la relajación.

Pero si por el contrario, la cera se estira a una temperatura superior a la de transición, y se enfría luego, al calentarla después, la expansión térmica será menor que la normal, ya que la relajación en este caso, tiende a juntar las moléculas volviéndolas a la distancia normal.

En cambio si la cera se enfría sin presión, al calentarla de nuevo la temp. de transición y el cambio dimensional no son tan pronunciados.

Esta propiedad de la cera para incrustaciones no constituye un problema serio cuando se emplea el método indirecto, siempre que las variaciones de temperatura que ocurran después de remover el patrón del troquel no sean pronunciadas.

El conocimiento del grado de expansión o contracción de la cera, nos da una base para juzgar cual es la compensación necesaria para producir un colado exacto.

DISTORSION DE LA CERA: Los patrones de cera tienen tendencia a torcerse o modificarse cuando se los deja libremente, pues de esa forma, se liberan las tensiones existentes en su masa. Estas tensiones son inducidas por la tendencia natural de la cera de contraerse durante el enfriamiento, por los cambios de forma durante el modelado, y por las variables tales como tallado, puesta del perno, y extracción de la cavidad. La importancia de las tensiones residuales, y las distorsiones que sobrevendrán como consecuencia estarán condicionadas al método de confección del patrón, al trato sufrido y al tiempo y temperaturas soportados antes del revestido.

Cuanto mayor sea la temperatura de la cera en el momento de adaptar y dar forma al patrón menor será la tendencia a la distorsión en el patrón ya preparado. La tensión residual como causas de distorsión, se asocia a las fuerzas necesarias para dar forma a la cera en su estado inicial (necesariamente mayores cuanto más baja es la temperatura). Las tensiones residuales son "tensiones memoria" retenidas en el patrón durante su proceso de fabricación y en manipulaciones sucesivas.

También una distorsión mayor será debida a una mayor temperatu-

ra y tiempos de almacenaje, pues se da más oportunidad al relajamiento de tensiones.

Debemos recordar que la cera es un material termoplástico similar a la godiva (o compuesto de modelar). Pero mientras al utilizar godiva para impresiones de una boca desdentada, los tejidos blandos pueden compensar en parte los errores causados por relajación del material, en las ceras para incrustaciones, cualquier distorsión del patrón será producida en la incrustación metálica y no podrá ser compensada por los tejidos dentarios de dureza reconocida.

Como otras ceras de uso dental podemos nombrar:

—CERA PARA COLADOS.

—CERA DE BASE — (2 partes de cera de abejas y 1 de parafina, en invierno. En verano se adiciona 5 o 6% de cera carnauba).

—CERA PARA PROCEDIMIENTOS AUXILIARES.

—CERA PARA ENCAJONADO.

—CER UTIL.

—CERA PEGAJOSA. — 8 partes de cera de abejas, 12 de resinas o goma dammara.

—CERAS DIVERSAS.

—CERAS PARA IMPRESIÓN.

Cada una con características propias que no trataremos en este trabajo, y por tanto remitimos a los estudiantes a la bibliografía.

Como curiosidad podemos acotar que en facultad se utiliza una cera que fue ideada por el Dr. Brugo Bonomi que contiene cera de abejas, vaselina sólida y líquida, aceite mineral y talco. Esta cera es usada para registrar el sellado periférico de impresiones funcionales, y en nuestra Facultad hasta el momento se realiza con la colaboración del funcionario Pompini.

DETALLE PARA LOS REQUISITOS DE LA ESPECIFICACION Nº 4 DE LA A.D.A. PARA LA CERA PARA COLADO DE INCRUSTACIONES DENTALES Y LOS VALORES LIMITES PARA LAS CERAS CERTIFICADAS PARA COLADO DE INCRUSTACIONES DENTALES. (De "Guía de Materiales Dentales", A.D.A. 1970).

Requisitos	Residuo		F l u j o				Expansión térmica entre		
	30.0°C		37.0°C		40.0°C		45.0°C		25.0 y 30.0°C
	Máx. %	Máx. %	Máx. %	Mín. %	Máx. %	Mín. %	Máx. %	Máx. %	Máx. %
TIPO I	0.10	—	1.0	—	20	70	90	0.2	0.6
TIPO II	0.10	1.0	—	50	—	70	90	—	—
Límite de Valores,									
TIPO I	0.02 ± 0.02	—	0.04 ± 0.02	3.3 ± 1.6	72.7 ± 2.3	—	0.33 ± 0.03		
TIPO II	0.04 ± 0.04	0.02 ± 0.02	—	56.1 ± 5.1	80.2 ± 3.2	0.12 ± 0.03	—		

REVESTIMIENTOS

Los encontramos con los cuatro tipos de yesos bajo la denominación de: "Compuestos de Gipso", y por tener en su composición una variedad de yeso en la generalidad de los casos, algunas de sus propiedades están dadas por éste y son similares. Ej. expansión e fraguado.

GENERALIDADES: Los procedimientos de colados se utilizan en arte e industrias desde hace muchos años de la siguiente forma: se confecciona en cera la pieza que se desea obtener. Luego se rodea con un *producto refractario*, que endurece. La cera se elimina por calentamiento y nos queda una cavidad donde al penetrar el metal fundido reproduce la forma que deseábamos obtener.

Este procedimiento se utilizó por primera vez en odontología antes del año 1900, para la obtención de restauraciones de oro. En la actualidad se utiliza también para el colado de bases metálicas de cromo cobalto para prótesis parciales.

Ese material refractario que describíamos es el *revestimiento*.

COMPOSICION: El revestimiento está compuesto por:

a) *Polvo refractario:* es una forma cristalina de sílice (SiO_2) que puede ser cuarzo (de obtención natural), tridmita o cristobalita (proveniente del cuarzo calcinado a 1500°C , o del calentamiento del ácido silícico a 1000°C). Está en una proporción de 60 a 65% en los revestimientos para colado de aleaciones de oro.

Este material es refractario porque resiste las altas temperaturas sin descomponerse, pero cuando se calienta a la temperatura de transición (570°C para el cuarzo) ocurre un cambio en la forma cristalina que pasa de alfa a beta o de "baja" a "alta".

Esa temperatura de transición en la cristobalita es entre 200 y 246°C . Mientras que la tridmita presenta 2 inversiones, una a 117°C y otra a 163°C . Al enfriarse el compuesto vuelve a la forma cristalina inicial.

En el pasaje de la forma alfa a beta, la densidad disminuye y se produce un aumento de volumen (**EXPANSION TERMICA**) que compensa la contracción del yeso al perder su agua de cristalización.

La tridmita se usa con la cristobalita cuando se desea reducir la expansión térmica de ésta.

b) *Aglutinante o material de unión:* se utiliza para dar coheren-

cia, solidez y cuerpo a la mezcla. Se utiliza sulfato de Ca semihidratado (yeso) ya sea el piedra (hidrocal o hemihidrato alfa) o el piedra mejorado (densita o hemihidrato alfa modificado) en una proporción de 30 a 35 %, en los revestimientos para colados de aleaciones de oro.

En el caso de las aleaciones de cromo cobalto que funden a 1290°C aproximadamente también se puede utilizar, pero el yeso se descompone rápidamente, sobre todo en presencia de carbón (residual de cera); en anhídrido sulfuroso y anhídrico sulfúrico si la temperatura sobrepasa los 1300°C. De esta forma se corre el riesgo de producir un colado quebradizo debido a la contaminación que experimenta el cromo cobalto con los productos de descomposición del yeso. Esto se puede reducir adicionando un oxalato, que protege al metal fundido.

Los revestimientos usados para aleaciones de cromo cobalto que funden a temperaturas superiores a los 1300°C deben tener otro aglutinante que no sea yeso. Pueden ser silicatos orgánicos (silicato de etilo, dispersión acuosa de sílice coloidal o silicato de sodio), o compuestos de fosfato, en una proporción de 20 %. Se usan también para aleaciones de oro de alta fusión, sobre las cuales se funde porcelana (restauraciones de porcelana fundida sobre metal).

Los revestimientos ligados por fosfato están constituidos por 3 clases diferentes de compuestos:

a) sustancia que no se descompone a las temperaturas a utilizar (cerámica) sino que por el contrario, da mayor resistencia al material. Generalmente se emplea la sílice (SiO_2).

b) sustancias que reaccionan con los iones fosfóricos a temperatura ambiente, como por ejemplo el óxido de magnesio (MgO).

c) sustancias que en solución acuosa liberan iones fosfóricos. Ej. fosfato diácido de amonio ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$).

A temperatura ambiente reacciona una parte del fosfato diácido de amonio con el óxido de magnesio [$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{MgO} \longrightarrow \text{NH}_4\text{MgPO}_4 + \text{H}_2\text{O}$] y el compuesto resultante da la resistencia necesaria en ese momento.

A más altas temperaturas reacciona el resto del fosfato con la SiO_2 y de esa forma aumenta la resistencia posibilitando que el revestimiento no fracture al recibir el metal fundido. En este caso químicamente reaccionaría superficialmente el P_2O_5 con la SiO_2 formando una red de silicofosfato. (1)

CARACTERISTICAS DESEABLES:

1) ser de fácil manipulación y con un tiempo de fraguado apropiado a las manipulaciones.

2) al fraguar deberá tener una superficie lisa y reproducir en

(1) c) Modificadores: Ácido bórico (endurecedor de la masa), cloruro de sodio, potasio y litio: se utilizan para prevenir la contracción del yeso cuando es calentado por sobre los 300°C y además regulan el tiempo y la expansión de fraguado. Grafito y cobre coloidal: producen una atmósfera reductora en el molde que protege a las piezas metálicas incluidas en el revestimiento.

negativo los detalles más delicados de la cera, de manera que el metal colado tenga esas mismas características.

3) a altas temperaturas no debe sufrir descomposiciones que afecten la superficie del oro o metal a colar.

4) debe ser poroso para permitir el escape de aire o gases de la cavidad del molde, cuando penetra el metal fundido.

5) no debe adherirse al metal de la restauración al final del colado.

6) es necesaria una resistencia para el manejo a temperatura ambiente y también para resistir a altas temperaturas, el impacto del metal fundido sin resquebrajarse.

7) no ser un material demasiado caro pues se usa una vez y luego se desecha.

Algunos requisitos de la Especificación Nº 2 de la A.D.A. para revestimientos para colados de aleaciones de oro dental y el límite de valores para los revestimientos para colados certificados.

ALCANCE DE LA ESPECIFICACION Y PROPIEDADES:

La especificación se limita a los revestimientos que contienen sulfato de calcio como elemento de unión. Tampoco se refiere a los revestimientos usados en soldaduras.

Establece tres tipos de revestimientos, basándose en la pieza a colar y el método de obtener la expansión para compensar las contracciones del proceso de colado.

No hay requisitos de composición sino que se aceptan o no los revestimientos en base a las propiedades físicas que se demuestran.

(Según Peyton hay tres tipos de contracciones que tienen lugar durante el proceso de colado y que necesitan ser compensadas:

1) contracción del patrón de cera debido a la diferencia entre la temperatura a la que se preparó el patrón y aquella a la que posteriormente se revestirá. Puede ser de 0,4 %.

2) Contracción debida al cambio de estado. Es bueno recordar que generalmente los materiales contraen durante la solidificación o al cambiar del estado líquido o al sólido, sin que haya un cambio apreciable de temperatura. En los colados dentales esta contracción es mínima siempre que se hagan bien las manipulaciones.

3) Contracción de las aleaciones de oro debido al coeficiente térmico de contracción. Debe recordarse que los colados dentales se enfrían después de la solidificación, al pasar de la temperatura solidus de la aleación, a la temperatura ambiente. Este enfriamiento implica cierta contracción que puede variar en algo de una aleación a otra, lo mismo que de una forma a otra de colado. En las aleaciones de oro dentales esta contracción es siempre mayor de 1 %; teniéndose datos seguros de que puede variar entre 1,25 % y 1,7 % aproximadamente, para las diferentes aleaciones.").

DE "GUIA DE MATERIALES DENTALES" A.D.A. 1970

Requisitos	EXPANSION											
	Tiempo de fraguado a 23.0 ± 2.0°C		Resistencia a la compresión	DE FRAGUADO al aire		en agua (higroscóp.)		temperatura	TERMICA expansión		Combinac. de frag. y térmica	
	Mín.	Máx. minutos	Mín. Kg. cm ²	Mín.	Máx. %	Mín.	Máx. %	°C	Mín.	Máx. %	Mín.	Máx. %
TIPO I Incrus. térmico	5	25	25	0.0	0.5	—	—	700	1.0	2.0	1.3	2.0
TIPO II Incrustación higroscópico	5	25	25	—	—	1.2	2.2	500	0.0	0.6	1.3	2.7
TIPO III Dentaduras parciales, térmico.	5	25	50	0.0	0.4	—	—	700	1.0	1.5	1.2	1.9
LIMITE DE VALORES	minutos		Kg. cm ²	%		%			%		%	
TIPO I	14 ± 4		42 ± 15	0.4 ± 0.1		—			1.3 ± 0.1		1.7 ± 0.2	
TIPO II	17 ± 1		54 ± 3	—		1.3 ± 0.1			0.5 ± 0.1		1.8 ± 0.2	
TIPO III	9 ± 1		73 ± 8	0.3 ± 0.0		—			1.1 ± 0.1		1.4 ± 0.1	
	(1)											

(1)

(1) Esta variabilidad permite cambios por almacenamiento y variables de fabricación.

FINEZA DEL POLVO:

Depende del tamaño de las partículas, se determina con la prueba del tamizado e influye en la expansión higroscópica, en el tiempo de fraguado, en la porosidad y en la lisura o rugosidad de la pieza colada.

Según la especificación todo el polvo debe pasar por una malla N° 30, el 95 % por la malla N° 100 y por lo menos el 85 % por la N° 200.

POROSIDAD:

Es necesaria para que el aire pueda escapar de la cavidad, de molde a través del revestimiento, cuando entra el metal fundido. De lo contrario quedaría aprisionado y no permitiría que el metal llenara todos los ángulos quedando éstos redondeados.

La porosidad es mayor cuando en la composición hay menos hemihidrato y cuando las partículas de revestimiento son más uniformes.

Hay que diferenciar esta porosidad inherente a la estructura de la indeseable (poros) debida a errores de manipulación.

— **PROPORCION A/P:** Determina la consistencia de la mezcla no fraguada y las propiedades físicas del revestimiento.

Debe utilizarse la recomendada por el fabricante.

RESISTENCIA A LA COMPRESION: Es necesaria para que no se produzca la fractura del revestimiento durante la manipulación, el calentamiento y el proceso de colado del oro.

Aumenta con la cantidad y la mayor resistencia del tipo de yeso usado, y disminuye con el aumento de la cantidad de agua usada.

— La resistencia de los revestimientos que contienen yeso se reduce al ser calentados a la temperatura en que se elimina el agua de cristalización, temperatura necesaria para volatilizar la cera. En cambio, en los revestimientos que contienen fosfato, generalmente aumenta la resistencia al ser calentados y en los silicatos esto es variable, (aumenta o disminuye según el tipo de silicato).

CONSISTENCIA: Es necesaria para obtener una masa trabajable, correcta expansión (de fraguado, térmica e higroscópica). Influye en ella la proporción A/P y se controla por la prueba de aplastamiento, que es la siguiente según la especificación:

"El revestimiento que se utilice para hacer todos los especímenes se mezclará con suficiente cantidad de agua destilada a $23,0 \pm 2,0^\circ\text{C}$, de manera que produzca una "consistencia para prueba":

1) El polvo se añadirá al agua en una taza para mezclar adecuada y de inmediato se espatulará manualmente durante 20". El contacto inicial del polvo con el agua se considerará como el comienzo de la mezcla.

2) Después de la espatulación Manual (1), la mezcla se espatulará mecánicamente con una hoja rígida a razón de 100 revoluciones aproximadamente en 15".

3) Inmediatamente después de la espatulación de la mezcla, la misma se colocará dentro de un molde cilíndrico de 50,8 mm. de altura y

de un diámetro interno de 35,0 mm. que a su vez se habrá ubicado sobre una placa de vidrio seca.

4) Dos minutos más tarde de haber comenzado la mezcla, se levantará el molde y se dejará que la mezcla se derrame o esparza sobre la placa que estará colocada encima de una mesa libre de vibración.

5) Un minuto después de haber levantado el molde, se determinarán los diámetros mayor y menor de la mezcla derramada.

Los diámetros mayor y menor deberán estar comprendidos entre 57 y 700 mm. para los Tipos I y II, y entre los 38 y 31 mm. para el Tipo III.

TIEMPO DE FRAGUADO: El fraguado inicial o tiempo de trabajo es el que permite espatular el revestimiento y luego revestir el patrón de cera. El tiempo de fraguado final es necesario saberlo para continuar con los otros pasos del colado. Los proporciona el fabricante y se pueden medir con una aguja de Gillmore o, siguiendo las indicaciones de la A.D.A. en esta forma:

"Con una aguja de Vicat sobre un espécimen hecho con una cantidad no menor de 100 gr. de polvo. El espécimen se deberá colocar dentro de un molde cilíndrico de 25 mm. de diámetro por 25 mm. de alto. Se considerará que la mezcla ha fraguado por completo cuando la aguja no penetra más hasta el fondo del espécimen."

EXPANSION DE FRAGUADO NORMAL: Según Skinner, una mezcla de sílice con cualquier tipo de hemihidrato posee una expansión de fraguado mayor que cuando estos últimos se utilizan solos, porque posiblemente las partículas de sílice interfieren entre las mallas y la trabazón de los cristales a medida que se forman y crecen. De esta forma la mezcla se mantendría en un estado semisólido por un tiempo más largo y el empuje hacia afuera de los cristales durante su crecimiento produciría una expansión más efectiva.

A la vez al estar fraguando, se produce calor por ser una reacción exotérmica y ese calor transmitido al patrón de cera la expandería y de esa forma la expansión de fraguado sí sería efectiva en el agrandamiento de la cámara de colado y posterior compensación de la contracción de colado del oro. La cantidad de calor presente depende del contenido de gipso el revestimiento y por tanto, depende de esto la mayor expansión del patrón de cera.

El peligro radica en que, a medida que el revestimiento progresa en su fraguado y expansión, se corre el riesgo de presionar ese patrón de cera distorsionándolo sobre todo en las partes más delgadas. Por eso se permite sólo un 0,5 % como máximo de expansión de fraguado. Se mide con un microscopio micrométrico.

EXPANSION HIGROSCOPICA: Es un fenómeno físico: el agua penetra por capilaridad entre las partículas. Se produce cuando el revestimiento se pone en contacto con el agua antes del fraguado inicial. Y consiste en adicionarle agua a la reacción, a medida que, primero las partículas y luego los cristales, la van utilizando en su hidratación y cristali-

zación respectivamente. De esta forma se le da más libertad a los cristales para crecer, no se entrecruzan tan precozmente, y pueden ser más largos. Por tanto se produce la expansión mayor.

Debido al efecto diluyente de las partículas de cuarzo la expansión higroscópica es mayor que cuando el gipso se utiliza solo.

Cuanto más tarde se ponga en contacto la mezcla de revestimiento con el agua, tanto menor será la expansión higroscópica ya que entonces parte de la cristalización se habrá efectuado de una manera "normal" y parte de los cristales se habrán entrecruzado.

El máximo de expansión higroscópica se obtiene:

- 1) con una mayor cantidad de sílice, y más fino tamaño de sus partículas.

- 2) por lo menos un 15 % de aglutinante, pues de lo contrario durante el desecado del fraguado del revestimiento se producirá una contracción.

- 3) con una mínima cantidad de agua en la proporción de la mezcla y una máxima cantidad de agua añadida luego, en la inmersión.

- 4) con un mayor tiempo de espátulado, dentro de los límites establecidos.

- 5) menor tiempo de almacenamiento del polvo de revestimiento (envejecimiento).

- 6) contacto con el agua antes del fraguado inicial.

EXPANSION TERMICA; Cuando hablamos de COMPOSICION ya dijimos en que consiste la expansión térmica.

El máximo se obtiene con:

- 1) una mayor cantidad de sílice.

- 2) menor cantidad de agua en la mezcla.

- 3) para no utilizar tanta sílice (se debilita la masa) se puede adicionar cloruro de sodio, potasio o litio.

La expansión higroscópica y la térmica, que son propiedades inherentes a la estructura del revestimiento, pueden ser acentuadas para técnicas que preconizan un agrandamiento de la cámara de moldeo colado para compensar las contracciones en el proceso que analizamos, en especial la del oro. Este caso se verá en el próximo punto.

EFEECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL REVESTIMIENTO:

Debemos tener en cuenta, según Peyton que el revestimiento se calienta a temperatura elevada que varía de una técnica a otra, pero que en ningún caso es menor de 370°C, ni mayor de 700°C. Durante este procedimiento de calentamiento, los distintos componentes del revestimiento responden de manera distinta también a los cambios térmicos.

Esta es la representación diagramática de la expansión de fraguado del yeso (aplicable también a los revestimientos). A la izquierda vemos como la falta de agua remanente inhibe el crecimiento cristalino. Derecha: el agua adicionada durante el fraguado, provee mayor espacio para el crecimiento de los cristales más largos. De:

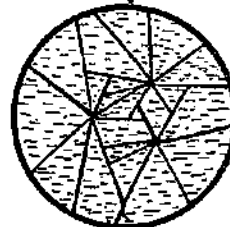
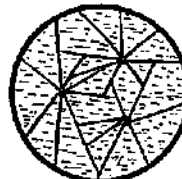
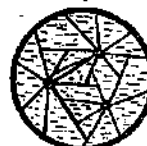
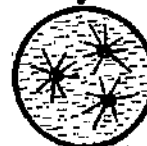
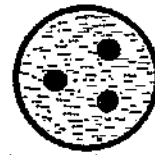
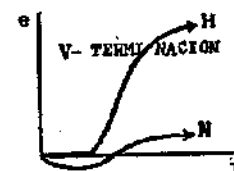
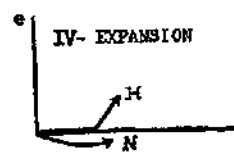
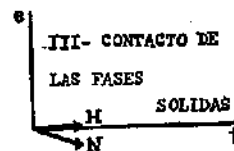
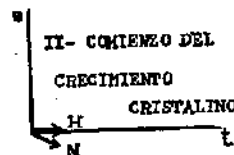
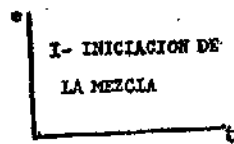
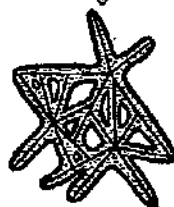
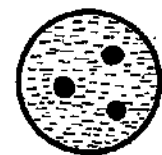
SKINNER PHILLIPS.

CONDICIONES DEL CURVA DE EXPANSION CONDICIONES DEL

FRAGUADO NORMAL

Vs. TIEMPO

FRAGUADO HIGROSCOPICO

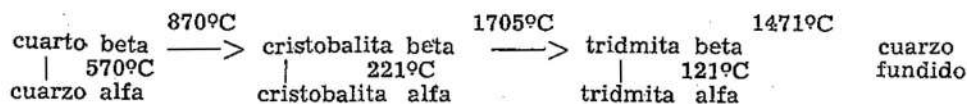


EFEECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL MATERIAL REFRACTARIO:

Vimos anteriormente que la sílice puede obtenerse en tres estructuras cristalinas distintas. Cada una de ellas, cuarzo, tridmita y cristobalita, expanden al calentarse, pasando de una forma alfa, más estable a la temperatura ambiente, a la forma beta, estable a altas temperaturas.

Pero, mientras la cristobalita expande hasta 1,70 % a 593°C, el cuarzo lo hace un 1,4 % a la misma temperatura, y la tridmita menos del 1 %. Como vemos, el porcentaje de expansión es mayor para la cristobalita. Ninguna de las tres formas de sílice expande de forma uniforme, sino que todas ellas muestran una interrupción en la uniformidad de la curva de expansión térmica. Según Peyton para la cristobalita la expansión tiene cierta uniformidad hasta los 200°C aproximadamente; a esta temperatura la expansión aumenta bruscamente de 0,5 % a 1,2 % y luego por encima de los 246°C recobra su uniformidad. El cuarzo presenta ese cambio a los 570°C aproximadamente y la tridmita a una temperatura mucho más baja. Y, como vemos, estas temperaturas corresponden a las temperaturas de transición respectivas.

La variedad de sílice denominada cuarzo se encuentra en la naturaleza y puede por calentamiento convertirse en cristobalita y en tridmita. El cuarzo alfa se convierte en cuarzo beta a los 570°C. Si éste se calienta a 870°C y se mantiene a esa temperatura, se convertirá en tridmita beta. De ésta es posible obtener la tridmita alfa o la cristobalita beta. Si se enfría rápidamente la tridmita beta a 121°C y se mantiene a esa temperatura se cambia a tridmita alfa, estable a temperatura ambiente. En cambio si la misma tridmita beta se calienta a 1471°C y se mantiene así se convertirá en cristobalita beta. Calentando posteriormente esta variedad se llegará a producir el cuarzo fundido, pero si se enfría descendiendo la temperatura a 221°C y se mantiene en ese punto se formará la cristobalita alfa.



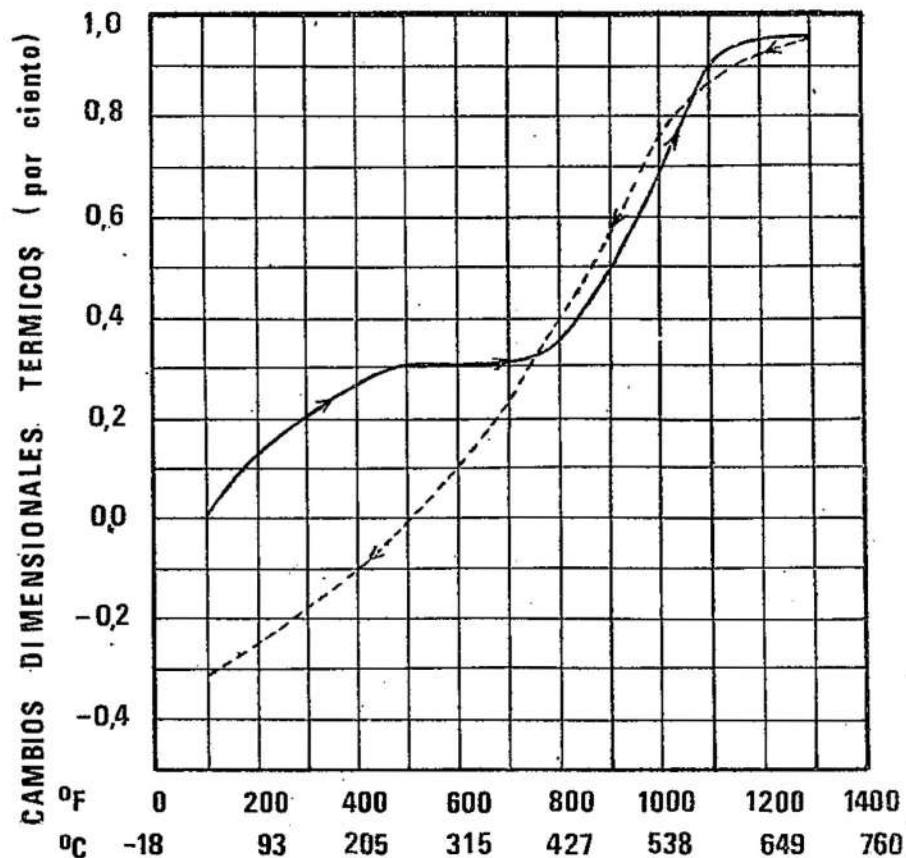
Efecto de la temperatura sobre los aglutinantes de yeso: (en los revestimientos para colados de aleaciones de oro).

Durante el revestido parte del agua mezclada con el revestimiento reacciona con el semihidrato y lo convierte en sulfato de calcio dihidratado, y el resto del agua se distribuye en la mezcla en forma de exceso. Durante el calentamiento, esa agua es la primera que se evapora. Cuando la temperatura alcanza los 104°C el agua de cristalización del sulfato de calcio dihidratado (o sea la que se combinó) se libera expulsándola de la masa del revestimiento y obtenemos así un *sulfato de calcio anhidro*, que se refleja dimensionalmente en una *contracción*. A los 130°C se convierte todo el hemihidrato que pudiera quedar, en anhidrita soluble

(sulfato de calcio anhidro: CaSO_4). A los 200°C se forma una Anhidrita natural relativamente insoluble y por encima de los 1000°C el sulfato de calcio se descompone como ya vimos.

CONTRACCION TERMICA: Cuando después de ser calentado a 700°C el revestimiento se deja enfriar a la temperatura ambiente al producirse a la inversión del cuarzo beta o la de la cristobalita beta a su forma estable, su curva de contracción sigue la trayectoria de la curva de expansión. Pero, luego de la inversión el revestimiento se contrae a dimensiones aún menores que las originales, debido a la pérdida de agua de cristalización del gipso en su calentamiento inicial.

Lo dicho lo apreciamos en la gráfica siguiente:



(Curva de contracción térmica de un revestimiento formado por un cuarzo, hemihidrato alfa y cloruro de sodio).

Si el revestimiento se vuelve a calentar debería dilatarse en la misma forma que lo hizo la primera vez. Sin embargo, en la práctica no es aconsejable hacerlo, debido a que durante el primer enfriamiento y segundo calentamiento, se producen resquebrajamientos internos. Por eso, cuando se calienta para eliminar la cera, ese calentamiento debería continuarse hasta alcanzar la temperatura indicada para colar y realizar el colado, asegurando de esta forma la exactitud.

ALEACIONES DE ORO PARA COLADOS

DEFINICION:

Son el resultado de la adición de metales (nobles y bajos) en distintas proporciones a un cierto porcentaje de oro, con el objeto de cambiar (mejorando) las propiedades del oro, para adecuarlo a los diferentes usos.

GENERALIDADES: Las aleaciones de oro para colados usadas en odontología son principalmente aleaciones terciarias de oro, plata y cobre, modificadas con platino, paladio y zinc. Algunas veces el indio reemplaza al zinc en las aleaciones. El Dr. Pita dice que las aleaciones son del tipo de SOLUCION SOLIDA y tiene por tanto un rango y no un punto de fusión exacto.

TIPOS: Las más conocidas dentro de la odontología son:

- tipo oscuro. (cada uno con su composición especial)
- oro 22K - tipo claro.
- oro de monedas.
- aleaciones amarillas: TIPO I - blando.
TIPO II - mediano.
TIPO III - duro.
TIPO IV - extraduro.
- aleaciones de oro blanco: Tipo 1.
Tipo 2.

Ver tabla en la página siguiente.

Quilate (K): 1/24 del oro de 1 aleación. Ej.: aleación de oro de 22K: 22 partes de oro puro y 2 partes de otros metales.

Fineza: Número de partes de oro por cada 1000 partes de aleación.

Contenido de oro %: un décimo del valor de la fineza.

$$\text{— equivalencia de K y fineza: } \frac{\text{Quilate}}{24} = \frac{\text{Fineza}}{1000}$$

Para el odontólogo es importante por razones económicas y para apreciar el grado de resistencia de la aleación a la pigmentación. Pero, los oros dentales, según Pita, no deben ser seleccionados por el quilate, sino utilizar el tipo de aleación especialmente formulada para cada tipo de trabajo, es decir guiarnos por los distintos tipos establecidos. Definimos cada concepto porque hay textos que aún los utilizan.

METAL O ALEACION		ORO	Cobre	Plata	Paladio	Platino	Zinc	Indio	Iridio o Rodio
Oro 24K (puro)		100		4,5					
Oro 22K (oscuro)		92	3,5	7,5					
" (claro)		92	0,5						
Oro de monedas		90	10,0						
Aleaciones de oro amarillo.	Blando. TIPO I	87	4,0	9,0	0,0-0,5	0-0,5	0-0,5	se usaba en las primeras en una proporción de 0,5 a 5 % gene- ralmente en reem- plazo del Zn	forman parte de la familia del platino y lo sustituyen en parte.
	Media. TIPO II	76	8,0	13,0	2,5	0-1	0,5		
	Duro. TIPO III	70	10,0	15,0	3,0	1,0	1,0		
	Extraduro. TIPO IV	66	15,0	12,0	3,0	2,0	2,0		
Aleaciones de oro blanco									
	Tipo 1	65-70	6-10	7-12	10-12	0-4	1-2		
	Tipo 2	28-30	20-25	25-30	15-20	3-7	0,5-1,5		

COMPOSICION: en %: (en esta tabla se dan las composiciones típicas de aleaciones de plaza).
(de Peyton: Mat. Dent. Rest.).

	QUILATES	PESO % DEL ORO	FINEZA Partes/1000
	24	100,0 % de oro	1000
ORO	22	91,7 % "	916,66
	18	75,0 % "	750,0

EFFECTOS GENERALES DE LOS COMPONENTES:

ORO:

- da ductilidad a la aleación.
- aumenta el peso específico. Pe. oro: 19,30 a los 19,33, es pesado).
- es un factor importante en el tratamiento térmico de la aleación.
- sólo atacable por algunos pocos de los agentes oxidantes más poderosos. Aire, agua, sulfuro de H no lo afectan ni manchan. El ácido sulfúrico, el nítrico y el clorhídrico no lo disuelven. Sí lo hace la combinación de ácido nítrico y clorhídrico (agua regia) formando tricloruro de oro (AuCl_3). También se disuelve en cianuro de potasio y soluciones de bromo y de cloro.
- por tanto aumenta la resistencia a la pigmentación. Para que ésta y la resistencia a la corrosión en la boca sean apropiadas, se piensa que el número de átomos debe ser por lo menos igual al de los átomos de metales bajos, o sea por lo menos un 75 % en peso.

PLATA:

- es el mejor conductor conocido del calor y la electricidad.
- neutraliza el color rojizo del cobre, blanqueando la aleación.
- contribuye a la ductilidad en presencia de paladio.
- mejora dureza y cualidades elásticas.
- es más fuerte y duro que el oro y más blando que el cobre.
- su punto de fusión es $960,5^\circ\text{C}$.
- Ag y Au forman una solución sólida.
- se combina con azufre, cloro y fósforo. La plata pura al estado fundido absorbe cantidades apreciables de Oxígeno, lo que dificulta su colado pues el gas se desprende durante la solidificación. Esto trae aparejada la formación de pequeños orificios, la presencia de porosidad y de una superficie áspera de colado. Esta tendencia se reduce con el agregado de un 10 % de Cu a la Ag y es por eso que los colados se realizan más con aleación que con metal puro.

PLATINO:

- endurece y aumenta la resistencia a la tracción, y también a la pigmentación.

- da elasticidad.
- como su punto de fusión es alto (1755°C) eleva el punto de fusión de la aleación.
- blanquea la aleación y reacciona con el cobre para producir un endurecimiento térmico efectivo.
- su peso específico es 21,37. Por este alto peso y el alto punto de fusión no se combina fácilmente.
- actúa como intermediario de oxidación tomando oxígeno y entregándolo a otro material.

PALADIO:

- sustituye al platino, aunque funde a temperatura más baja, eleva la temperatura de fusión (punto de fusión: 1555°C).
- aclara el color de las aleaciones de oro, hasta el punto de que si hay un 5 ó 6 % blanquea totalmente la aleación.
- aumenta resistencia, dureza y límite proporcional e interviene en el tratamiento térmico.
- reduce el peso específico (el suyo 11,4).
- absorbe gas hidrógeno.
- eficacia en el refinamiento del tamaño del grano de las aleaciones de oro colado.

IRIDIO Y RODIO:

IRIDIO: Según Peyton un 0,3 % es eficaz para refinar el tamaño del grano de las aleaciones de oro colado. Skinner dice que sólo un 0,005 % es suficiente. Es importante porque al ser los cristales más pequeños, aumentan tanto la resistencia a la tracción como el alargamiento (propiedades que generalmente aumentan o disminuyen inversamente).

- es duro, quebradizo.
- peso específico 22,42.
- punto de fusión 2440°C.

RODIO: efecto similar en cuanto al grano.

- es del grupo del platino, y por tanto es caro.

Hasta aquí hemos hablado de los *metales nobles* posibles de existir en la composición de una aleación de oro para colados. Ahora nos referiremos a los *metales bajos*.

COBRE:

- aumenta la resistencia y la dureza.
- acción en combinación con Au, Pt y paladio en el endurecimiento por tratamiento térmico.
- reduce la resistencia a la corrosión y a la pigmentación pues tiende a decolorarse y mancharse por formación de óxidos y sales de cobre.

- aumenta la ductilidad en presencia de metales diferentes al oro.

ZINC:

- reduce el punto de fusión (el suyo: 419°C).
- su peso específico es 7,13.
- se oxida al calentar en aire (óxido blanco), por la humedad ambiente.
- blando, quebradizo, poco resistente (da esas propiedades a la aleación).
- es un buen limpiador de óxidos pues el óxido de zinc que se forma no es soluble en el oro fundido y por lo tanto tiende a colectarse dentro del fundente. Como es liviano de peso, va a la superficie del metal en lugar de juntarse en el colado final.
- la adición de zinc reduce la tensión superficial de las aleaciones de oro fundido facilitándose el colado y el soldaje, al aumentar su capacidad para introducirse en los detalles finos.

ESTAÑO: blanco, brillante. No se mancha; es blando pero en combinación con platino y paladio, endurece la aleación y aumenta la fragilidad.

- punto de fusión 232°C.
- peso específico 7,29.
- contenido: no debe exceder al 5 %.

INDIO: pertenece al grupo de metales del aluminio.

- es blando.
- color blanco grisáceo.
- punto de fusión 156°C.
- no se mancha ni al aire ni al agua; reemplaza al zinc.

NIQUEL:

- blanquea la aleación de oro, modifica su resistencia y dureza.
- es importante en combinación con los metales bajos.

TANTALIO:

- da un color rojizo (oscurece).
- disminuye el punto de fusión.
- disminuye la diferencia de los valores extremos del rango de fusión.
- es duro y resistente a la corrosión.
- se utiliza en lugar del platino en instrumentos de cirugía.
- no se puede colar.

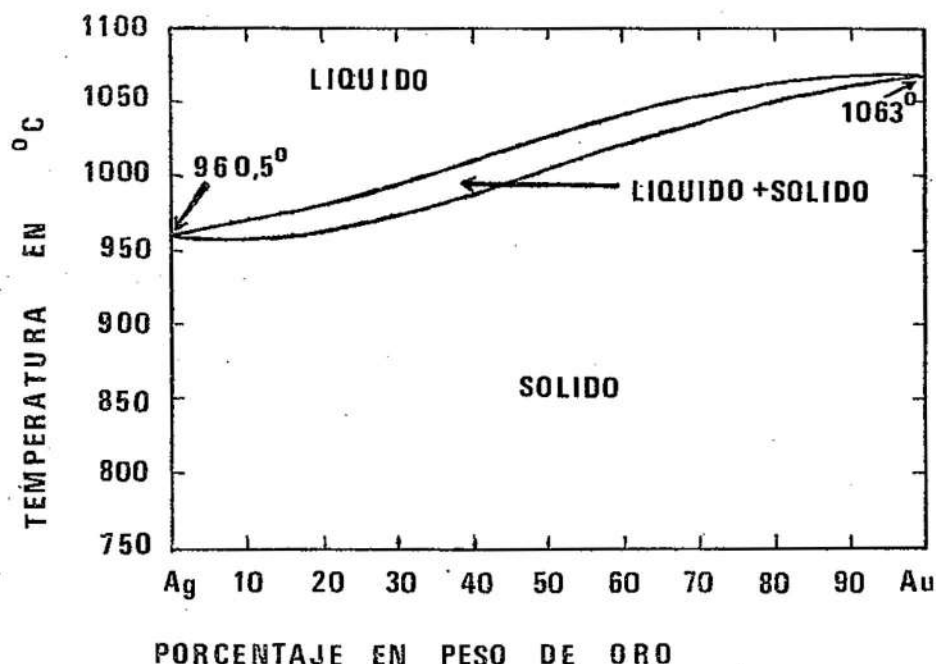
SISTEMAS DE ALEACIONES BINARIAS DE ORO:

Nos interesa conocerlos, para comprender sus efectos sobre la aleación durante los distintos procedimientos de que será objeto.

Las aleaciones complejas no tienen todas las propiedades características del grupo binario, pero sí algunas de ellas.

ALEACIONES DE ORO-PLATA: forman una serie continua de soluciones sólidas cuyo intervalo de temperaturas de fusión está entre los puntos de fusión de los dos metales.

Los dos metales tienen tendencia a separarse durante la solidificación.



La plata aumenta ligeramente la dureza, debido probablemente a los átomos "extraños" dentro del retículo cristalino. Con un contenido de hasta un 35 % de Ag, hay buena resistencia a la pigmentación y corrosión.

Las propiedades generales de la aleación binaria oro-plata no son satisfactorias para la odontología.

ALEACION ORO-PLATINO: forman una serie continua de soluciones sólidas cuyo rango de fusión está entre los puntos de fusión de los dos metales.

Tendencia pronunciada a la segregación del platino del oro durante la solidificación (sobre todo si hay una proporción alta de platino) por haber una distancia amplia entre el líquidus y el sólidus. (Segregación: dentro de cada cristal se unen o se acercan los átomos de platino formando una estructura nucleada inconveniente).

Por eso se limita la cantidad de platino a valores menores de 10 %. Además el platino da un color agrisado que es desagradable.

Se cree que las transformaciones que se producen son debida a un desdoblamiento de la solución sólida, próxima al sólido, en dos soluciones sólidas, una rica en oro y la otra en platino.

ALEACIONES ORO-PALADIO: forman una serie continua de soluciones sólidas, con rangos de fusión entre los puntos de los dos metales.

Las líneas líquido y sólido de estas aleaciones están casi unidas en toda la variedad de combinaciones, y por tanto hay poca tendencia a la separación de estas aleaciones durante la solidificación.

Por esto cuando se necesita elevar el rango de fusión de las aleaciones dentales es mejor agregar cantidades pequeñas de paladio que las correspondientes de platino.

ALEACIONES ORO-NIQUEL: forman una serie de soluciones sólidas con un mínimo de 20 % de níquel en las curvas líquido-sólidas.

El rango de fusión de las aleaciones de oro disminuye con poco níquel. Cuando estas aleaciones tienen un alto contenido en oro, tienden a producirse cierta segregación resultando una estructura cristalina dendrítica en los colados que solidifican lentamente.

ALEACIONES ORO-ZINC: forman una serie compleja de aleaciones, incluyendo compuestos intermetálicos, mezclas eutécticas y soluciones sólidas.

Pero entre las aleaciones de oro que contienen menos de un 10 % de zinc sólo existe el tipo solución sólida.

Las aleaciones son homogéneas pues tienen poca tendencia a separarse durante la solidificación.

OTROS SISTEMAS BINARIOS: en general las propiedades de la aleación representan un promedio aproximado de las propiedades de los metales componentes.

PLATINO-PLATA: poca utilidad. Forman dos series de soluciones sólidas, hay segregación y no se puede colar bien.

PLATA-ESTAÑO: es importante en amalgamas pues se forma la fase gamma.

ESTAÑO-ZINC: forman una mezcla eutéctica con un 9 % de zinc: los dos juntos reducen por tanto el punto de fusión. Se usan para soldaduras.

SISTEMAS BINARIOS COBRE-METAL NOBLE:

ALEACION PLATA-COBRE: es una aleación del tipo eutéctico con 28,1 % de Cu y 71,9 % de Ag. A la temperatura eutéctica 779,4°C (no hay intervalos de temperatura de fusión) hay una solubilidad limitada entre ambas. Las soluciones sólidas formadas son blandas y dúctiles, con tendencia a absorber oxígeno, siendo difícil su colado.

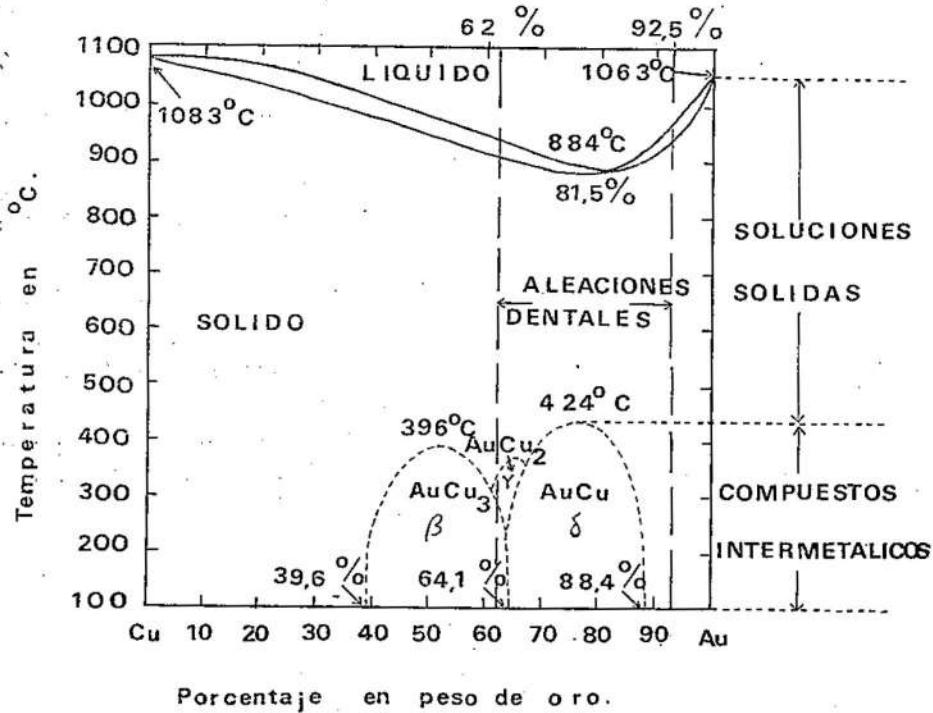
De color rosado, no resisten al manchado.

Con su presencia bajan el punto de fusión.

ALEACION PLATINO-COBRE: serie de soluciones sólidas estables a temperaturas muy inferiores a la curva sólidos. A temperaturas bajas las soluciones sólidas pueden convertirse en los compuestos intermetálicos $PtCu_3$ (50,6 % de Pt) y $PtCu$ (75,5 % de Pt) por precipitación. Este último ocasiona interferencias en los deslizamientos.

ALEACION PALADIO-COBRE: a determinada temperatura existe una serie continua de soluciones sólidas; por debajo de los 670°C y a partir de las soluciones sólidas se producen los compuestos intermetálicos $PdCu$ (62,6 % de Pd) y $PdCu_3$ (36 % de Pd).

ALEACION AuCu: forman una serie continua de soluciones sólidas estables por encima de los 424°C aproximadamente, pero transformables



V

en los compuestos intermetálicos AuCu y AuCu₃, si se calientan a temperaturas inferiores a 424°C. Se considera a este sistema el responsable de la mayoría de los tratamientos térmicos endurecedores que pueden experimentarse sobre las aleaciones de oro dental.

AuCu: importante por su alto contenido de oro, que evita pigmentación y corrosión.

El rango del contenido de oro de las aleaciones amarillas usadas, va desde 62 a 92,5 % aproximadamente. El límite superior es el del oro 22K y el límite inferior, la cantidad de oro presente en algunos alambres y aleaciones de oro para colados en las que el oro está aliado con otros metales.

Al solidificar las soluciones sólidas no aparece el compuesto intermetálico AuCu, mientras no se alcance una temperatura por debajo de 424°C. Desde el punto de vista práctico, las aleaciones dentales coladas dentro de un molde y enfriadas rápidamente por inmersión en agua desde una temperatura superior a 424°C, estarán bajo forma de solución sólida (blanda, dúctil, poco resistente). Si se deja enfriar lentamente, la solución sólida se transforma en el compuesto AuCu por el acondicionamiento de los átomos más ordenadamente en el reticulado espacial cristalino (aumenta resistencia, dureza y pierde ductilidad). Esto es la base del tratamiento térmico endurecedor.

No todas las aleaciones de oro para aplicaciones odontológicas están sometidas a la formación del compuesto entre el oro y el cobre y no son por tanto susceptibles a un tratamiento endurecedor por el calor.

Las aleaciones con más de 88 % de Au no forman compuestos y no responden a las diferentes condiciones de calentamiento y enfriamiento durante el colado y el soldaje, como consecuencia directa de ello.

En las aleaciones conocidas, que contienen hasta seis componentes, con las variaciones en temperatura y composición se producen probablemente fases intermedias complejas, difíciles de predecir con certeza.

Recordaremos ahora tres definiciones importantes para entender este tema:

SOLUCION SOLIDA: es un sistema constituido por una sola fase, en el que los átomos de un metal sustituyen, dentro del reticulado espacial de otro, a algunos átomos de éste último. Estos dos o más metales no son separables mecánicamente. El solvente es aquel cuyo reticulado espacial persiste y el soluto es el otro metal. Si los dos son solubles mutuamente y tienen igual reticulado espacial, el metal considerado solvente es aquel cuyos átomos ocupan más de la mitad del número existente en el reticulado espacial. No hay cambios químicos, los metales se combinan en todas las proporciones y las propiedades de la solución son el promedio de las propiedades de los componentes.

COMPUESTO INTERMETALICO: es la combinación química de metales parcialmente solubles entre sí. Los átomos se combinan en proporciones estequiométricas en un reticulado espacial complejo. Son duros

y frágiles. Las propiedades son diferentes de las individuales de los metales que los forman.

ALEACION EUTECTICA: mezcla, no combinación química. Es una aleación soluble en estado líquido, insoluble en estado sólido. Su punto de fusión es menor que cualquiera de los componentes. Cada grano o cristal está compuesto de un solo metal.

TRATAMIENTO TERMICO:

TRATAMIENTO TERMICO: Método de ablandamiento: es el "enfriamiento brusco por inmersión" al que se somete a una aleación del tipo solución sólida para lograr que uno de sus metales constituyentes, soluble a altas temperaturas, se mantenga en solución, sin precipitar. Según las especificaciones de la A.D.A. (la N° 5 concretamente) para ablandar una aleación se coloca la aleación en un horno a $700 \pm 10^{\circ}\text{C}$ durante 10' y luego se sumerge rápidamente en agua a temperatura ambiente. Durante estos 10' todas las fases intermedias experimentan un cambio formando una solución sólida desordenada y el enfriamiento rápido impide que se reorganicen. Aumenta la ductilidad y esto permite realizar trabajos en frío en la boca, como bruñir una incrustación, etc.

Método de endurecimiento: si en cambio se enfría lentamente la solución sólida, los átomos de metal parcialmente soluble a alta temperatura, difunden para formar una nueva fase que precipita dentro de la fase de origen o solución sólida.

Se logra un ordenamiento atómico dentro del cristal, llegando a producir un compuesto que contenga una proporción definida por peso (este quimétrica) de los dos componentes. Esta fase precipitada puede tener una dimensión reticular diferente de la de la solución sólida. La precipitación es, generalmente al azar, y con frecuencia en los espacios intergranulares, o sea en los espacios entre los cristales. Estas distorsiones localizadas son las que impiden prácticamente los deslizamientos, reduciendo la ductilidad y aumentando la resistencia, dureza, y límite proporcional (formación de compuestos intermetálicos). Es el método de endurecimiento térmico.

Es importante la velocidad de enfriamiento que experimenta la aleación dentro del rango de temperatura (450 a 250°C) porque cuanto más tiempo tarde, mayor será la cantidad de compuesto oro-cobre y más dura se volverá la aleación. Según la Especificación N° 5 de la A.D.A. para endurecer una aleación se coloca en un horno calentado a $450 \pm 5^{\circ}\text{C}$, se deja 2' y se reduce la temperatura uniformemente a un régimen de $7 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por minuto hasta llegar a $250 \pm 5^{\circ}\text{C}$ en 30' y se sumerge en agua a la temperatura ambiente para fijar la estructura. Pero en general en esta forma las aleaciones se vuelven quebradizas, por eso, ese método se deja sólo para procedimientos de prueba. En la práctica, si se enfría en horno, se lo hace generalmente solo durante 15', para obtener buenas propiedades.

Si la aleación se vuelve a calentar, se disuelven otra vez los meta-

el fabricante, dependiendo de la composición, pero en general la temperatura es de 350°C durante 10 a 15', antes de sumergirlo en agua.

El baño de sales está compuesto de partes iguales de nitrato de potasio y nitrato de sodio. La mezcla funde entre los 200 y 300°C y es un medio conductor del calor que posibilita la uniformidad de transmisión de éste a la pieza colada. No reacciona sobre la aleación. Esta deberá estar seca, y libre de restos de cera, porque de lo contrario tanto la cera como el agua, al evaporarse a altas temperaturas provocaría explosiones y por lo tanto lanzamiento del líquido hirviendo fuera del recipiente.

PROPIEDADES:

Oro de monedas:

Fue uno de los primeros en aplicarse en restauraciones dentales.

Es blando, poco resistente, y de color oscuro, por su contenido de cobre, (10 %).

Es precisamente el Cu que modificando al oro 24K, le da mayor resistencia y duración.

Oro 22K:

Fue muy usado por años.

Actualmente, se utiliza pero trabajando en frío y para soldajes.

Tiene poca resistencia y mejor color que el oro de monedas. Cuela fácilmente.

Su color varía según el porcentaje relativo de Ag y Cu.

Ambas son aleaciones blandas y débiles pero dúctiles. No experimentan modificación en sus propiedades por el tratamiento térmico.

Aleaciones de oro amarillas: En este tipo de aleaciones se debe evitar el calentamiento prolongado de la aleación pues se formarían óxidos por el contenido de Cu y Zn. También se producen microporosidades en les y obtenemos la solución sólida con más ductilidad y menor resistencia, etc.

En las incrustaciones pequeñas se puede utilizar la llama del mechero y luego de calentarse al rojo, se enfrían bruscamente en agua. De utilizarse los hornos son convenientes los que tienen termorreguladores.

Otro método de tratamiento térmico es el de "inmersión" que consiste en colocar la estructura o aparato en un baño de sal fundida a una temperatura fija y por un período de tiempo definido, después de lo cual se sumerge en agua. El tiempo y la temperatura serán los indicados por el colado, por inclusión de gas en la aleación fundida.

Se debe calentar a una temperatura en que el metal esté bien fundido (por encima del rango de fusión).

Las propiedades de dureza y elasticidad son muy importantes en restauraciones metálicas y bases de prótesis parciales, por ejemplo. Debemos recordar que al aumentar la dureza, aumenta proporcionalmente el límite proporcional y la resistencia a la tracción y disminuye el alargamiento, pues el límite proporcional representa la resistencia a la deformación permanente bajo una fuerza. Según la A.D.A. el número Brinell se determina aplicando una fuerza de 15 Kg. durante 30" por intermedio

de una esfera de acero de 1,59 mm. de diámetro. El diámetro de la depresión se establecerá midiendo dos diámetros perpendiculares entre sí y su promedio será el utilizado para el cálculo del número de dureza.

$$NB = \frac{P}{\pi \frac{D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

P: carga de la prueba en Kg.

d: diámetro de la impresión en mm.

D: diámetro de la esfera en mm.

Las aleaciones Tipo I y II no cambian apreciablemente por un tratamiento térmico, por eso en el cuadro sólo se anota un valor de propiedades. En cambio, en el caso de los Tipos III y IV, tenemos dos valores para cada aleación: Ablandada (A) y Endurecida (E). Este diferente comportamiento frente al tratamiento térmico es según Peyton debido a que la relación Au/Cu de los Tipos III y IV es la necesaria para producir compuestos intermetálicos entre estos dos metales, necesarios para el endurecimiento de las aleaciones de oro.

Blanda - Tipo I:

- dureza Brinell baja (entre 40 y 75).
- bastante dúctiles como para ser estiradas y adaptadas (bruñidas).
- pueden ser deformadas fácilmente con poca aplicación de fuerza, (límite proporcional bajo).
- funden a altas temperaturas.

Tiene propiedades generales parecidas al oro 22K, como se desprende de lo anterior.

Mediano - Tipo II:

- tiene buenas cualidades de ductilidad.
- dureza Brinell entre 70 y 100.
- no se pueden bruñir fácilmente por su mayor dureza y límite proporcional más alto.

Sus propiedades son similares a las del oro de monedas, pero es superior a él en su facilidad de fusión y capacidad de colado.

Duro - Tipo III:

- número de dureza Brinell entre 90 y 140.
- porcentaje de alargamiento más bajo.
- responden al tratamiento térmico durante el colado y enfriamiento, y puede, aumentando la dureza Brinell en poco número, reducir apreciablemente el alargamiento.

Extraduro - Tipo IV:

Puede duplicar su número de dureza Brinell con el tratamiento endurecedor. Se duplica también la resistencia.

El alargamiento se reduce mucho, por consiguiente para que la aleación no sea excesivamente frágil se establece un mínimo de 4 a 6 % de alargamiento.

La temperatura de fusión es más baja por el mayor porcentaje de Cu. Cuando más paladio y platino haya son más duras y resistentes las aleaciones Tipo IV.

Vemos en el cuadro que la temperatura de fusión (rango, en este caso) decrece a medida que en la composición de la aleación disminuye la cantidad de oro.

Aleaciones de oro blanco: — su color es debido a su porcentaje de paladio y plata.

Fórmula de composición según patente aparecida en 1934:	5 a 15 % de oro
	22 a 30 % de paladio
	37 a 50 % de plata
	10 a 20 % de cobre
	0,5 a 5 % de indio

Fórmula de composición según patente aparecida en 1935:	25 a 65 % de oro
	2 a 25 % de paladio
	10 a 33 % de plata
	10 a 25 % de cobre
	0,5 a 5 % de indio
	0,5 a 10 % de platino

Como vemos se utilizaba el indio en lugar del Zn. Eran más susceptibles a la oxidación.

— al recibir tratamiento térmico aumentan más la dureza que las aleaciones de oro amarillas y por tanto reduce más su alargamiento, (ductilidad baja) pudiendo llegar a sólo 2 %. Y aumenta su límite proporcional y su resistencia a la pigmentación.

— necesitan más cuidado al ser coladas y son más caras que las amarillas.

— punto de fusión alto por el paladio.

Corrosión: El contenido de metales nobles de una aleación debe ser lo suficiente para prevenir la corrosión. Usando las aleaciones de oro que cumplan las Especificaciones de la Asociación Dental Americana, no existe prácticamente el problema de la corrosión.

Pero si una restauración de oro está en contacto con otra compuesta de metales diferentes, como por ejemplo una amalgama, es posible que ocurra una pigmentación y una corrosión electrolítica. Esta corrosión depende de las diferencias de tensión electromotriz y la resistencia electroquímica de los metales y aleaciones, y ello produce *corrientes galvánicas*. Como resultado de ello el mercurio y otros elementos de la amalgama pueden difundir en la aleación de oro. Debido a la falta de homogeneidad de la aleación de oro resultante de tal contaminación y a su potencial de solución con respecto al de la amalgama, se ocasionan productos de corro-

sión de colores variables, dependientes de los productos químicos formados.

Pero aún sin estar presentes otras restauraciones diferentes del oro en la boca éstas se pueden pigmentar, por falta de homogeneidad superficial de la aleación, debida a la nucleación y a inclusiones.

Un medio de reducir la nucleación es modificar la composición de las aleaciones de manera que durante la solidificación tenga un corto intervalo de temperaturas de fusión. Son excelentes las aleaciones de Au-Cu.

La adición de platino y paladio pueden alargar ese intervalo de temperaturas y producir una cantidad de nucleación indeseable.

Calentando una restauración colada a una temperatura próxima a la de sólidos, en un tiempo especificado, es posible homogeneizarla. Se comprobó que al colocar en boca una prótesis parcial de oro colado sin homogeneizar se producía una pigmentación más apreciable y molestias como aumento de salivación, sensación de ardor en la lengua y en pocos casos lesiones en las mucosas. Estas lesiones casi siempre son irritativas, y se producen porque en la boca se forman sales metálicas con los ácidos que contiene la saliva, y estas sales de metales pesados son casi siempre cáusticas e inflamatorias. Incluso pueden darse reacciones alérgicas con manifestaciones en zonas alejadas de la boca, según las características de cada paciente.

(Estructura homogénea de una aleación: cuando todos los componentes de la aleación están distribuidos en la misma proporción en todos los cristales. En una estructura heterogénea pueden estar acumulados en un retículo átomos de metales no preciosos (Cu, Zn), mientras otro retículo contiene principalmente átomos de metales preciosos (oro, platino, paladio). En este último caso es muy probable que se produzcan procesos de disolución al no cumplirse la "regla de resistencia de Tammann" que dice que los componentes preciosos de una aleación, solo protegerán a los componentes comunes del cristal mixto contra las influencias disolventes exteriores, si existen determinadas proporciones numéricas entre los átomos de metal precioso y los de los metales comunes. El límite de resistencia de una aleación de oro lo alcanza cuando contiene un 50 por ciento de átomos de oro. O sea que es preferible que tenga más cantidad de oro o de otros metales preciosos pues las aleaciones cuya composición se halla por debajo de la línea de resistencia de Tammann no son resistentes a la corrosión en boca, y pueden convertirse en agentes patógenos).

Contracción de colado: Las aleaciones de oro se contraen a medida que enfrían; podemos establecer tres etapas:

- 1) contracción del estado líquido (temperatura a que se calentó la aleación para que fundiera totalmente) al punto más alto del rango de temperaturas de fusión, o sea al punto de comienzo de solidificación, primer momento en que se desvía la gráfica.

- 2) contracción del metal mientras solidifica. Cuando el metal está fundido el movimiento de las moléculas es relativamente grande y están

separadas por grandes espacios. A medida que el metal se enfría la separación es reducida considerablemente. Es el cambio típico del estado líquido al sólido. Se produce entre los extremos del rango de fusión.

3) contracción térmica del metal sólido desde la temperatura más baja del rango o temperatura sólidos, a la temperatura ambiente.

Según experiencias realizadas, colando varias aleaciones dentro de un molde cilíndrico de 3,2 mm. de diámetro y 76,2 mm. de longitud, se comprobó que la contracción de colado se sitúa en $1,25 \pm 1 \%$.

USOS:

Oro 22K: Se utiliza en restauraciones que estén protegidas de fuerzas masticatorias.

Oro de monedas: se utiliza en restauraciones no expuestas a esfuerzos.

Aleaciones de oro amarillo:

Tipo I: se utiliza en restauraciones sometidas a tensiones muy leves durante la masticación, como por ejemplo incrustaciones de áreas gingivales e interproximales de los dientes y también ciertas incrustaciones oclusales de diseño y ubicación tal que no estén sometidas a potentes fuerzas. También en restauraciones que se desee bruñir, sobre todo si se obtuvo por método directo y hay que terminar en boca.

Tipo II: En restauraciones sometidas a tensiones moderadas, como coronas 3/4, completas, etc. En realidad es la más usada en todos los casos de incrustaciones coladas.

Tipo III: se utilizan en todos los casos en que la restauración está sometida a grandes tensiones, como coronas delgadas, pilares de puentes anteriores y posteriores.

Tipo IV: en restauraciones que soporten grandes tensiones y que tengan sección delgada como coronas 3/4 que no estén sometidas al trabajo manual o a las operaciones de bruñido, dentaduras parciales con ganchos, prótesis coladas de una sola pieza, retenedores, etc.

Resumen de los requisitos de la especificación N° 5 de la A.D.A. para aleaciones de oro para colados dentales:

TIPO	COMPOSICION		PROPIEDADES FISICAS					
	Oro y metales del grupo del platino	Nº de dureza Brinell	Resistencia traccional		Alargamiento medida long. 5 cm.		Temperatura de fusión	
	Aproximación 0,5 %	Mínimo %	Abland. Min.	Endur. Máx.	Endurecida Mínimo Kg./cm ²	Abland. Min. %	Endur. Min. %	Mínimo °C
I	83		70	100	—	18	—	930
II	78		40	75	—	12	—	900
III	78		90	140	—	12	—	900
IV	75		130	—	200	6350	10 2	870

PROPIEDADES MECANICAS

METAL O ALEACION	LIMITE PROPOR- CIONAL 100 Kg./cm. ²		RESISTEN- CIA A LA TRACCION 100 Kg./cm. ²		ALARGA- MIENTO %		B. H. N.		Módulo de elasticidad 100 Kg./cm ²	Tempera- turas y rangos de fusión típicos °C	Densi- dad	Contrac- ción de colado
Oro 24 K	1,06		10,54		22		24			1063	19,3	1,67
Oro 22 K (osc.)	8,44		24,60		30		54			971		1,50
Oro monedas	40,42		15,82		30		85			926 a 940		
	típico	rango	típico	rango	típico	rango	típico	rango				
Aleaciones de oro amarillo	TIPO I	7,03	6 a 10	21,6	21 a 32	30	20 a 35	69	45 a 70		1005 a 1071	1,56
	TIPO II	14,1	14 a 18	28,1	22 a 38	25	20 a 55	85	80 a 90	7733	894 a 968	1,37
	TIPO III	A 17,6	16 a 21	36,6	34 a 40	20	20 a 25	105	95 a 115		929 a 999	1,42
		E 21,1	20 a 41	43,2	42 a 57	12	6 a 20	115	115 a 165			
	TIPO IV	A 27,4	24 a 33	51,7	42 a 52	20	4 a 25	140	130 a 160		888 a 949	
		E 50,6	42 a 64	78,0	70 a 84	4	1 a 6	225	210 a 235			
Aleaciones de oro blanco	TIPO 1	16,6 a 21,1		35,2 a 40,1		9 a 18		105 a 115		10545	982 a 1065	
	TIPO 2	A	35,2 a 38,7		57,7 a 61,2		9 a 12		160 a 180		910 a 988	
		E	45,7 a 70,3		71,6 a 80,8		2 a 3		220 a 280			

Aleaciones de oro blanco: Se emplean para los mismos tipos de restauraciones que las aleaciones de oro amarillas.

COLOR: debe ser el especificado por el comprador.

El fabricante debe dar las instrucciones para el tratamiento térmico ablandador y endurecedor para aleaciones del tipo III y IV, y los intervalos de temperatura de fusión de todos. Cada aleación deberá llevar adjunto además, el número de remesa, fecha de fabricación y peso neto

BIBLIOGRAFIA

1. A.D.A. Guía de Materiales Dentales. P. 31-36; 73-85; 154-160; 165-169; 170-174. 3ª Ed. Talleres gráficos Universitarios. Mérida. Venezuela. 1970.
2. Häulp, K. Meyer, W., Schuchardt, K., Tratado general de odontoestomatología. Tomo V. Trad. 2ª Ed. P. 735-737; 781-808. Ed. Alahambra. Madrid. 1965.
3. Moscardi, Ch. Compuestos del Gipso. Repartido de la Cátedra de Materiales Dentales. Secretaría de Apuntes. C.E.O. Facultad de Odontología. Montevideo. 1971.
4. Peyton, F. A. Materiales Dentales Restauradores. Trad. Ed. Mundi. Bs. Aires. 1964.
5. Pita, O. Ceras, Revestimientos y Colados. R. Odont. Urug. 3; 101-104; 1947.
6. Pita, O. Ceras, Revestimientos y Colados. R. Odont. Urug. 4; 5-40; 1948.
7. Skinner, E., Phillips, R. W. La Ciencia de los Materiales Dentales. Trad. 6ª Ed. Ed. Mundi. Bs. Aires. 1970.
8. Soudder, W., Paffenbarger, G. Propiedades Físicas de los Materiales Dentales. Trad. Oficina Nacional de Normas. EE.UU.. 1949