

**Determinación de la Pérdida de Peso y las Mejoras en la Estabilidad Dimensional para *Pinus radiata* D.Don. en un Tratamiento Térmico con Oxígeno.**

Patrocinante: Sr. Hernán Poblete W.

Trabajo de titulación presentado como parte de los requisitos para optar al Título de **Ingeniero en Maderas.**

**GAVINO PATRICIO UGALDE VIDAL - cristianquil6@gmail.com**

VALDIVIA

2003

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

Patrocinante : Sr. Hernán Poblete Wilson \_\_\_\_\_  
Informante : Dr. Roberto Juacida Percaz \_\_\_\_\_  
Informante : M. Sc. Silvana Marianni Alvarez \_\_\_\_\_

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

---

Sr. Hernán Poblete Wilson

## INDICE DE MATERIAS

|       | Página  |    |
|-------|---|----|
| 1.    | INTRODUCCION.   | 1  |
| 2.    | MARCO TEORICO.  | 2  |
| 2.1   | Efectos Generales de la Temperatura.                          | 2  |
| 2.2   | Efectos de la Temperatura en la Estructura.                   | 4  |
| 2.3   | Efectos de la Temperatura en los Componentes de la Madera.    | 4  |
| 2.3.1 | Efecto sobre la hemicelulosa.                                 | 4  |
| 2.3.2 | Efecto sobre la Celulosa.                                     | 5  |
| 2.3.3 | Efecto sobre la Lignina.                                      | 5  |
| 2.4   | Efecto del Tratamiento Térmico en la Estabilidad Dimensional. | 6  |
| 3.    | DISEÑO DE INVESTIGACION.                                      | 7  |
| 3.1   | Materiales.   | 7  |
| 3.1.1 | Madera de Pino Radiata, crecido en Chile.                     | 7  |
| 3.1.2 | Cámara de climatizado.  | 7  |
| 3.1.3 | Estufa de secado.   | 8  |
| 3.1.4 | Balanza analítica.  | 9  |
| 3.1.5 | Medidor lineal.   | 9  |
| 3.2   | Métodos.  | 10 |
| 3.2.1 | Mediciones previas.   | 10 |
| 3.2.2 | Tratamiento térmico.  | 10 |
| 3.2.3 | Mediciones posteriores al tratamiento.                        | 10 |
| 4.    | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.                                       | 11 |
| 4.1   | Hinchamiento.   | 12 |
| 4.2   | Contenido de Humedad de Equilibrio.                           | 15 |
| 4.3   | Pérdida de peso.  | 17 |
| 4.4   | Discusión de los resultados.                                  | 15 |
| 5.    | CONCLUSIONES.   | 18 |
| 6.    | BIBLIOGRAFIA.   | 20 |
|       | ANEXOS  | 22 |
|       | DATOS HINCHAMIENTO TESTIGOS                                   | 22 |
|       | DATOS HINCHAMIENTO 150°C                                      | 27 |
|       | DATOS HINCHAMIENTO 185°C                                      | 32 |
|       | DATOS HINCHAMIENTO 220°C                                      | 37 |
|       | DATOS EMC TESTIGOS  | 43 |
|       | DATOS EMC 150°C   | 45 |
|       | DATOS EMC 185°C   | 48 |
|       | DATOS EMC 220°C   | 50 |

## INDICE DE CUADROS

|          |  | Página |
|----------|--|--------|
| Cuadro 1 | Resumen de hinchamientos en los distintos climas.              | 12     |
| Cuadro 2 | ASE Resumen para los distintos climas.                         | 14     |
| Cuadro 3 | Resumen del EMC para los distintos climas.                     | 15     |
| Cuadro 4 | Resumen de la pérdida de peso para los distintos tratamientos. | 17     |

## INDICE DE FIGURAS

|            |  | Página |
|------------|--|--------|
| Figura 1.  | Formato de las probetas.   | 7      |
| Figura 2.  | Cámara de climatizado.   | 8      |
| Figura 3.  | Estufa de secado.  | 8      |
| Figura 4.  | Balanza analítica.   | 9      |
| Figura 5.  | Medidor lineal.  | 9      |
| Figura 6.  | Efecto de los tratamientos térmicos en el hinchamiento radial..    | 13     |
| Figura 7.  | Efecto de los tratamientos térmicos en el hinchamiento tangencial. | 13     |
| Figura 8.  | ASE radial para los tratamiento realizados a 150°C y 185°C.        | 14     |
| Figura 9.  | ASE tangencial para los tratamiento realizados a 150°C y 185°C.    | 15     |
| Figura 10. | EMC para todos los tratamientos en los distintos climas.           | 16     |
| Figura 11. | Pérdida de peso por cada tipo de tratamiento.                      | 17     |

## RESUMEN EJECUTIVO.

El presente trabajo de titulación tiene por tema el análisis de los cambios que provoca en la madera un tratamiento con alta temperatura. Se determinó la disminución en la higroscopicidad de la madera mediante la obtención de contenidos de humedad en equilibrio e hinchamiento para distintas humedades relativas. Paralelamente a ello se analizó la pérdida de masa originada por el tratamiento térmico.

Las probetas fueron obtenidas de madera seca de pino radiata (*Pinus radiata* D. Don.). En los talleres del Instituto de Tecnología de Productos Forestales de la Universidad Austral de Chile (TEIM) se cortaron probetas de acuerdo con la norma DIN 52184 para obtener dimensiones de 50 x 50 x 10 mm. La norma exige que la disposición de los anillos sea lo mas tangente al canto posible, que la probeta debe estar libre de nudos, libre de canales resiníferos y con una distancia entre anillos uniforme. Todas estas especificaciones se cumplieron estrictamente al momento de preparar las probetas.

Las probetas fueron climatizadas a 65% de humedad relativa (HR) y a 20°C. La norma DIN 52184 exige que para determinar si las probetas han alcanzado el contenido de humedad de equilibrio (EMC), el cambio en su peso en un lapso de 24 horas debe ser inferior al 0.1%. Cuando se alcanzó el EMC se secaron hasta peso anhidro, se midió el peso y la dimensión tangencial, radial y longitudinal de cada una de las probetas. Posteriormente se realizaron los tres tratamientos propuestos; a 150°C, a 185°C y a 220°C, todos ellos con una duración de 24 horas, contabilizadas desde el momento en que se alcanzaba la temperatura del tratamiento. Después del tratamiento se volvieron a hacer las mediciones de masa y dimensión, para poder obtener la pérdida de masa por la descomposición térmica. También se dejaron probetas testigo.

Posteriormente se procedió a tratar las probetas en una cámara de clima en los laboratorios de la Universidad del Eidgenössische Technische Hochschule, ubicado en la ciudad de Zürich, Suiza. Los climas aplicados fueron 6; 35%, 50%, 65%, 80%, 90% y 95% de HR, todos a 20°C. Para terminar cada clima se verificaban los cambios de peso según DIN 52184, después se medían el peso y las tres dimensiones de cada probeta determinando el EMC y el hinchamiento.

Los resultados del análisis de pérdida de peso fueron de un 7% para el tratamiento a 150°C, de 14% para el de 185°C y de 43% para el de 220 °C. El EMC para las probetas tratadas a 150°C se redujo en un 9% aproximadamente para un clima 95%/20°C en comparación a las probetas no tratadas. Para el tratamiento a 185°C esta reducción fue de 35% y de 37% para el tratamiento a 220°C.

En lo que respecta al hinchamiento, el tratamiento a 150°C obtuvo un 7% de reducción en comparación al hinchamiento de las probetas testigos, mientras que el de 185°C lo redujo en un 35%, el de 220°C no lo redujo.

En base a los resultados se concluyó que la madera de pino radiata crecido en Chile responde bien al tratamiento térmico. Efectivamente la adsorción de agua se vio disminuida. Como consecuencia de lo anterior se estableció que la madera tratada térmicamente posee menores cambios dimensionales por acción del agua.

---

Palabras Clave: Tratamiento térmico, estabilidad dimensional, pérdida de masa, pino radiata.

## SUMMARY

The present work of titulation has by subject the analysis of the changes that take place in the wood for a treatment with high temperature. It was obtained the decrease in the wood hygroscopicity through the obtention of equilibrium moisture contents and swelling for different relative humidities. Parallelly to that, it was analized the loss of mass originated by the heat treatment.

The samples were obtained from dry wood of radiata pine (*Pinus radiata* D. Don.). In the workshops of the Institute of Tecnology of Forest Products in the Universidad Austral of Chile (TEIM) it was cuted samples in agreement with the norm DIN 52184 to obtain dimensions of 50 x 50 x 10 mm. The norm demands that the arrangement of the growing rings must be tangential to the edges, that the samples must be free of knots, free of resin channels and with a uniform distance between growing rings. All these specifications were fulfilled strictly at the time of preparing the samples.

The samples were conditioned to 65% of realtive humidity (HR) and to 20°C. The norm DIN 52184 demands that to determine if the samples have reached the equilibrium moisture content (EMC), the change in its weight in a lapse of 24 hours must be inferior to the 0.1%. When the EMC was reached the drying of the samples until anhydrous weight was started, it was measured the weight and tangential, radial and longitudinal dimensions of each one of the samples. Later the three proposed treatments were made; to 150°C, to 185°C and 220°C, all of them with a duration of 24 hours, counted from the moment at which the temperature of the treatment was reached. After the treatment it was made the measurements of mass and dimension again, to be able to obtain the loss of mass by thermal descomposition. All these measurments were made also for non treated samples.

Later the samples were conditioned in a climate chamber in the laboratories of the University Eidgenössische Technische Hochschule, located in the city of Zürich, Switzerland. The applied climates were 6; 35%, 50%, 65%, 80%, 90% and 95% of relative humidity, all to 20°C. In order to finish each climate the changes of weight were verified in agreement with DIN 52184, after that the weight and the three dimensions of each sample were measured determining the EMC and the swelling.

The results for the analysis of loss of weight were 7% for the treatment to 150°C, of 14% for the one to 185°C and 43% for the one to 220 °C. The EMC for the samples treated to 150°C was reduced in approximately a 9% for a climate 95%/20°C in comparison to the nontreated samples. For the treatment to 185°C this reduction was of 35% and 37% for the treatment to 220°C.

In which it concerns to the swelling, the treatment to 150°C obtained a 7% of reduction in comparison to the swelling of the nontreated samples, whereas the one of 185°C reduced it in a 35%, the one of 220°C did not reduce it.

On the basis of the results it was concluded that the wood of radiata pine grown in Chile responds well to the heat treatment. Indeed the water adsorption was diminished. As a result of the previous effect it was settled down that the heat treated wood has minors dimensional changes by action of the water.

---

Keywords: Heat treatment, dimensional stability, loss of mass, radiata pine.

## 1. INTRODUCCION.

La inestabilidad dimensional de la madera ante cambios en las condiciones atmosféricas y la poca durabilidad de muchas especies, han motivado la investigación de tratamientos con temperatura que tiendan a mejorar estas características (Vernois, 2000).

Para reducir los cambios dimensionales en la madera, se ha recurrido a innumerables técnicas y procesos. A mitad del siglo pasado se determinó que al tratar la madera con altas temperaturas (>100 °C) se ayudaba a disminuir la captación de agua por parte de la madera. Desde ese momento muchas investigaciones han sido desarrolladas y cada una de ellas trajo una nueva variante al proceso. En Alemania se experimentó con el uso de aceite (Rapp y Sailer, 2000), en Finlandia con el uso del vapor (Jämsä y Viitaniemi, 2000) y en Noruega con el proceso térmico - químico Plato (Militz y Tjeerdsma, 2000). Así distintas variables participan en la búsqueda de la obtención de nuevas características; madera con un considerable aumento en su estabilidad dimensional y con una mayor resistencia al ataque de hongos e insectos.

En todos los casos mencionados en el párrafo anterior, la aplicación de temperatura es un elemento común. El tratamiento térmico de la madera provoca variados efectos, siendo el principal el reducir la higroscopicidad. Esto se logra por la modificación de la estructura química de algunos de los componentes a través de una pirólisis en atmósferas controladas (Vernois, 2000).

Con estas nuevas características la madera modificada puede usarse en la construcción como revestimiento de exteriores, marcos de ventana, pisos, muebles de terraza o cualquier uso en la intemperie sin contacto con el suelo ya que los cambios posteriores producidos por la eventual adsorción de agua serán disminuidos por el tratamiento.

En este trabajo de titulación se revisaron las publicaciones, libros y avances que se han hecho en el tema y se efectuó un ensayo tratando madera de pino radiata con diferentes temperaturas. Finalmente se controló el efecto de los tratamientos sobre la pérdida de masa y las variaciones dimensionales de la madera al cambiar las condiciones de humedad relativa del aire.

Considerando lo anterior, se planteó como objetivo general del presente trabajo determinar el efecto de tratamientos con temperaturas mayores a 150 °C sobre la pérdida de masa y la estabilidad dimensional de madera de pino radiata crecido en Chile.

Para realizar el análisis se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Realizar tratamientos térmicos con aire caliente a 150 – 185 y 220°C. En presencia de oxígeno y con circulación de aire.
- Someter las probetas tratadas térmicamente a diferentes condiciones climáticas, variando la HR y dejando la temperatura constante a 20°C.
- Determinar el efecto del tratamiento térmico en la higroscopicidad y la pérdida en la masa que sufre la madera.

## 2. MARCO TEORICO.

### 2.1 Efectos Generales de la Temperatura.

Los procesos de mejoramiento mediante tratamiento térmico han sido desarrollados y optimizados en varios países por un tiempo considerable. Las primeras investigaciones en el tema fueron realizadas por Stamm, Burr y Kline en 1946. Ellos reportan los primeros intentos sistemáticos de aumentar la resistencia de la madera al ataque de hongos en un baño de agua caliente. Buro (1954, 1955) estudió el tratamiento térmico de la madera en diferentes atmósferas gaseosas, siendo el primero en demostrar que aparte de la temperatura, habían otras variables igualmente críticas, como el tiempo de tratamiento y la presencia o ausencia de oxígeno.

Otros aspectos del tratamiento térmico de la madera fueron estudiados en los años que siguieron. Schneider (1973), estudió los efectos de la alta temperatura sobre la madera, específicamente, los cambios en las propiedades mecánicas, en el color y en el EMC, todo esto en el marco de la aceleración del proceso de secado aumentando la temperatura desde los 110°C a los 180°C, sus resultados indicaban una pérdida en el módulo de ruptura y en el de elasticidad que hasta los 150°C no era tan severa, por lo que concluye que una aceleración del proceso de secado aumentando la temperatura es viable solo hasta los 150°C y con piezas de un espesor máximo de 20 mm, mas gruesas significa mayor posibilidades de alabeos y colapso celular. Otro aspecto analizado por varios autores fueron los cambios químicos de la madera tratada térmicamente. En 1963 Sandermann y Augustin analizaron mediante Análisis Térmico Diferencial el comportamiento de los componentes químicos de la madera, sin embargo obtuvieron curvas poco lógicas, por lo que solo pudieron concluir que el mayor producto originado por la acción del calor es la levoglucosa (azúcares anhídridas), la cual aumenta su presencia en un 60% y es originada por la descomposición térmica de la celulosa. Kollmann y Fengel (1965) determinaron la presencia de holocelulosa, alfa-celulosa, hemicelulosa y lignina, entre temperatura ambiente y 180°C, para una especie conífera y una latifoliada, sus resultados muestran que para coníferas la disminución de holocelulosa y alfa-celulosa comienza a los 100°C, mientras que para latifoliadas estos componentes se mantienen constantes. El contenido de celulosa para ambas especies decae fuertemente entre los 150 y 180°C, mientras que el de lignina se comporta en forma estable hasta los 150°C para ambas especies.

Por otro lado, algunos autores se dedicaron a investigar el efecto del tratamiento térmico en la estabilidad dimensional, tema central de este trabajo de titulación. Kollmann y Schneider en 1963 tomaron muestras de Haya (*Fagus sylvatica*) de Encino (*Quercus robur*) y de albura de Pino Silvestre (*Pinus sylvestris*), las pusieron en hornos en presencia de oxígeno a temperaturas entre los 70 y 200°C para diferentes periodos (6, 24 y 48 hr). Concluyeron que a mayor temperatura la adsorción disminuye y por ende la estabilidad dimensional mejora, esto significa por ejemplo que a 90% de HR el contenido de humedad (MC) de Haya tratada a 70°C estaba en 22% y la misma especie tratada a 180°C con 90% de HR tiene un MC de

12%. No ahondaron en las razones que producen esta mejora. En 1973 Burmester agregó presión al tratamiento térmico, para ello tomó muestras de Encino, Haya, Abeto (*Picea abies*) y Pino Silvestre, las trató en autoclave a temperaturas entre 120°C y 160°C. Los resultados dejaron en evidencia una disminución del hinchamiento en un 75% para duramen de Encino, 60% para albura de Haya, 55% para albura y duramen de Pino Silvestre y de 52% para Abeto. En 1983 Giebeler retoma el sistema presurizado, agregándole humedad al proceso, las muestras que tomó fueron de Haya, Abedul, Alamo (*Populus spp.*), Pino Silvestre y Abeto, las temperaturas que usó fueron de 180 a 200°C y la presión de 8 a 10 bar. Determinó una disminución en la contracción de entre 50 a 80%, también determinó pérdidas en el módulo de elasticidad y mejoras en la resistencia a hongos e insectos. Niemz *et al.* (2003) realizaron 3 tratamientos a 200°C con variación de atmósferas (oxígeno, aceite y vacío) para muestras de Abeto. Los resultados muestran que la mayor reducción en el EMC la logra un tratamiento en aceite con 6.4% de MC a una HR de 95%, un poco menos exitoso es el tratamiento con oxígeno con 14.1% para el mismo clima, seguido por el realizado en ausencia de oxígeno con un 20.4%. Las probetas testigo en este trabajo tenían un EMC de 26.3% en ese clima.

En la mayoría de las publicaciones sobre el tratamiento térmico de la madera, se hace referencia a las mejoras en estabilidad dimensional y al aumento de la resistencia a los hongos. También se hace referencia a los cambios negativos en las propiedades mecánicas de la madera concluyendo que la alta temperatura durante el tratamiento aumenta la susceptibilidad a la quebradura y a la formación de grietas, superficies marcadas debido a la exudación de resinas, pérdida de masa y cambios heterogéneos en el color.

Investigaciones más recientes como la de Militz (2002) apuntan a una menor resistencia al ataque de hongos de la madera tratada térmicamente en contacto con el suelo que la que se sugirió en investigaciones más tempranas como la de Jämsä y Viitaniemi (2000) y la de Rapp y Sailer (2000). No obstante sigue siendo muy resistente al ataque de hongos estando sin contacto con el suelo.

Kollmann y Schneider (1963) concluyen que la aplicación de calor a la madera resultaba en importantes cambios en las propiedades físicas, se reduce la adsorción de agua, el peso y el volumen anhidro, lo que delata una pérdida de material. Fengel y Wegener (1966) confirman esto último determinando que para *Picea* comienza una pérdida de masa a los 120°C con un 0.8% y aumenta hasta 15.5% a los 200°C, después de 24 horas de tratamiento.

## **2.2 Efectos de la Temperatura en la Estructura.**

Se sabe que al aplicar calor en la madera, si esta contiene agua se evaporará en mayor o menor cantidad dependiendo de la temperatura aplicada. Si el agua que ha sido evaporada por el calor, corresponde a agua ligada se producirán cambios en la dimensión de la madera. Pero cuando la temperatura aplicada es muy alta (sobre los 200°C) se suma a la contracción por pérdida de agua, la contracción por pérdida de masa.

Esta pérdida de masa ocurre por la descomposición térmica que sufre la pared celular, es decir, se pueden observar modificaciones y fisuras, en la frontera S1 – S2, sobre todo en las esquinas de las células, donde son más vulnerables (Fengel y Wegener, 1966). Este tipo de modificaciones se originan por la descomposición térmica, la cual empieza levemente sobre los 100°C pero ya después de los 250°C es más severa. Este proceso que sufre la madera es llamado pirólisis o carbonización.

Se determinó para Abeto Negro (*Picea mariana*) por observaciones microscópicas que la pared primaria se mantenía en perfectas condiciones hasta los 150°C, después de esta temperatura, la pared primaria quedaba completamente recubierta de una sustancia amorfa formada por lignina y poliosas, y a medida que la temperatura se eleva, la cantidad de esta sustancia aumenta. Las punteaduras se obstruyen con esta misma sustancia amorfa, generando así tensiones provocadas por el impedimento a la salida de agua. Estas tensiones originan fisuras en las paredes como se mencionó anteriormente (Fengel y Wegener, 1966).

Por otro parte, con el tratamiento térmico se originan enlaces cruzados, estos enlaces son muy fuertes y solo se dan bajo condiciones severas, como lo es la alta temperatura. Al ser muy fuertes, los monómeros de los polisacáridos se unen entre ellos a través de sus grupos hidroxilos, esta unión es muy fuerte y tiene por consecuencia la generación de estructuras rígidas y con una mayor dureza.

## **2.3 Efectos de la Temperatura en los Componentes de la Madera.**

El análisis de químico de la madera muestra que hasta los 100°C y durante 48 horas como máximo hay una relativa estabilidad de sus componentes. Al aumentar la temperatura el contenido de hemicelulosa decrece, mientras que la celulosa se comporta un poco más estable, pero solo hasta los 150°C, después comienza a decaer violentamente, por otro lado la lignina después de los 140 – 150°C comienza a aumentar su proporción dentro de la madera (Fengel y Wegener, 1966). Por esta razón en este trabajo de titulación el primer tratamiento fue a 150°C, ya que es en esta temperatura donde comienzan los cambios.

### *2.3.1 Efecto sobre la hemicelulosa.*

Fengel y Wegener en 1966 determinaron que el porcentaje de poliosas presente en la madera disminuye a medida que la temperatura aumenta hasta los 180°C. A partir

de esta temperatura la presencia de poliosas en la madera empieza a aumentar. En el mismo tema, Sandermann y Augustin (1963) determinaron que en madera de Haya la pérdida de pentosanos era de 8% a los 170°C y de 100% a los 350°C.

La aplicación de calor hace que las hemicelulosas liberen ácidos carboxílicos (ácido fórmico y acético). El ácido acético reduce el grado de polimerización (GP) de todos los carbohidratos presentes en la madera, esta reducción o descomposición de los polímeros, especialmente de los de hemicelulosa, mejora la durabilidad de la madera, ya que se sabe que gracias a este efecto se reduce considerablemente el ataque de organismos que provocan la mancha blanca y la café (Tjeerdsma *et al.*, 1998). Sin embargo el principal responsable del aumento en la durabilidad de la madera tratada térmicamente es la reducción en la higroscopicidad.

La presencia de hemicelulosa al finalizar un tratamiento de 48 hr para Pino Silvestre es de 15% base madera seca libre de extraíbles (bmsle) aproximadamente. Para Encino la presencia de hemicelulosa al finalizar un tratamiento de 48 hr también es de 15% bmsle. Kollmann y Fengel (1965). Ambos tratamientos son a 180°C.

### 2.3.2. Efecto sobre la Celulosa.

El hecho de que la cantidad de hemicelulosas aumente con la temperatura es porque las cadenas de los monómeros de celulosa se rompen, quedando celulosa con bajo GP, es decir hemicelulosa.

El GP de la celulosa para Picea se mantiene constante hasta los 120°C, a temperaturas superiores éste disminuye drásticamente (Fengel y Wegener, 1966). Un aspecto importante en esta disminución del GP es el contenido de humedad al iniciarse el tratamiento. Roffael y Schaller (1971), determinaron en una muestra de celulosa que a mayor contenido de humedad inicial, menor es la disminución en el GP.

Por otro lado, la estructura cristalina de la celulosa se mantiene hasta los 200°C. A temperaturas superiores empieza a ablandarse, pero no se sabe con certeza ese punto (Fengel y Wegener, 1966)

La presencia de celulosa al finalizar un tratamiento de 48 hr para Pino Silvestre es de 10% bmsle aproximadamente. Para Encino la presencia de celulosa al finalizar un tratamiento de 48 hr es de 20% bmsle. Kollmann y Fengel (1965). Ambos tratamientos son a 180°C.

### 2.3.3.- Efecto sobre la Lignina.

A pesar de que la lignina parece ser el componente de la madera mas estable con respecto a la temperatura, esta comienza a cambiar a temperaturas incluso inferiores a 200°C. Fengel y Wegener (1966).

El punto de ablandamiento no es claro, pero se sabe que para Pino Radiata sobre los 140-150°C comienza a ablandarse este componente.

La presencia de lignina al finalizar un tratamiento de 48 hr para Pino Silvestre es de 40% bmsle aproximadamente. Para Encino la presencia de lignina al finalizar un tratamiento de 48 hr también es de 40% bmsle. Kollmann y Fengel (1965). Ambos tratamientos son a 180°C.

#### **2.4. Efecto del Tratamiento Térmico en la Estabilidad Dimensional.**

Si bien es cierto los efectos que el tratamiento térmico tiene sobre la madera son muchos e igualmente interesantes, el efecto que tiene sobre la estabilidad dimensional de la madera es el más importante.

El aumento de la durabilidad que ofrece el tratamiento térmico puede ser suplantado por sales preservantes que protegen aun más la madera. Pero no hay que olvidar que la mayoría de los métodos de impregnación son en cierta medida nocivos para el medio ambiente, mientras que el tratamiento térmico no necesita la acción de agente químicos conflictivos con las normas medioambientales. Por esto mismo la segunda ventaja mas importante que se consigue con el tratamiento es el aumento en la durabilidad, sin embargo esta ventaja es consecuencia en gran parte de la disminución de la higroscopicidad

La disminución en la higroscopicidad y la consecuente mejora en la estabilidad dimensional y resistencia a hongos, es consecuencia de cambios químicos, enlaces generados entre monómeros de holocelulosa debido a cambios en el ambiente y enlaces entre estos mismos monómeros con nuevos compuestos generados por este nuevo ambiente. Estos enlaces se llaman enlaces cruzados o reacciones crosslinking. Estos se originan solo en condiciones severas, como lo es una alta temperatura, y consisten en la unión entre los monómeros de holocelulosa a través de sus grupos hidroxilos. La relación entre esto último y el hecho de que la madera tratada térmicamente absorba menos agua radica en que las moléculas de agua se adicionan a la madera a través de enlaces puente hidrógeno con los grupos hidroxilos, pero si estos están ocupados con otros enlaces, el agua no tendrá lugar para quedarse y por ende la madera no podrá rehidratarse con la consecuente mejora en la estabilidad dimensional. En el caso hipotético que el 100% de los enlaces puente hidrógeno estén cubiertos por enlaces crosslinking la madera frente al agua no sufriría ningún cambio.

### 3. DISEÑO DE INVESTIGACION.

#### 3.1 Materiales.

##### 3.1.1 Madera de Pino Radiata, crecido en Chile.

La madera que se usó para la confección de las probetas provino de un aserradero de la provincia de Valdivia, se compró madera lateral, seca y cepillada. Especial cuidado se tuvo al verificar una distancia entre anillos uniforme, la ausencia de canales resiníferos y alabeos.

Las probetas se cortaron en los talleres del TEIM al tamaño necesario (50 x 50 x 10 mm<sup>3</sup>). Para la confección de estas, se tomó como estricta referencia la norma DIN 52184 "*Bestimmung der Quellung und Schwindung*" (Determinación de la hinchamiento y de la contracción). La norma exige que la disposición de los anillos sea lo mas tangente al canto posible, que la probeta debe estar libre de nudos, libre de canales resiníferos y con una distancia entre anillos uniforme. Todas estas especificaciones se cumplieron estrictamente al momento de obtener las probetas.

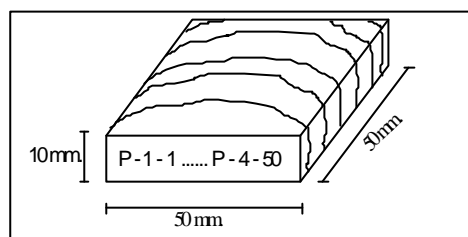


Figura 1. Formato de las probetas.

La codificación de las probetas era la letra P, después el número 4 para las probetas no tratadas, el número 1 para el tratamiento a 150°C, el 2 para el de 185°C y finalmente el 3 para las probetas tratadas a 220°C. El último dígito del código es el número de la probeta, va desde 1 a 50 lo que hace un total de 200 probetas, al ser cuatro series de 50.

##### 3.1.2 Cámara de climatizado.

Este equipo consiste en una cámara que genera distintas humedades relativas y distintas temperaturas. Se trabajó con una cámara de clima marca Feutron de procedencia alemana, modelo 3421/15, con capacidad de 1 m<sup>3</sup> aproximadamente, posee dos bandejas para posar las probetas y un comando electrónico para monitorear y configurar la cámara. Puede simular climas que van de los -40°C hasta los 60°C de temperatura y de 10% hasta 97% de humedad relativa del aire.



Figura 2. Cámara de climatizado.

### 3.1.3 Estufa de secado.



Figura 3. Estufa de secado.

Este equipo genera altas temperaturas mediante la irradiación de resistencias eléctricas a través de las paredes internas. También posee una ventilación para hacer circular el aire seco dentro y sacar el aire húmedo hacia afuera. Su marca es Heraeus de procedencia alemana, modelo UT20, la temperatura máxima que puede generar es de 250°C y su precisión es de  $\pm 3^{\circ}\text{C}$

#### 3.1.4. Balanza analítica.

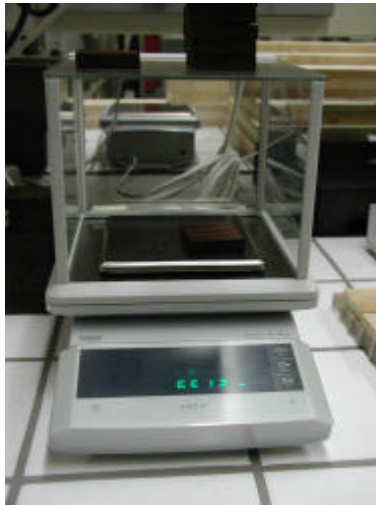


Figura 4. Balanza analítica.

Es utilizada para determinar el peso de las probetas. Esta balanza está conectada a un ordenador que captura los datos mediante una macro en una planilla Excel.

Su marca es Toledo modelo PG 503 de procedencia suiza, el máximo peso que mide es 510 g con una exactitud de 0.001 g.

#### 3.1.5. Medidor lineal.

Fue utilizado para determinar los cambios dimensionales de las probetas en sus tres dimensiones. Su marca es Mitutoyo y fue construido en Inglaterra, lo máximo que podía medir eran 200 mm y su precisión era de 0.01 mm. Su display era digital y se conectaba mediante una interfase a un ordenador que capturaba los datos en Microsoft Access.

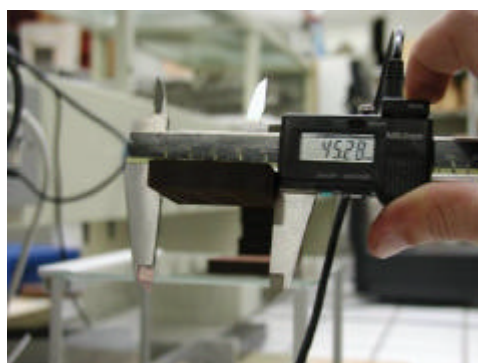


Figura 5. Medidor lineal.

## 3.2 Métodos.

### 3.2.1 Mediciones Previas.

Antes de realizar los tratamientos se climatizó a 65%/20°C para homogenizar el estado inicial de las probetas. Posteriormente se secaron cada una a 100°C hasta estado anhidro. A estas se les midió el peso, la dimensión tangencial y radial.

### 3.2.2 Tratamiento Térmico.

Las probetas fueron sometidas a tres tratamientos térmicos diferentes; a 150°C, a 185°C y a 220°C, todos estos fueron realizados en presencia de oxígeno y circulación de aire. La elección de estas tres temperaturas radica en que de acuerdo a estudios realizados en el pasado, se determinó que hasta los 150°C los componentes químicos de la madera se mantienen íntegros, después de los 150°C los tres principales componentes empiezan a modificar su proporción dentro de la madera. En el otro extremo está el tratamiento a 220°C que produce un gran daño en la madera si solo se trata con oxígeno y sin vapor, la razón de esta temperatura es que 10°C más imposibilitan las mediciones. La temperatura 185°C es porque está justo en el medio de los dos extremos. Cada tratamiento duró 24 horas, no se hizo ningún calentamiento preliminar de las probetas, y el tiempo se empezaba a medir desde el momento en que la estufa alcanzaba la temperatura deseada.

### 3.2.3 Mediciones Posteriores al Tratamiento.

Al finalizar cada tratamiento se pesaba la probeta y se determinaba cuanta masa se perdió por la acción de la temperatura al comparar los pesos anhidros antes y después del tratamiento.

Una vez tratadas, se ingresaban las probetas a la cámara de clima, ahí se las sometió a 6 climas: 35 – 50 – 65 – 80 – 90 y 95% de HR. Al finalizar cada clima se midió el peso y las dos dimensiones ya descritas. Con estos valores y los controlados antes del tratamiento se determinó el hinchamiento, el EMC y la Eficiencia Anti Hinchamiento (ASE) mediante las siguientes ecuaciones :

$$B_y = \frac{D_h - D_0}{D_0} \quad (1)$$

Donde  $B_y$  es hinchamiento porcentual para la humedad relativa “y”, con y=0 – 95%.

$D_h$  es dimensión húmeda.

$D_0$  es dimensión anhidra.

$$EMC_y = \frac{(\text{peso}_y - \text{peso}_0)}{\text{peso}_0} \quad (2)$$

Donde  $EMC_y$  es el contenido de humedad de equilibrio para la HR “y”, para  $y=0 - 95\%$ .  
 $\text{Peso}_y$  es el peso en la HR “y”, para  $y=0-95\%$ .  
 $\text{Peso}_0$  es el peso anhidro.

$$ASE: \frac{1-(B_x)}{B \text{ testigos}} \times 100 \quad (3)$$

Donde ASE es “anti swelling efficiency” (eficiencia anti hinchamiento) y consiste en un parámetro porcentual que determina la reducción en el hinchamiento de las probetas tratadas en comparación con el hinchamiento de las probetas que no fueron tratadas.  
 $B_x$  es el hinchamiento porcentual para tratamiento “x”, con  $x=150^\circ\text{C}$  a  $220^\circ\text{C}$ .  
 $B \text{ testigos}$  es el hinchamiento para las probetas testigo.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos en forma resumida. Para mayores detalles, en los anexos se muestran todos los resultados obtenidos.

La forma de ilustrar los resultados es mediante gráficos y cuadros. Los cuadros muestran la totalidad de los datos, en ambos sentidos, para todos los tratamientos y en todos los climas. Se muestra el promedio de los datos obtenidos y la desviación estándar en la celda inferior al promedio, la sigla "SD" simboliza "desviación estándar". Los gráficos desglosan los resultados expuestos en lo cuadros, para obtener una visión mas clara de la situación mostrada.

##### 4.1 Hinchamiento.

Cuadro 1. Resumen de hinchamientos en los distintos climas.

|                 | 35%   |       | 50%   |       | 65%   |       | 80%   |       | 90%   |       | 95%   |       |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                 | Rad.  | Tang. | Rad.  | Tang. | Rad.  | Tang. | Rad.  | Tang. | Rad.  | Tang. | Rad.  | Tang. |
| <b>Testigos</b> | 0,79% | 1,89% | 0,97% | 2,36% | 1,06% | 2,54% | 1,46% | 3,45% | 1,82% | 4,30% | 2,12% | 5,12% |
| <b>SD</b>       | 0,21% | 0,28% | 0,20% | 0,30% | 0,21% | 0,30% | 0,24% | 0,39% | 0,32% | 0,42% | 0,32% | 0,47% |
| <b>150°C</b>    | 0,21% | 1,23% | 0,91% | 1,54% | 0,83% | 1,74% | 1,30% | 2,79% | 1,65% | 3,66% | 1,96% | 4,54% |
| <b>SD</b>       | 0,24% | 0,32% | 0,29% | 0,32% | 0,21% | 0,34% | 0,32% | 0,45% | 0,40% | 0,54% | 0,50% | 0,71% |
| <b>185°C</b>    | 0,52% | 1,15% | 0,55% | 1,12% | 0,55% | 1,27% | 0,92% | 2,05% | 1,07% | 2,53% | 1,38% | 3,22% |
| <b>SD</b>       | 0,25% | 0,44% | 0,22% | 0,31% | 0,19% | 0,29% | 0,24% | 0,34% | 0,32% | 0,45% | 0,34% | 0,58% |
| <b>220°C</b>    | 1,97% | 1,99% | 2,00% | 1,99% | 2,14% | 2,24% | 3,05% | 3,06% | 4,14% | 4,51% | 4,91% | 5,43% |
| <b>SD</b>       | 0,45% | 0,38% | 0,33% | 0,41% | 0,31% | 0,47% | 0,36% | 0,48% | 0,50% | 0,50% | 0,59% | 0,61% |

Al observar los resultados expuestos en el cuadro anterior es evidente que hay un efecto sobre la estabilidad dimensional, ya que las probetas tratadas a 150°C y 185°C tuvieron un hinchamiento significativamente menor que las probetas sin tratar.

Es destacable el efecto que tuvo un tratamiento a 185°C, la reducción en el hinchamiento fue muy notoria. El efecto de un tratamiento a 150°C es fácil de percibir pero no tan importante como el efecto de un tratamiento a 185°C. Estos resultados confirman los hallazgos hechos por científicos referente al tema; el tratamiento térmico de la madera, reduce la inestabilidad dimensional.

Otra situación llamativa es que las probetas tratadas a 220°C tuvieron un hinchamiento superior a las probetas testigo. Sin embargo es contradictorio con el marco teórico, pues se afirmó que a mayor temperatura de tratamiento, mayor era la disminución en la inestabilidad dimensional. Lo que ocurrió en esta ocasión no está completamente claro, pero se cree que dada una descomposición térmica tan severa, la toma de mediciones en probetas que prácticamente eran carbón no puede ser confiable, ya que la deformación por el contacto del instrumento de medición con las probetas puede tergiversar notoriamente los resultados.

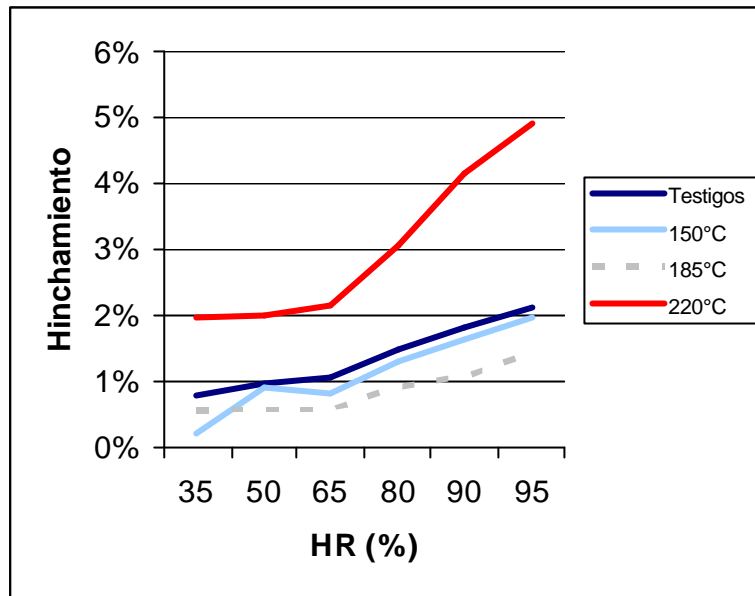


Figura 6. Efecto de los tratamientos térmicos en el hinchamiento radial.

En el sentido radial se puede observar la situación especial que se tiene con el tratamiento a 220°C. Los datos de hinchamiento están muy por encima de las probetas testigos. Esto confirma que hubo un error en estas mediciones.

Por otro lado, el comportamiento de los otros dos tratamientos fue como se esperaba, y el de 185°C fue el que obtuvo más reducción en el hinchamiento.

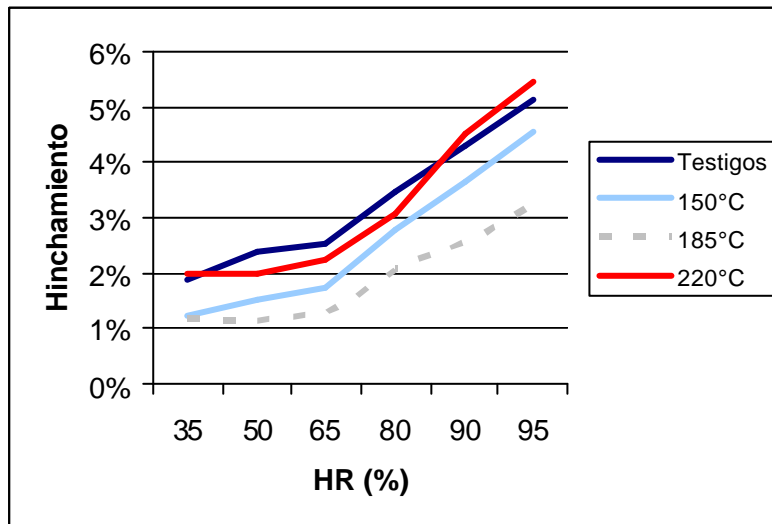


Figura 7. Efecto de los tratamientos térmicos en el hinchamiento tangencial.

En la figura 7 se puede observar que el tratamiento a 220°C no se distancia tanto de los otros tratamientos, como en el sentido radial. Esto se debe a que en el sentido tangencial el aumento en la dimensión por la adsorción de agua es mucho más significativo. Como el hinchamiento es un parámetro de proporciones, una tergiversación en las mediciones por las razones antes explicadas, es menos notoria cuando el cambio en la dimensión es mayor.

Cuadro 2. ASE Resumen para los distintos climas.

|              | 35%   |       | 50%   |       | 65%   |       | 80%   |       | 90%   |       | 95%   |       |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              | Rad.  | Tang. | Rad.  | Tang. | Rad.  | Tang. | Rad.  | Tang. | Rad.  | Tang. | Rad.  | Tang. |
| <b>150°C</b> | 73,8% | 35,2% | 6,2%  | 34,9% | 21,5% | 31,6% | 11,2% | 19,1% | 9,5%  | 15,0% | 7,3%  | 11,4% |
| <b>185°C</b> | 34,1% | 39,1% | 43,6% | 52,4% | 47,9% | 50,0% | 37,0% | 40,5% | 41,3% | 41,1% | 35,1% | 37,1% |

Para observar en forma cuantitativa cual fue el efecto del tratamiento térmico, se determinó el parámetro ASE, el cual como ya se explicó, muestra cuanta fue la reducción en el hinchamiento en comparación con las probetas testigo.

Cabe agregar que solo se determinó el ASE de los tratamientos 150°C y 185°C, debido a que el tratamiento efectuado a 220°C, no es eficiente en la reducción del hinchamiento.

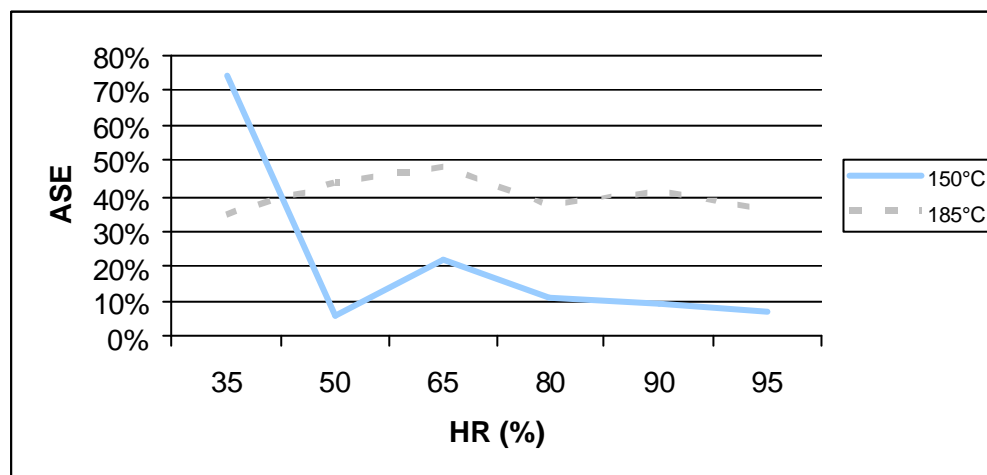


Figura 8. ASE radial para los tratamiento realizados a 150°C y 185°C.

Es evidente la diferencia existente entre ambos tratamientos, el tratamiento a 185°C redujo el hinchamiento en un 30-50% en comparación a madera sin tratar. Mientras que el tratamiento a 150°C redujo el hinchamiento en un 5-20%. Se aprecia por ende que la eficiencia anti hinchamiento de un tratamiento realizado a 185°C es notoriamente mayor que la eficiencia de un tratamiento a 150°C.

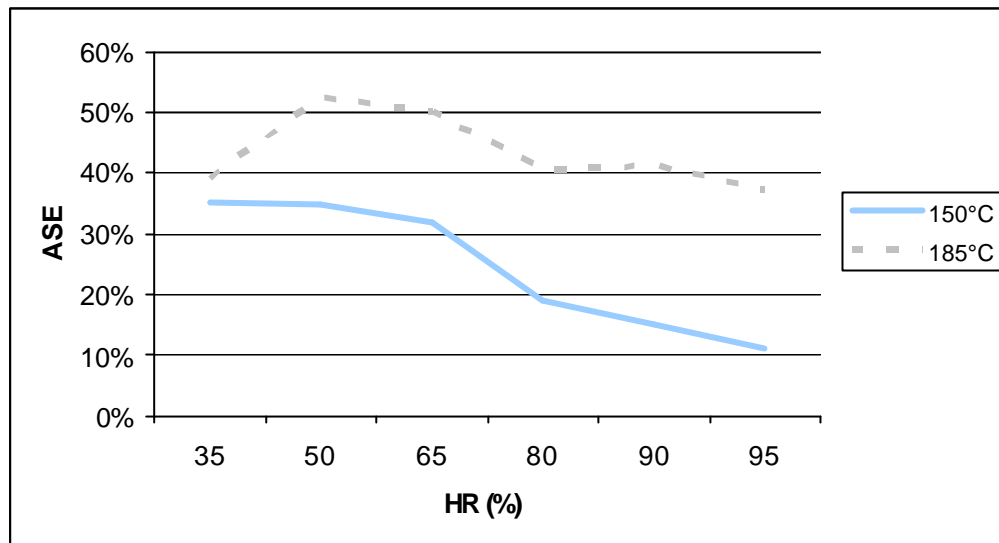


Figura 9. ASE tangencial para los tratamientos realizados a 150°C y 185°C.

En comparación a la dirección radial se puede observar un aumento en el promedio de ASE para 185°C, ya que ahora la reducción en el hinchamiento va de un 40% a un 50% aproximadamente. Así también ocurre con el tratamiento a 150°C, el redujo el hinchamiento entre un 10% a un 35%.

Es destacable el hecho de que la diferencia entre ambos tratamientos en lo que a ASE refiere, va aumentando mientras el clima se torna más húmedo, esto ocurre porque el punto de saturación de las fibras se ha visto modificado por los tratamientos.

#### 4.2 Contenido de Humedad de Equilibrio.

Cuadro 3. Resumen del EMC para los distintos climas.

|                 | 35%   | 50%    | 65%    | 80%    | 90%    | 95%    |
|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Testigos</b> | 9,34% | 10,99% | 12,53% | 16,37% | 20,81% | 25,03% |
| <b>SD</b>       | 0,17% | 0,16%  | 0,32%  | 0,33%  | 0,53%  | 0,61%  |
| <b>150°C</b>    | 6,98% | 7,97%  | 9,06%  | 13,88% | 18,14% | 22,79% |
| <b>SD</b>       | 0,19% | 0,18%  | 0,24%  | 0,32%  | 0,43%  | 0,73%  |
| <b>185°C</b>    | 5,29% | 6,01%  | 6,71%  | 10,08% | 13,44% | 16,31% |
| <b>SD</b>       | 0,13% | 0,11%  | 0,24%  | 0,41%  | 0,38%  | 0,42%  |
| <b>220°C</b>    | 6,16% | 6,88%  | 7,52%  | 9,96%  | 13,53% | 15,77% |
| <b>SD</b>       | 0,23% | 0,22%  | 0,21%  | 0,29%  | 0,42%  | 0,54%  |

Como era de esperarse, los distintos tratamiento térmicos tuvieron un efecto notorio en la higroscopicidad, esto porque redujeron los EMC en comparación con las probetas sin tratar, para cada uno de los climas simulados.

En este parámetro el tratamiento a 220°C, se comportó como era de esperar. La mayor reducción en el EMC la obtuvo el tratamiento más severo. Esto confirma la hipótesis de haber deformado las probetas tratadas a 220°C al medir sus dimensiones, ya que no es lógico que las probetas que adsorbieron menos agua sean las que se hincharon en mayor proporción.

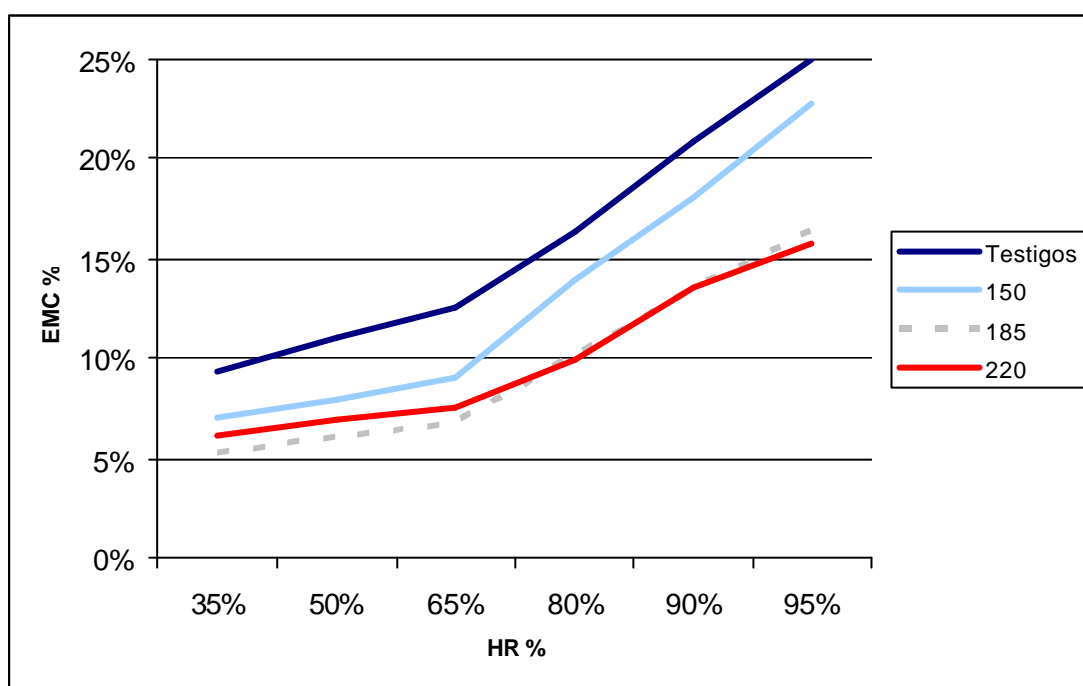


Figura 10. EMC para todos los tratamientos en los distintos climas.

La reducción en el EMC lograda por los tratamientos a 185°C y 220°C es casi similar durante todos los climas. La diferencia entre el EMC de las probetas tratadas con estos tratamientos y las probetas no tratadas, fluctúa entre un 5 y un 10% aproximadamente. La diferencia aumenta a medida que se acerca el punto de saturación de las fibras.

Por otro lado, el tratamiento a 150°C logró reducir el EMC en forma mas moderada al compárala con la reducción lograda por los otros tratamientos, sin embargo constituye de todas formas una reducción con respecto a las probetas sin tratar. La diferencia entre el EMC de las probetas testigo y las probetas tratadas a 150°C se mantuvo en el rango 3-4% durante los diferentes climas.

### 4.3 Pérdida de peso.

Cuadro 4. Resumen de la pérdida de peso para los distintos tratamientos.

| <b>Tratamiento (°C)</b> | <b>Pérdida de Peso</b> |
|-------------------------|------------------------|
| <b>150</b>              | 14,58%                 |
| <b>SD</b>               | 0,70%                  |
| <b>185</b>              | 19,60%                 |
| <b>SD</b>               | 0,71%                  |
| <b>220</b>              | 46,63%                 |
| <b>SD</b>               | 3,03%                  |

Debido a la degradación térmica que sufre la madera por efecto de la alta temperatura es obvio asegurar que a mayor temperatura aplicada, mayor será también la degradación sufrida por la madera. Para determinar esta degradación en forma cuantitativa, se determinó que porcentaje de peso se perdió por la carbonización que ocurrió durante los tratamientos.

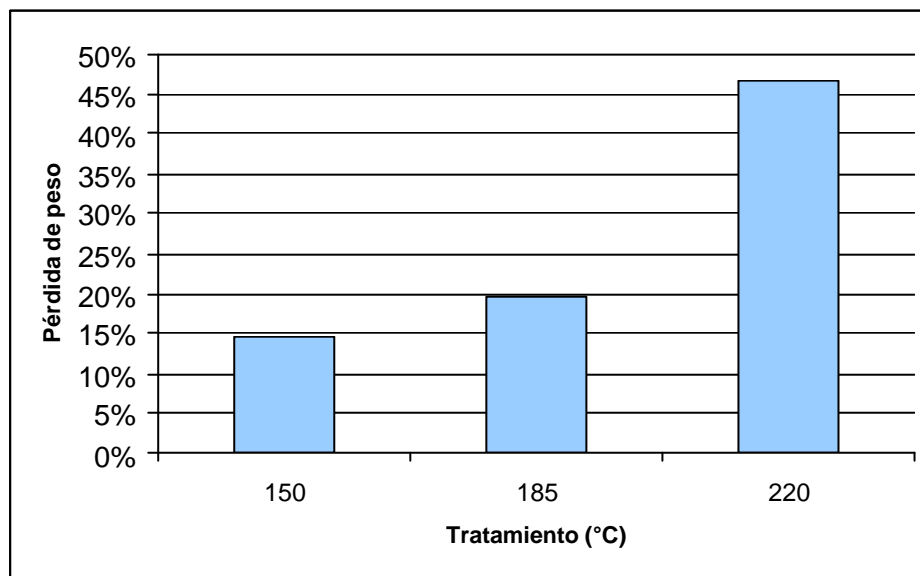


Figura 11. Pérdida de peso por cada tipo de tratamiento.

En la figura 11 se observa claramente cuales son los efectos de la alta temperatura sobre la madera. Es sorprendente la alta pérdida de masa que toma lugar en un tratamiento realizado a 220°C, es casi la mitad de la masa existente antes del tratamiento que se pierde con la aplicación de 220°C.

Cabe destacar que la diferencia entre los tratamientos realizados a 150°C y a 185°C, es apenas de un 5%.

## 5. CONCLUSIONES.

En este estudio se confirmó el positivo efecto que posee un tratamiento térmico en la estabilidad dimensional para madera de pino radiata crecido en Chile. Se puede afirmar en base a los resultados expuestos que el tratamiento térmico tiene un efecto real sobre la adsorción de agua a través de la disminución en la higroscopicidad de la madera y esto se traduce en una disminución en los cambios dimensionales.

Con la determinación del EMC para todas las muestras y paralelamente a ello con la del hinchamiento, se pudo obtener una visión mas objetiva del efecto de un tratamiento térmico sobre la estabilidad dimensional. Se determinó si realmente el tratamiento reduce la adsorción de agua. Después se analizó si esa disminución en la higroscopicidad se refleja en la estabilidad dimensional y los tratamientos de 150°C y 185°C así lo demostraron, esto da pie para pensar en posibles aplicaciones industriales como las que ya se han hecho en varios países europeos. Este uso masificado en los países europeos escandinavos principalmente, se explica por las grandes ventajas que se obtienen de la madera tratada térmicamente, ventajas que resultan muy valiosas cuando se está en climas extremadamente húmedos y cambiantes. La madera obtenida de estos procesos se puede usar en exteriores con la seguridad de que se conservarán en buen estado por mucho más tiempo. Así también se elimina el típico problema de los marcos de ventana que se aprietan con el agua, ya que se disminuye el hinchamiento. Y muchas otras ventajas del punto de vista constructivo.

Es muy importante resaltar que en estos países se trabaja con especies que reaccionan de muy buena manera frente al tratamiento térmico con oxígeno, como el Haya y el Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii*), pero el Pino Radiata chileno reacciona aún mejor, así lo confirma Tjeerdsma y otros autores en 1998. Ellos realizaron tratamientos con oxígeno como los realizados en este trabajo y determinaron que la reducción en el hinchamiento para Haya en el sentido radial era un 10% y en tangencial un 13%, lo que es notoriamente inferior a las cifras obtenidas para Pino Radiata chileno (35% radial y 37% tangencial para un clima de 185°C) así también los mismos autores obtuvieron reducciones en el hinchamiento para Pino Oregón de 13% en el sentido radial y 23% en el tangencial, lo que aun sigue estando por debajo de las cifras obtenidas en este trabajo. Esto habla muy bien de esta especie.

Con los resultados que este trabajo de titulación obtuvo se puede afirmar que Chile tiene una especie de madera que responde bien al tratamiento térmico, la degradación térmica no es significativa hasta los 185°C, y afortunadamente sí es significativo el aumento que se produce en la estabilidad dimensional al compararla con las especies que se están tratando actualmente en forma industrial en Finlandia, Francia, Alemania, Noruega y Austria.

Por otro lado al aumentar la estabilidad dimensional de la madera con procesos limpios y de costos razonables, se obtendrá madera fácil de trabajar y sin conflictos

con las normas medio ambientales, que cada día toman más importancia en la industria de la madera. Por lo anterior se puede afirmar que este tratamiento constituye un impulso en la utilización de madera en el futuro.

Finalmente este tratamiento se presenta como una herramienta necesaria para fomentar el uso de la madera en el ámbito constructivo, ámbito en el cual este material ha perdido paulatinamente participación, pues los constructores optan por elementos con comportamientos físicos más fáciles de entender. Es por esta razón que el tratamiento térmico fomenta el uso de la madera, ya que se está acercando la madera a los que no son especialistas en su uso.

Usar madera es usar un material confiable, amistoso con el medio ambiente y barato. Usar madera tratada térmicamente es usar un material aun mas confiable, mas duradero y de bajo costo.

## 6. BIBLIOGRAFIA.

- Burmester A (1973) Einfluß einer Wärme-Druck-Behandlung halbtrockenen Holzes auf seine Formbeständigkeit. Holz Roh- Werkstoff (Alemania) 31: 237-243
- Buro, A. (1954) Die Wirkung von Hitzebehandlung auf die Pilzresistenz von Kiefern- und Buchenholz. Holz Roh- Werkstoff (Alemania) 12: 297- 304.
- Buro, A (1955) Untersuchungen über die Veränderungen der Pilzresistenz von Hölzern durch Hitzebehandlung in Metallschmelzen. Holzforschung (Alemania) 9: 177-181
- Fengel D, Wegener G (1966). Influence of Temperature. Chapter 12 *In*: Fengel D, Wegener G. Wood 1a Edición ed. Alemania, Walter de Gruyter & Co. pp. 318 – 344
- Giebel E (1983) Dimensionsstabilisierung von Holz durch eine Feuchte/Wärme/Druck - Behandlung. Holz Roh- Werkstoff (Alemania) 41: 87-94
- Jämsä S y Viitaniemi P. 2000. Heat treatment of Wood- Better durability without chemicals. *In*: Review on Heat Treatments of Wood en Antibes, Francia, 9 de Febrero de 2001. Bruselas (Bélgica), The European Commission Research Directorate. pp 21 – 25
- Kollmann F, Fengel D (1965) Änderungen der chemischen Zusammensetzung von Holz durch thermische Behandlung. Holz Roh- Werkstoff (Alemania) 23: 461-468
- Kollmann F, Schneider A (1963) Über das Sorptionsverhalten wärmebehandelter Hölzer. Holz Roh- Werkstoff 21: 77-85
- Militz H. 2002. Thermal treatment of wood: European Processes and their background. *In*. 33rd Annual meeting en Cardiff, Wales. Mayo 12 – 17 2002 Bruselas (Bélgica), The European Commission Research Directorate. pp 1-20
- Militz, H.; Tjeerdsma, B. 2000. Heat treatment of wood by the Plato-process. *In*. Production and development of heat treated wood in Europe, Noviembre de 2000 en Helsinki (Finlandia), Stokholm (Suecia) y en Oslo (Noruega). Bruselas (Bélgica), The European Commission Research Directorate. pp 6 – 14
- Niemz P, Brox M, Bächle F. (2003). Vergleich verschiedener Methoden der thermischen Vergütung von Fichtenholz. Sin publicar.
- Rapp A, Sailer M. 2000. Heat treatment of wood in Germany. *In*: Review on Heat Treatments of Wood en Antibes, Francia, 9 de Febrero de 2001. Bruselas (Bélgica), The European Commission Research Directorate. pp 47 – 62

- Roffael E, Schaller K (1971) Einfluß thermischer Behandlung auf Cellulose. Holz Roh-Werkstoff (Alemania) 2: 275-27.
- Sandermann W, Augustin H (1963) Chemische Untersuchungen über die thermische Zersetzung von Holz. Holz Roh- Werkstoff (Alemania) 21: 256-265.
- Schneider A (1973) Zur Konvektionstrocknung von Schnittholz bei extrem hohen Temperaturen. Holz Roh- Werkstoff (Alemania) 31: 198-206.
- Stamm A, Burr K, Kline A 1946 Heat stabilized wood (staybwood). Forest Prod. Lab (EE.UU). 4:142-147.
- Tjeerdsma BF, Boonstra M, Militz H (1998a) Thermal modification of non-durable wood species. Improved wood properties of thermally treated wood. International Research Group on Wood Preservation, Document no. IRG/WP 98-40124.
- Vernois M. 2000. Heat treatment of wood in France. *In: Review on Heat Treatments of Wood en Antibes, Francia, 9 de Febrero de 2001.* Bruselas (Bélgica), The European Commission Research Directorate. pp 39 – 46

## ANEXOS

### DATOS HINCHAMIENTO TESTIGOS

| nr | 0%    |       | 35%         |       |              |       |
|----|-------|-------|-------------|-------|--------------|-------|
|    | rad   | tang  | dimensiones |       | hinchamiento |       |
|    | rad   | tang  | rad         | tang  | rad          | tang  |
| 1  | 48,39 | 47,30 | 48,91       | 48,47 | 1,07%        | 2,47% |
| 2  | 48,47 | 47,27 | 49,03       | 48,39 | 1,16%        | 2,37% |
| 3  | 48,83 | 47,48 | 49,25       | 48,58 | 0,86%        | 2,32% |
| 4  | 48,87 | 47,67 | 49,13       | 48,35 | 0,53%        | 1,43% |
| 5  | 48,43 | 47,44 | 48,89       | 48,49 | 0,95%        | 2,21% |
| 6  | 48,83 | 47,94 | 49,05       | 48,64 | 0,45%        | 1,46% |
| 7  | 48,69 | 47,96 | 49,03       | 48,68 | 0,70%        | 1,50% |
| 8  | 48,45 | 47,88 | 48,86       | 48,95 | 0,85%        | 2,23% |
| 9  | 48,81 | 48,00 | 49,21       | 48,74 | 0,82%        | 1,54% |
| 10 | 48,96 | 48,13 | 49,16       | 48,75 | 0,41%        | 1,29% |
| 11 | 49,07 | 47,82 | 49,14       | 48,70 | 0,14%        | 1,84% |
| 12 | 48,69 | 47,90 | 49,12       | 48,96 | 0,88%        | 2,21% |
| 13 | 48,74 | 47,82 | 49,13       | 48,93 | 0,80%        | 2,32% |
| 14 | 48,17 | 47,80 | 48,42       | 48,76 | 0,52%        | 2,01% |
| 15 | 48,32 | 47,66 | 48,69       | 48,68 | 0,77%        | 2,14% |
| 16 | 48,57 | 47,63 | 48,99       | 48,63 | 0,86%        | 2,10% |
| 17 | 48,32 | 47,93 | 48,62       | 48,67 | 0,62%        | 1,54% |
| 18 | 48,54 | 47,89 | 48,85       | 48,68 | 0,64%        | 1,65% |
| 19 | 48,69 | 47,94 | 49,04       | 48,80 | 0,72%        | 1,79% |
| 20 | 48,78 | 47,46 | 49,18       | 48,43 | 0,82%        | 2,04% |
| 21 | 48,60 | 47,43 | 49,11       | 48,58 | 1,05%        | 2,42% |
| 22 | 48,72 | 47,50 | 49,02       | 48,40 | 0,62%        | 1,89% |
| 23 | 48,70 | 47,60 | 49,03       | 48,38 | 0,68%        | 1,64% |
| 24 | 48,74 | 47,76 | 49,13       | 48,63 | 0,80%        | 1,82% |
| 25 | 48,65 | 47,58 | 49,19       | 48,37 | 1,11%        | 1,66% |
| 26 | 48,68 | 47,98 | 49,04       | 48,81 | 0,74%        | 1,73% |
| 27 | 48,78 | 48,11 | 49,18       | 49,05 | 0,82%        | 1,95% |
| 28 | 48,78 | 47,78 | 49,11       | 48,73 | 0,68%        | 1,99% |
| 29 | 48,76 | 47,75 | 49,08       | 48,72 | 0,66%        | 2,03% |
| 30 | 48,69 | 47,91 | 49,03       | 48,61 | 0,70%        | 1,46% |
| 31 | 48,67 | 47,79 | 49,16       | 48,66 | 1,01%        | 1,82% |
| 32 | 48,65 | 47,59 | 49,15       | 48,49 | 1,03%        | 1,89% |
| 33 | 48,80 | 47,72 | 49,06       | 48,59 | 0,53%        | 1,82% |
| 34 | 48,72 | 48,00 | 49,05       | 48,78 | 0,68%        | 1,63% |
| 35 | 48,76 | 47,58 | 49,19       | 48,69 | 0,88%        | 2,33% |
| 36 | 48,70 | 47,58 | 49,12       | 48,48 | 0,86%        | 1,89% |
| 37 | 48,67 | 47,49 | 49,08       | 48,35 | 0,84%        | 1,81% |
| 38 | 48,58 | 47,85 | 49,14       | 48,72 | 1,15%        | 1,82% |

|    |       |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 39 | 48,59 | 47,82 | 49,07 | 48,74 | 0,99% | 1,92% |
| 40 | 48,64 | 47,84 | 49,09 | 48,72 | 0,93% | 1,84% |
| 41 | 48,67 | 47,79 | 48,93 | 48,68 | 0,53% | 1,86% |
| 42 | 48,47 | 47,83 | 48,85 | 48,67 | 0,78% | 1,76% |
| 43 | 48,75 | 47,80 | 49,13 | 48,59 | 0,78% | 1,65% |
| 44 | 48,75 | 47,78 | 49,08 | 48,59 | 0,68% | 1,70% |
| 45 | 48,76 | 47,85 | 49,12 | 48,74 | 0,74% | 1,86% |
| 46 | 48,83 | 47,65 | 49,37 | 48,52 | 1,11% | 1,83% |
| 47 | 48,83 | 47,83 | 49,13 | 48,75 | 0,61% | 1,92% |
| 48 | 48,53 | 47,60 | 48,99 | 48,58 | 0,95% | 2,06% |
| 49 | 48,59 | 47,50 | 49,07 | 48,53 | 0,99% | 2,17% |
| 50 | 48,53 | 47,62 | 48,96 | 48,54 | 0,89% | 1,93% |

| nr | 50%         |       |             |       | nr | 65%         |       |             |       |
|----|-------------|-------|-------------|-------|----|-------------|-------|-------------|-------|
|    | dimensiones |       | contraccion |       |    | dimensiones |       | contraccion |       |
|    | rad         | tang  | rad         | tang  |    | rad         | tang  | rad         | tang  |
| 1  | 48,93       | 48,75 | 1,12%       | 3,07% | 1  | 48,98       | 48,65 | 1,22%       | 2,85% |
| 2  | 49,04       | 48,64 | 1,18%       | 2,90% | 2  | 49,07       | 48,7  | 1,24%       | 3,03% |
| 3  | 49,37       | 48,79 | 1,11%       | 2,76% | 3  | 49,31       | 48,72 | 0,98%       | 2,61% |
| 4  | 49,25       | 48,69 | 0,78%       | 2,14% | 4  | 49,23       | 48,66 | 0,74%       | 2,08% |
| 5  | 48,98       | 48,74 | 1,14%       | 2,74% | 5  | 49,08       | 48,71 | 1,34%       | 2,68% |
| 6  | 49,11       | 48,85 | 0,57%       | 1,90% | 6  | 49,17       | 48,93 | 0,70%       | 2,07% |
| 7  | 49,08       | 48,89 | 0,80%       | 1,94% | 7  | 49,19       | 49,03 | 1,03%       | 2,23% |
| 8  | 48,95       | 48,86 | 1,03%       | 2,05% | 8  | 48,99       | 48,93 | 1,11%       | 2,19% |
| 9  | 49,1        | 48,97 | 0,59%       | 2,02% | 9  | 49,17       | 48,99 | 0,74%       | 2,06% |
| 10 | 49,19       | 49,14 | 0,47%       | 2,10% | 10 | 49,24       | 49,13 | 0,57%       | 2,08% |
| 11 | 49,26       | 48,88 | 0,39%       | 2,22% | 11 | 49,23       | 49,07 | 0,33%       | 2,61% |
| 12 | 49,25       | 49,31 | 1,15%       | 2,94% | 12 | 49,2        | 49,15 | 1,05%       | 2,61% |
| 13 | 49,32       | 48,99 | 1,19%       | 2,45% | 13 | 49,22       | 49,19 | 0,98%       | 2,86% |
| 14 | 48,61       | 48,85 | 0,91%       | 2,20% | 14 | 48,64       | 49,02 | 0,98%       | 2,55% |
| 15 | 48,79       | 48,97 | 0,97%       | 2,75% | 15 | 48,79       | 48,92 | 0,97%       | 2,64% |
| 16 | 49,14       | 48,79 | 1,17%       | 2,44% | 16 | 49,05       | 48,81 | 0,99%       | 2,48% |
| 17 | 48,82       | 49,19 | 1,03%       | 2,63% | 17 | 48,7        | 48,89 | 0,79%       | 2,00% |
| 18 | 48,92       | 48,99 | 0,78%       | 2,30% | 18 | 49          | 48,82 | 0,95%       | 1,94% |
| 19 | 49,12       | 48,87 | 0,88%       | 1,94% | 19 | 49,21       | 48,98 | 1,07%       | 2,17% |
| 20 | 49,26       | 48,75 | 0,98%       | 2,72% | 20 | 49,29       | 48,79 | 1,05%       | 2,80% |
| 21 | 49,22       | 48,61 | 1,28%       | 2,49% | 21 | 49,19       | 48,77 | 1,21%       | 2,83% |
| 22 | 49,09       | 48,77 | 0,76%       | 2,67% | 22 | 49,39       | 48,78 | 1,38%       | 2,69% |
| 23 | 49,22       | 48,77 | 1,07%       | 2,46% | 23 | 49,25       | 48,93 | 1,13%       | 2,79% |
| 24 | 49,21       | 49,01 | 0,96%       | 2,62% | 24 | 49,22       | 48,86 | 0,98%       | 2,30% |
| 25 | 49,2        | 48,62 | 1,13%       | 2,19% | 25 | 49,23       | 48,94 | 1,19%       | 2,86% |
| 26 | 49,12       | 49,05 | 0,90%       | 2,23% | 26 | 49,15       | 49,02 | 0,97%       | 2,17% |
| 27 | 49,15       | 49,21 | 0,76%       | 2,29% | 27 | 49,41       | 49,31 | 1,29%       | 2,49% |
| 28 | 49,18       | 48,97 | 0,82%       | 2,49% | 28 | 49,32       | 49    | 1,11%       | 2,55% |

|    |       |       |       |       |    |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| 29 | 49,24 | 48,82 | 0,98% | 2,24% | 29 | 49,2  | 49,03 | 0,90% | 2,68% |
| 30 | 49,32 | 48,86 | 1,29% | 1,98% | 30 | 49,17 | 49    | 0,99% | 2,28% |
| 31 | 49,17 | 49,01 | 1,03% | 2,55% | 31 | 49,25 | 49    | 1,19% | 2,53% |
| 32 | 49,2  | 48,73 | 1,13% | 2,40% | 32 | 49,27 | 48,83 | 1,27% | 2,61% |
| 33 | 49,16 | 48,79 | 0,74% | 2,24% | 33 | 49,25 | 48,91 | 0,92% | 2,49% |
| 34 | 49,16 | 48,81 | 0,90% | 1,69% | 34 | 49,34 | 49,05 | 1,27% | 2,19% |
| 35 | 49,4  | 48,85 | 1,31% | 2,67% | 35 | 49,34 | 49,03 | 1,19% | 3,05% |
| 36 | 49,19 | 48,76 | 1,01% | 2,48% | 36 | 49,25 | 48,85 | 1,13% | 2,67% |
| 37 | 49,12 | 48,58 | 0,92% | 2,30% | 37 | 49,19 | 48,94 | 1,07% | 3,05% |
| 38 | 49,04 | 48,84 | 0,95% | 2,07% | 38 | 49,18 | 49,12 | 1,24% | 2,65% |
| 39 | 49,15 | 48,83 | 1,15% | 2,11% | 39 | 49,17 | 48,97 | 1,19% | 2,40% |
| 40 | 49,08 | 48,81 | 0,90% | 2,03% | 40 | 49,18 | 48,98 | 1,11% | 2,38% |
| 41 | 49,11 | 48,9  | 0,90% | 2,32% | 41 | 49,14 | 49,06 | 0,97% | 2,66% |
| 42 | 48,97 | 48,92 | 1,03% | 2,28% | 42 | 49    | 49,19 | 1,09% | 2,84% |
| 43 | 49,31 | 48,98 | 1,15% | 2,47% | 43 | 49,22 | 48,94 | 0,96% | 2,38% |
| 44 | 49,22 | 48,74 | 0,96% | 2,01% | 44 | 49,29 | 48,92 | 1,11% | 2,39% |
| 45 | 49,25 | 48,94 | 1,00% | 2,28% | 45 | 49,3  | 49,07 | 1,11% | 2,55% |
| 46 | 49,32 | 48,84 | 1,00% | 2,50% | 46 | 49,37 | 48,89 | 1,11% | 2,60% |
| 47 | 49,27 | 48,91 | 0,90% | 2,26% | 47 | 49,56 | 49,05 | 1,49% | 2,55% |
| 48 | 49,11 | 48,77 | 1,20% | 2,46% | 48 | 49,17 | 49,05 | 1,32% | 3,05% |
| 49 | 49,11 | 48,75 | 1,07% | 2,63% | 49 | 49,17 | 48,93 | 1,19% | 3,01% |
| 50 | 49,04 | 48,8  | 1,05% | 2,48% | 50 | 49,12 | 48,92 | 1,22% | 2,73% |

| nr | 80%         |       |             |       | nr | 90%         |       |             |       |
|----|-------------|-------|-------------|-------|----|-------------|-------|-------------|-------|
|    | dimensiones |       | contraccion |       |    | dimensiones |       | contraccion |       |
|    | rad         | tang  | rad         | tang  |    | rad         | tang  | rad         | tang  |
| 1  | 49,27       | 49,22 | 1,82%       | 4,06% | 1  | 49,52       | 49,67 | 2,34%       | 5,01% |
| 2  | 49,3        | 49,31 | 1,71%       | 4,32% | 2  | 49,7        | 49,75 | 2,54%       | 5,25% |
| 3  | 49,47       | 49,35 | 1,31%       | 3,94% | 3  | 49,65       | 49,75 | 1,68%       | 4,78% |
| 4  | 49,42       | 49,14 | 1,13%       | 3,08% | 4  | 49,52       | 49,67 | 1,33%       | 4,20% |
| 5  | 49,25       | 49,29 | 1,69%       | 3,90% | 5  | 49,5        | 49,84 | 2,21%       | 5,06% |
| 6  | 49,37       | 49,29 | 1,11%       | 2,82% | 6  | 49,63       | 49,72 | 1,64%       | 3,71% |
| 7  | 49,33       | 49,46 | 1,31%       | 3,13% | 7  | 49,55       | 49,71 | 1,77%       | 3,65% |
| 8  | 49,13       | 49,41 | 1,40%       | 3,20% | 8  | 49,31       | 49,74 | 1,78%       | 3,88% |
| 9  | 49,4        | 49,35 | 1,21%       | 2,81% | 9  | 49,49       | 49,78 | 1,39%       | 3,71% |
| 10 | 49,45       | 49,4  | 1,00%       | 2,64% | 10 | 49,54       | 49,94 | 1,18%       | 3,76% |
| 11 | 49,48       | 49,33 | 0,84%       | 3,16% | 11 | 49,65       | 49,81 | 1,18%       | 4,16% |
| 12 | 49,42       | 49,51 | 1,50%       | 3,36% | 12 | 49,55       | 50,01 | 1,77%       | 4,41% |
| 13 | 49,59       | 49,66 | 1,74%       | 3,85% | 13 | 49,56       | 49,83 | 1,68%       | 4,20% |
| 14 | 48,77       | 49,36 | 1,25%       | 3,26% | 14 | 48,96       | 49,81 | 1,64%       | 4,21% |
| 15 | 49,14       | 49,41 | 1,70%       | 3,67% | 15 | 49,48       | 49,83 | 2,40%       | 4,55% |
| 16 | 49,42       | 49,31 | 1,75%       | 3,53% | 16 | 49,76       | 49,68 | 2,45%       | 4,30% |
| 17 | 48,86       | 49,36 | 1,12%       | 2,98% | 17 | 49,02       | 49,8  | 1,45%       | 3,90% |
| 18 | 49,23       | 49,36 | 1,42%       | 3,07% | 18 | 49,51       | 49,74 | 2,00%       | 3,86% |
| 19 | 49,3        | 49,39 | 1,25%       | 3,02% | 19 | 49,49       | 49,72 | 1,64%       | 3,71% |

|    |       |       |       |       |    |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| 20 | 49,33 | 49,2  | 1,13% | 3,67% | 20 | 49,47 | 49,65 | 1,41% | 4,61% |
| 21 | 49,38 | 49,34 | 1,60% | 4,03% | 21 | 49,49 | 49,68 | 1,83% | 4,74% |
| 22 | 49,35 | 49,25 | 1,29% | 3,68% | 22 | 49,42 | 49,8  | 1,44% | 4,84% |
| 23 | 49,38 | 49,29 | 1,40% | 3,55% | 23 | 49,45 | 49,74 | 1,54% | 4,50% |
| 24 | 49,44 | 49,49 | 1,44% | 3,62% | 24 | 49,48 | 49,77 | 1,52% | 4,21% |
| 25 | 49,54 | 49,18 | 1,83% | 3,36% | 25 | 49,48 | 49,46 | 1,71% | 3,95% |
| 26 | 49,44 | 49,38 | 1,56% | 2,92% | 26 | 49,57 | 49,85 | 1,83% | 3,90% |
| 27 | 49,4  | 49,67 | 1,27% | 3,24% | 27 | 49,59 | 50,08 | 1,66% | 4,09% |
| 28 | 49,55 | 49,37 | 1,58% | 3,33% | 28 | 49,78 | 49,78 | 2,05% | 4,19% |
| 29 | 49,48 | 49,41 | 1,48% | 3,48% | 29 | 49,66 | 49,74 | 1,85% | 4,17% |
| 30 | 49,46 | 49,35 | 1,58% | 3,01% | 30 | 49,55 | 49,73 | 1,77% | 3,80% |
| 31 | 49,5  | 49,44 | 1,71% | 3,45% | 31 | 49,56 | 49,83 | 1,83% | 4,27% |
| 32 | 49,46 | 49,3  | 1,66% | 3,59% | 32 | 49,47 | 49,73 | 1,69% | 4,50% |
| 33 | 49,42 | 49,37 | 1,27% | 3,46% | 33 | 49,52 | 49,75 | 1,48% | 4,25% |
| 34 | 49,38 | 49,46 | 1,35% | 3,04% | 34 | 49,8  | 49,78 | 2,22% | 3,71% |
| 35 | 49,53 | 49,61 | 1,58% | 4,27% | 35 | 49,68 | 49,95 | 1,89% | 4,98% |
| 36 | 49,54 | 49,47 | 1,72% | 3,97% | 36 | 49,69 | 49,88 | 2,03% | 4,83% |
| 37 | 49,49 | 49,29 | 1,68% | 3,79% | 37 | 49,5  | 49,77 | 1,71% | 4,80% |
| 38 | 49,31 | 49,5  | 1,50% | 3,45% | 38 | 49,45 | 49,82 | 1,79% | 4,12% |
| 39 | 49,55 | 49,44 | 1,98% | 3,39% | 39 | 49,61 | 49,88 | 2,10% | 4,31% |
| 40 | 49,47 | 49,32 | 1,71% | 3,09% | 40 | 49,51 | 49,76 | 1,79% | 4,01% |
| 41 | 49,37 | 49,43 | 1,44% | 3,43% | 41 | 49,69 | 49,89 | 2,10% | 4,39% |
| 42 | 49,24 | 49,37 | 1,59% | 3,22% | 42 | 49,44 | 49,82 | 2,00% | 4,16% |
| 43 | 49,5  | 49,39 | 1,54% | 3,33% | 43 | 49,63 | 49,73 | 1,81% | 4,04% |
| 44 | 49,42 | 49,39 | 1,37% | 3,37% | 44 | 49,75 | 49,79 | 2,05% | 4,21% |
| 45 | 49,41 | 49,42 | 1,33% | 3,28% | 45 | 49,88 | 49,71 | 2,30% | 3,89% |
| 46 | 49,51 | 49,47 | 1,39% | 3,82% | 46 | 49,67 | 49,89 | 1,72% | 4,70% |
| 47 | 49,42 | 49,45 | 1,21% | 3,39% | 47 | 49,57 | 49,86 | 1,52% | 4,24% |
| 48 | 49,3  | 49,34 | 1,59% | 3,66% | 48 | 49,54 | 49,88 | 2,08% | 4,79% |
| 49 | 49,34 | 49,33 | 1,54% | 3,85% | 49 | 49,76 | 49,72 | 2,41% | 4,67% |
| 50 | 49,3  | 49,48 | 1,59% | 3,91% | 50 | 49,48 | 50    | 1,96% | 5,00% |

| 95% |       |             |       |             |  |
|-----|-------|-------------|-------|-------------|--|
|     |       | dimensiones |       | contraccion |  |
| nr  | rad   | tang        | rad   | tang        |  |
| 1   | 49,77 | 50,07       | 2,85% | 5,86%       |  |
| 2   | 49,89 | 50,26       | 2,93% | 6,33%       |  |
| 3   | 49,76 | 50,4        | 1,90% | 6,15%       |  |
| 4   | 49,72 | 50,01       | 1,74% | 4,91%       |  |
| 5   | 49,89 | 50,29       | 3,01% | 6,01%       |  |
| 6   | 49,74 | 50,23       | 1,86% | 4,78%       |  |
| 7   | 49,74 | 50,13       | 2,16% | 4,52%       |  |
| 8   | 49,48 | 50,2        | 2,13% | 4,85%       |  |
| 9   | 49,62 | 50,17       | 1,66% | 4,52%       |  |
| 10  | 49,77 | 50,33       | 1,65% | 4,57%       |  |

|    |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|
| 11 | 49,84 | 50,45 | 1,57% | 5,50% |
| 12 | 49,74 | 50,37 | 2,16% | 5,16% |
| 13 | 49,71 | 50,46 | 1,99% | 5,52% |
| 14 | 49,12 | 50,16 | 1,97% | 4,94% |
| 15 | 49,38 | 50,05 | 2,19% | 5,01% |
| 16 | 49,77 | 50,07 | 2,47% | 5,12% |
| 17 | 49,25 | 50,14 | 1,92% | 4,61% |
| 18 | 49,6  | 50,08 | 2,18% | 4,57% |
| 19 | 49,68 | 50,07 | 2,03% | 4,44% |
| 20 | 49,66 | 50,08 | 1,80% | 5,52% |
| 21 | 49,63 | 50,09 | 2,12% | 5,61% |
| 22 | 49,59 | 50,1  | 1,79% | 5,47% |
| 23 | 49,6  | 50,07 | 1,85% | 5,19% |
| 24 | 49,62 | 50,2  | 1,81% | 5,11% |
| 25 | 49,59 | 49,93 | 1,93% | 4,94% |
| 26 | 49,72 | 50,26 | 2,14% | 4,75% |
| 27 | 49,66 | 50,28 | 1,80% | 4,51% |
| 28 | 49,87 | 50,06 | 2,23% | 4,77% |
| 29 | 49,87 | 50,08 | 2,28% | 4,88% |
| 30 | 49,81 | 50,02 | 2,30% | 4,40% |
| 31 | 49,84 | 50,27 | 2,40% | 5,19% |
| 32 | 49,64 | 50,14 | 2,03% | 5,36% |
| 33 | 49,62 | 50,16 | 1,68% | 5,11% |
| 34 | 49,73 | 50,18 | 2,07% | 4,54% |
| 35 | 49,74 | 50,26 | 2,01% | 5,63% |
| 36 | 49,76 | 50,29 | 2,18% | 5,70% |
| 37 | 49,65 | 50,11 | 2,01% | 5,52% |
| 38 | 49,65 | 50,46 | 2,20% | 5,45% |
| 39 | 49,78 | 50,21 | 2,45% | 5,00% |
| 40 | 49,71 | 50,19 | 2,20% | 4,91% |
| 41 | 49,99 | 50,23 | 2,71% | 5,11% |
| 42 | 49,55 | 50,2  | 2,23% | 4,96% |
| 43 | 49,78 | 50,16 | 2,11% | 4,94% |
| 44 | 49,78 | 50,07 | 2,11% | 4,79% |
| 45 | 49,73 | 50,05 | 1,99% | 4,60% |
| 46 | 49,77 | 50,17 | 1,93% | 5,29% |
| 47 | 49,75 | 50,22 | 1,88% | 5,00% |
| 48 | 49,72 | 50,13 | 2,45% | 5,32% |
| 49 | 49,81 | 50,11 | 2,51% | 5,49% |
| 50 | 49,68 | 50,37 | 2,37% | 5,77% |

## DATOS HINCHAMIENTO 150°C

| nr | 0%    |       | 35%         |       |             |       |
|----|-------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
|    | rad   | tang  | dimensiones |       | contraccion |       |
|    | rad   | tang  | rad         | tang  | rad         | tang  |
| 1  | 48,38 | 47,56 | 48,75       | 48,16 | 0,76%       | 1,26% |
| 2  | 48,46 | 47,55 | 48,69       | 48,19 | 0,47%       | 1,35% |
| 3  | 48,41 | 47,42 | 48,58       | 47,84 | 0,35%       | 0,89% |
| 4  | 48,35 | 47,14 | 48,58       | 47,67 | 0,48%       | 1,12% |
| 5  | 48,45 | 47,23 | 48,68       | 47,80 | 0,47%       | 1,21% |
| 6  | 48,20 | 47,50 | 48,58       | 48,19 | 0,79%       | 1,45% |
| 7  | 48,20 | 47,46 | 48,62       | 48,16 | 0,87%       | 1,47% |
| 8  | 48,46 | 47,33 | 48,66       | 47,86 | 0,41%       | 1,12% |
| 9  | 48,23 | 47,77 | 48,23       | 48,64 | 0,00%       | 1,82% |
| 10 | 48,19 | 47,43 | 48,59       | 47,63 | 0,83%       | 0,42% |
| 11 | 48,00 | 47,09 | 48,58       | 47,84 | 1,21%       | 1,59% |
| 12 | 48,31 | 47,62 | 48,61       | 48,35 | 0,62%       | 1,53% |
| 13 | 48,27 | 47,34 | 48,71       | 48,00 | 0,91%       | 1,39% |
| 14 | 48,23 | 47,63 | 48,57       | 48,20 | 0,70%       | 1,20% |
| 15 | 48,33 | 47,38 | 48,70       | 48,16 | 0,77%       | 1,65% |
| 16 | 48,33 | 47,49 | 48,76       | 48,25 | 0,89%       | 1,60% |
| 17 | 48,48 | 47,43 | 48,71       | 48,07 | 0,47%       | 1,35% |
| 18 | 48,40 | 47,38 | 48,70       | 48,15 | 0,62%       | 1,63% |
| 19 | 48,46 | 47,44 | 48,86       | 48,14 | 0,83%       | 1,48% |
| 20 | 48,51 | 47,43 | 48,74       | 48,11 | 0,47%       | 1,43% |
| 21 | 48,40 | 47,43 | 48,68       | 48,02 | 0,58%       | 1,24% |
| 22 | 48,43 | 47,45 | 48,81       | 48,15 | 0,78%       | 1,48% |
| 23 | 48,46 | 47,45 | 48,74       | 48,10 | 0,58%       | 1,37% |
| 24 | 48,39 | 47,40 | 48,91       | 48,18 | 1,07%       | 1,65% |
| 25 | 48,44 | 47,48 | 48,73       | 48,18 | 0,60%       | 1,47% |
| 26 | 48,29 | 47,51 | 48,67       | 48,11 | 0,79%       | 1,26% |
| 27 | 48,38 | 47,62 | 48,72       | 48,06 | 0,70%       | 0,92% |
| 28 | 48,71 | 47,96 | 48,86       | 48,39 | 0,31%       | 0,90% |
| 29 | 48,75 | 47,93 | 48,93       | 48,21 | 0,37%       | 0,58% |
| 30 | 48,83 | 48,01 | 49,00       | 48,42 | 0,35%       | 0,85% |
| 31 | 48,70 | 48,00 | 48,91       | 48,42 | 0,43%       | 0,88% |
| 32 | 48,59 | 47,90 | 48,85       | 48,46 | 0,54%       | 1,17% |
| 33 | 48,55 | 47,91 | 48,89       | 48,47 | 0,70%       | 1,17% |
| 34 | 48,71 | 48,04 | 48,84       | 48,49 | 0,27%       | 0,94% |
| 35 | 48,71 | 48,06 | 48,85       | 48,54 | 0,29%       | 1,00% |
| 36 | 48,75 | 48,20 | 49,02       | 48,51 | 0,55%       | 0,64% |
| 37 | 48,40 | 47,16 | 48,79       | 47,70 | 0,81%       | 1,15% |

|    |       |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 38 | 48,34 | 47,12 | 48,68 | 47,57 | 0,70% | 0,96% |
| 39 | 48,07 | 47,37 | 48,62 | 47,62 | 1,14% | 0,53% |
| 40 | 48,05 | 47,28 | 48,44 | 47,79 | 0,81% | 1,08% |
| 41 | 48,45 | 47,22 | 48,80 | 47,91 | 0,72% | 1,46% |
| 42 | 48,67 | 48,07 | 48,93 | 48,61 | 0,53% | 1,12% |
| 43 | 48,33 | 47,38 | 48,79 | 48,19 | 0,95% | 1,71% |
| 44 | 48,15 | 46,94 | 48,59 | 47,67 | 0,91% | 1,56% |
| 45 | 48,03 | 47,12 | 48,42 | 47,68 | 0,81% | 1,19% |
| 46 | 47,94 | 47,07 | 48,41 | 47,59 | 0,98% | 1,10% |
| 47 | 48,15 | 47,18 | 48,52 | 47,83 | 0,77% | 1,38% |
| 48 | 47,96 | 46,99 | 48,32 | 47,60 | 0,75% | 1,30% |
| 49 | 48,37 | 47,23 | 48,56 | 47,68 | 0,39% | 0,95% |
| 50 | 48,25 | 47,10 | 48,62 | 47,71 | 0,77% | 1,30% |

|    | 50%         |       |             |       |    | 65%         |       |             |       |
|----|-------------|-------|-------------|-------|----|-------------|-------|-------------|-------|
|    | dimensiones |       | contraccion |       |    | dimensiones |       | contraccion |       |
| nr | rad         | tang  | rad         | tang  | nr | rad         | tang  | rad         | tang  |
| 1  | 48,75       | 48,14 | 0,76%       | 1,22% | 1  | 48,74       | 48,25 | 0,74%       | 1,45% |
| 2  | 48,87       | 48,27 | 0,85%       | 1,51% | 2  | 48,71       | 48,32 | 0,52%       | 1,62% |
| 3  | 48,72       | 48,08 | 0,64%       | 1,39% | 3  | 48,73       | 48,25 | 0,66%       | 1,75% |
| 4  | 48,62       | 47,81 | 0,56%       | 1,42% | 4  | 48,72       | 48,10 | 0,77%       | 2,04% |
| 5  | 48,98       | 48,12 | 1,09%       | 1,88% | 5  | 48,81       | 48,15 | 0,74%       | 1,95% |
| 6  | 48,83       | 48,35 | 1,31%       | 1,79% | 6  | 48,70       | 48,41 | 1,04%       | 1,92% |
| 7  | 48,71       | 48,36 | 1,06%       | 1,90% | 7  | 48,79       | 48,31 | 1,22%       | 1,79% |
| 8  | 48,74       | 48,14 | 0,58%       | 1,71% | 8  | 48,84       | 48,12 | 0,78%       | 1,67% |
| 9  | 48,78       | 48,47 | 1,14%       | 1,47% | 9  | 48,79       | 48,56 | 1,16%       | 1,65% |
| 10 | 48,66       | 47,99 | 0,98%       | 1,18% | 10 | 48,60       | 47,90 | 0,85%       | 0,99% |
| 11 | 48,80       | 47,92 | 1,67%       | 1,76% | 11 | 48,46       | 47,97 | 0,96%       | 1,87% |
| 12 | 48,85       | 48,34 | 1,12%       | 1,51% | 12 | 48,71       | 48,48 | 0,83%       | 1,81% |
| 13 | 48,84       | 48,10 | 1,18%       | 1,61% | 13 | 48,74       | 48,16 | 0,97%       | 1,73% |
| 14 | 48,70       | 48,15 | 0,97%       | 1,09% | 14 | 48,67       | 48,34 | 0,91%       | 1,49% |
| 15 | 48,94       | 48,28 | 1,26%       | 1,90% | 15 | 48,78       | 48,27 | 0,93%       | 1,88% |
| 16 | 49,01       | 48,30 | 1,41%       | 1,71% | 16 | 48,81       | 48,22 | 0,99%       | 1,54% |
| 17 | 48,88       | 48,17 | 0,83%       | 1,56% | 17 | 48,87       | 48,33 | 0,80%       | 1,90% |
| 18 | 48,78       | 48,14 | 0,79%       | 1,60% | 18 | 48,81       | 48,35 | 0,85%       | 2,05% |
| 19 | 48,97       | 48,30 | 1,05%       | 1,81% | 19 | 48,78       | 48,37 | 0,66%       | 1,96% |
| 20 | 48,77       | 48,22 | 0,54%       | 1,67% | 20 | 48,86       | 48,36 | 0,72%       | 1,96% |
| 21 | 48,73       | 48,17 | 0,68%       | 1,56% | 21 | 48,80       | 48,24 | 0,83%       | 1,71% |
| 22 | 48,89       | 48,40 | 0,95%       | 2,00% | 22 | 48,83       | 48,47 | 0,83%       | 2,15% |
| 23 | 48,78       | 48,44 | 0,66%       | 2,09% | 23 | 48,79       | 48,21 | 0,68%       | 1,60% |
| 24 | 48,89       | 48,27 | 1,03%       | 1,84% | 24 | 48,82       | 48,39 | 0,89%       | 2,09% |
| 25 | 48,89       | 48,24 | 0,93%       | 1,60% | 25 | 48,85       | 48,35 | 0,85%       | 1,83% |

|    |       |       |       |       |    |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| 26 | 48,79 | 48,30 | 1,04% | 1,66% | 26 | 48,82 | 48,25 | 1,10% | 1,56% |
| 27 | 48,78 | 48,22 | 0,83% | 1,26% | 27 | 48,90 | 48,33 | 1,07% | 1,49% |
| 28 | 49,08 | 48,46 | 0,76% | 1,04% | 28 | 48,90 | 48,53 | 0,39% | 1,19% |
| 29 | 49,04 | 48,48 | 0,59% | 1,15% | 29 | 49,07 | 48,53 | 0,66% | 1,25% |
| 30 | 49,05 | 48,53 | 0,45% | 1,08% | 30 | 49,02 | 48,69 | 0,39% | 1,42% |
| 31 | 49,02 | 48,55 | 0,66% | 1,15% | 31 | 48,93 | 48,42 | 0,47% | 0,88% |
| 32 | 48,90 | 48,43 | 0,64% | 1,11% | 32 | 48,89 | 48,45 | 0,62% | 1,15% |
| 33 | 49,08 | 48,56 | 1,09% | 1,36% | 33 | 48,90 | 48,72 | 0,72% | 1,69% |
| 34 | 48,86 | 48,60 | 0,31% | 1,17% | 34 | 48,93 | 48,87 | 0,45% | 1,73% |
| 35 | 48,92 | 48,70 | 0,43% | 1,33% | 35 | 49,02 | 48,79 | 0,64% | 1,52% |
| 36 | 49,12 | 48,62 | 0,76% | 0,87% | 36 | 49,06 | 48,83 | 0,64% | 1,31% |
| 37 | 48,82 | 47,86 | 0,87% | 1,48% | 37 | 48,89 | 48,00 | 1,01% | 1,78% |
| 38 | 48,80 | 47,79 | 0,95% | 1,42% | 38 | 48,87 | 47,79 | 1,10% | 1,42% |
| 39 | 48,55 | 47,94 | 1,00% | 1,20% | 39 | 48,55 | 48,08 | 1,00% | 1,50% |
| 40 | 48,57 | 47,92 | 1,08% | 1,35% | 40 | 48,54 | 48,18 | 1,02% | 1,90% |
| 41 | 48,85 | 48,09 | 0,83% | 1,84% | 41 | 48,86 | 48,08 | 0,85% | 1,82% |
| 42 | 48,87 | 48,62 | 0,41% | 1,14% | 42 | 48,89 | 48,79 | 0,45% | 1,50% |
| 43 | 48,79 | 48,41 | 0,95% | 2,17% | 43 | 48,76 | 48,32 | 0,89% | 1,98% |
| 44 | 48,73 | 47,94 | 1,20% | 2,13% | 44 | 48,67 | 48,10 | 1,08% | 2,47% |
| 45 | 48,61 | 47,87 | 1,21% | 1,59% | 45 | 48,55 | 48,18 | 1,08% | 2,25% |
| 46 | 48,43 | 48,01 | 1,02% | 2,00% | 46 | 48,43 | 47,99 | 1,02% | 1,95% |
| 47 | 48,76 | 47,93 | 1,27% | 1,59% | 47 | 48,67 | 48,16 | 1,08% | 2,08% |
| 48 | 48,65 | 47,89 | 1,44% | 1,92% | 48 | 48,47 | 48,17 | 1,06% | 2,51% |
| 49 | 48,69 | 47,87 | 0,66% | 1,36% | 49 | 48,68 | 48,19 | 0,64% | 2,03% |
| 50 | 48,77 | 47,90 | 1,08% | 1,70% | 50 | 48,76 | 48,07 | 1,06% | 2,06% |

| nr | 80%         |       |             |       | nr | 90%         |       |             |       |
|----|-------------|-------|-------------|-------|----|-------------|-------|-------------|-------|
|    | dimensiones |       | contraccion |       |    | dimensiones |       | contraccion |       |
|    | rad         | tang  | rad         | tang  |    | rad         | tang  | rad         | tang  |
| 1  | 48,96       | 48,78 | 1,20%       | 2,57% | 1  | 49,21       | 49,20 | 1,72%       | 3,45% |
| 2  | 49,39       | 48,87 | 1,92%       | 2,78% | 2  | 49,08       | 49,23 | 1,28%       | 3,53% |
| 3  | 48,97       | 48,83 | 1,16%       | 2,97% | 3  | 49,09       | 49,23 | 1,40%       | 3,82% |
| 4  | 48,91       | 48,45 | 1,16%       | 2,78% | 4  | 49,03       | 48,91 | 1,41%       | 3,75% |
| 5  | 49,06       | 48,79 | 1,26%       | 3,30% | 5  | 49,23       | 49,34 | 1,61%       | 4,47% |
| 6  | 48,86       | 49,04 | 1,37%       | 3,24% | 6  | 49,13       | 49,46 | 1,93%       | 4,13% |
| 7  | 49,10       | 48,73 | 1,87%       | 2,68% | 7  | 49,04       | 49,18 | 1,74%       | 3,62% |
| 8  | 48,99       | 48,65 | 1,09%       | 2,79% | 8  | 49,26       | 49,16 | 1,65%       | 3,87% |
| 9  | 49,05       | 48,84 | 1,70%       | 2,24% | 9  | 49,30       | 49,17 | 2,22%       | 2,93% |
| 10 | 48,82       | 48,62 | 1,31%       | 2,51% | 10 | 49,01       | 49,22 | 1,70%       | 3,77% |
| 11 | 48,68       | 48,77 | 1,42%       | 3,57% | 11 | 49,01       | 49,11 | 2,10%       | 4,29% |
| 12 | 49,05       | 48,94 | 1,53%       | 2,77% | 12 | 49,30       | 49,41 | 2,05%       | 3,76% |
| 13 | 48,95       | 48,77 | 1,41%       | 3,02% | 13 | 49,12       | 49,32 | 1,76%       | 4,18% |

|    |       |       |       |       |    |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| 14 | 49,02 | 48,81 | 1,64% | 2,48% | 14 | 49,08 | 49,19 | 1,76% | 3,28% |
| 15 | 49,07 | 48,75 | 1,53% | 2,89% | 15 | 49,25 | 49,28 | 1,90% | 4,01% |
| 16 | 49,07 | 48,82 | 1,53% | 2,80% | 16 | 49,27 | 49,37 | 1,94% | 3,96% |
| 17 | 49,05 | 48,91 | 1,18% | 3,12% | 17 | 49,20 | 49,39 | 1,49% | 4,13% |
| 18 | 49,01 | 48,83 | 1,26% | 3,06% | 18 | 49,30 | 49,21 | 1,86% | 3,86% |
| 19 | 49,06 | 48,86 | 1,24% | 2,99% | 19 | 49,23 | 49,27 | 1,59% | 3,86% |
| 20 | 49,05 | 48,92 | 1,11% | 3,14% | 20 | 49,30 | 49,24 | 1,63% | 3,82% |
| 21 | 49,05 | 48,85 | 1,34% | 2,99% | 21 | 49,23 | 49,22 | 1,71% | 3,77% |
| 22 | 49,22 | 48,83 | 1,63% | 2,91% | 22 | 49,32 | 49,34 | 1,84% | 3,98% |
| 23 | 49,06 | 48,82 | 1,24% | 2,89% | 23 | 49,20 | 49,26 | 1,53% | 3,81% |
| 24 | 49,08 | 48,89 | 1,43% | 3,14% | 24 | 49,25 | 49,25 | 1,78% | 3,90% |
| 25 | 49,08 | 48,80 | 1,32% | 2,78% | 25 | 49,36 | 49,25 | 1,90% | 3,73% |
| 26 | 49,06 | 49,08 | 1,59% | 3,30% | 26 | 49,37 | 49,35 | 2,24% | 3,87% |
| 27 | 49,03 | 48,85 | 1,34% | 2,58% | 27 | 49,28 | 49,34 | 1,86% | 3,61% |
| 28 | 49,03 | 48,96 | 0,66% | 2,09% | 28 | 49,18 | 49,35 | 0,96% | 2,90% |
| 29 | 49,10 | 48,90 | 0,72% | 2,02% | 29 | 49,24 | 49,16 | 1,01% | 2,57% |
| 30 | 49,14 | 49,00 | 0,63% | 2,06% | 30 | 49,19 | 49,37 | 0,74% | 2,83% |
| 31 | 49,09 | 49,07 | 0,80% | 2,23% | 31 | 49,25 | 49,32 | 1,13% | 2,75% |
| 32 | 49,06 | 49,03 | 0,97% | 2,36% | 32 | 49,18 | 49,31 | 1,21% | 2,94% |
| 33 | 49,08 | 49,07 | 1,09% | 2,42% | 33 | 49,22 | 49,31 | 1,38% | 2,92% |
| 34 | 48,95 | 49,06 | 0,49% | 2,12% | 34 | 49,10 | 49,34 | 0,80% | 2,71% |
| 35 | 49,10 | 49,02 | 0,80% | 2,00% | 35 | 49,16 | 49,45 | 0,92% | 2,89% |
| 36 | 49,23 | 49,01 | 0,98% | 1,68% | 36 | 49,21 | 49,32 | 0,94% | 2,32% |
| 37 | 49,08 | 48,58 | 1,40% | 3,01% | 37 | 49,29 | 49,09 | 1,84% | 4,09% |
| 38 | 49,03 | 48,42 | 1,43% | 2,76% | 38 | 49,16 | 48,78 | 1,70% | 3,52% |
| 39 | 48,75 | 48,68 | 1,41% | 2,77% | 39 | 49,09 | 49,14 | 2,12% | 3,74% |
| 40 | 48,72 | 48,61 | 1,39% | 2,81% | 40 | 48,95 | 49,14 | 1,87% | 3,93% |
| 41 | 49,13 | 48,71 | 1,40% | 3,16% | 41 | 49,22 | 48,99 | 1,59% | 3,75% |
| 42 | 49,06 | 49,04 | 0,80% | 2,02% | 42 | 49,06 | 49,33 | 0,80% | 2,62% |
| 43 | 48,95 | 48,81 | 1,28% | 3,02% | 43 | 49,15 | 49,21 | 1,70% | 3,86% |
| 44 | 48,94 | 48,72 | 1,64% | 3,79% | 44 | 49,11 | 49,07 | 1,99% | 4,54% |
| 45 | 48,82 | 48,70 | 1,64% | 3,35% | 45 | 49,05 | 49,10 | 2,12% | 4,20% |
| 46 | 48,73 | 48,55 | 1,65% | 3,14% | 46 | 48,91 | 49,06 | 2,02% | 4,23% |
| 47 | 48,94 | 48,59 | 1,64% | 2,99% | 47 | 49,16 | 49,10 | 2,10% | 4,07% |
| 48 | 48,76 | 48,60 | 1,67% | 3,43% | 48 | 49,01 | 49,02 | 2,19% | 4,32% |
| 49 | 48,92 | 48,63 | 1,14% | 2,96% | 49 | 49,20 | 49,13 | 1,72% | 4,02% |
| 50 | 48,99 | 48,55 | 1,53% | 3,08% | 50 | 49,22 | 49,02 | 2,01% | 4,08% |

| 95%         |       |       |             |       |
|-------------|-------|-------|-------------|-------|
| dimensiones |       |       | contraccion |       |
| nr          | rad   | tang  | rad         | tang  |
| 1           | 49,36 | 49,48 | 2,03%       | 4,04% |
| 2           | 49,50 | 49,53 | 2,15%       | 4,16% |
| 3           | 49,24 | 49,54 | 1,71%       | 4,47% |
| 4           | 49,32 | 49,48 | 2,01%       | 4,96% |
| 5           | 49,39 | 49,75 | 1,94%       | 5,34% |
| 6           | 49,31 | 49,94 | 2,30%       | 5,14% |
| 7           | 49,11 | 49,60 | 1,89%       | 4,51% |
| 8           | 49,32 | 49,78 | 1,77%       | 5,18% |
| 9           | 49,56 | 49,55 | 2,76%       | 3,73% |
| 10          | 49,29 | 49,36 | 2,28%       | 4,07% |
| 11          | 49,00 | 49,67 | 2,08%       | 5,48% |
| 12          | 49,52 | 49,82 | 2,50%       | 4,62% |
| 13          | 49,38 | 49,80 | 2,30%       | 5,20% |
| 14          | 49,26 | 49,68 | 2,14%       | 4,30% |
| 15          | 49,40 | 49,67 | 2,21%       | 4,83% |
| 16          | 49,49 | 49,78 | 2,40%       | 4,82% |
| 17          | 49,46 | 49,84 | 2,02%       | 5,08% |
| 18          | 49,45 | 49,77 | 2,17%       | 5,04% |
| 19          | 49,44 | 49,92 | 2,02%       | 5,23% |
| 20          | 49,45 | 49,89 | 1,94%       | 5,19% |
| 21          | 49,35 | 49,67 | 1,96%       | 4,72% |
| 22          | 49,45 | 49,77 | 2,11%       | 4,89% |
| 23          | 49,34 | 49,54 | 1,82%       | 4,40% |
| 24          | 49,43 | 49,68 | 2,15%       | 4,81% |
| 25          | 49,46 | 49,67 | 2,11%       | 4,61% |
| 26          | 49,49 | 49,87 | 2,48%       | 4,97% |
| 27          | 49,43 | 49,93 | 2,17%       | 4,85% |
| 28          | 49,19 | 49,52 | 0,99%       | 3,25% |
| 29          | 49,26 | 49,42 | 1,05%       | 3,11% |
| 30          | 49,35 | 49,57 | 1,06%       | 3,25% |
| 31          | 49,19 | 49,54 | 1,01%       | 3,21% |
| 32          | 49,27 | 49,67 | 1,40%       | 3,70% |
| 33          | 49,28 | 49,76 | 1,50%       | 3,86% |
| 34          | 49,13 | 49,70 | 0,86%       | 3,46% |
| 35          | 49,23 | 49,70 | 1,07%       | 3,41% |
| 36          | 49,33 | 49,69 | 1,19%       | 3,09% |
| 37          | 49,41 | 49,40 | 2,09%       | 4,75% |
| 38          | 49,38 | 49,46 | 2,15%       | 4,97% |

|    |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|
| 39 | 49,13 | 49,79 | 2,21% | 5,11% |
| 40 | 49,42 | 49,73 | 2,85% | 5,18% |
| 41 | 49,44 | 49,46 | 2,04% | 4,74% |
| 42 | 49,16 | 49,60 | 1,01% | 3,18% |
| 43 | 49,26 | 49,73 | 1,92% | 4,96% |
| 44 | 49,27 | 49,61 | 2,33% | 5,69% |
| 45 | 49,24 | 49,46 | 2,52% | 4,97% |
| 46 | 49,17 | 49,42 | 2,57% | 4,99% |
| 47 | 49,29 | 49,45 | 2,37% | 4,81% |
| 48 | 49,18 | 49,30 | 2,54% | 4,92% |
| 49 | 49,26 | 49,54 | 1,84% | 4,89% |
| 50 | 49,34 | 49,41 | 2,26% | 4,90% |

### DATOS HINCHAMIENTO 185°C

| nr | 0%    |       | 35%         |       |             |       |
|----|-------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
|    | rad   | tang  | dimensiones |       | contraccion |       |
|    | rad   | tang  | rad         | tang  | rad         | tang  |
| 1  | 48,07 | 46,54 | 48,50       | 47,14 | 0,89%       | 1,29% |
| 2  | 48,51 | 47,27 | 48,56       | 47,68 | 0,10%       | 0,87% |
| 3  | 48,46 | 47,40 | 48,56       | 47,73 | 0,21%       | 0,70% |
| 4  | 48,01 | 46,55 | 48,56       | 47,25 | 1,15%       | 1,50% |
| 5  | 48,10 | 46,73 | 48,21       | 47,36 | 0,23%       | 1,35% |
| 6  | 48,46 | 47,45 | 48,66       | 48,01 | 0,41%       | 1,18% |
| 7  | 48,02 | 46,80 | 48,41       | 47,54 | 0,81%       | 1,58% |
| 8  | 48,42 | 47,35 | 48,58       | 47,57 | 0,33%       | 0,46% |
| 9  | 48,44 | 46,88 | 48,52       | 47,63 | 0,17%       | 1,60% |
| 10 | 48,19 | 46,83 | 48,58       | 47,37 | 0,81%       | 1,15% |
| 11 | 48,60 | 47,54 | 48,89       | 47,91 | 0,60%       | 0,78% |
| 12 | 48,01 | 46,80 | 48,38       | 47,36 | 0,77%       | 1,20% |
| 13 | 48,23 | 46,80 | 48,34       | 47,70 | 0,23%       | 1,92% |
| 14 | 48,29 | 46,79 | 48,44       | 47,48 | 0,31%       | 1,47% |
| 15 | 47,85 | 46,83 | 48,19       | 47,65 | 0,71%       | 1,75% |
| 16 | 48,10 | 46,95 | 48,41       | 47,45 | 0,64%       | 1,06% |
| 17 | 47,73 | 46,55 | 48,12       | 47,08 | 0,82%       | 1,14% |
| 18 | 47,88 | 46,64 | 48,10       | 47,19 | 0,46%       | 1,18% |
| 19 | 47,86 | 46,69 | 48,48       | 47,23 | 1,30%       | 1,16% |
| 20 | 48,03 | 46,56 | 48,29       | 47,10 | 0,54%       | 1,16% |
| 21 | 48,02 | 46,81 | 48,34       | 47,34 | 0,67%       | 1,13% |
| 22 | 47,98 | 47,10 | 48,25       | 47,98 | 0,56%       | 1,87% |
| 23 | 48,21 | 46,97 | 48,36       | 47,61 | 0,31%       | 1,36% |

|    |       |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 24 | 47,91 | 46,81 | 48,15 | 47,56 | 0,50% | 1,60% |
| 25 | 48,04 | 46,86 | 48,37 | 47,53 | 0,69% | 1,43% |
| 26 | 48,15 | 46,69 | 48,43 | 47,48 | 0,58% | 1,69% |
| 27 | 48,08 | 46,75 | 48,47 | 47,51 | 0,81% | 1,63% |
| 28 | 48,26 | 46,80 | 48,44 | 47,75 | 0,37% | 2,03% |
| 29 | 48,25 | 46,85 | 48,60 | 47,65 | 0,73% | 1,71% |
| 30 | 48,01 | 46,82 | 48,22 | 47,29 | 0,44% | 1,00% |
| 31 | 48,42 | 47,54 | 48,63 | 47,95 | 0,43% | 0,86% |
| 32 | 48,53 | 47,28 | 48,58 | 47,34 | 0,10% | 0,13% |
| 33 | 48,34 | 47,12 | 48,46 | 47,38 | 0,25% | 0,55% |
| 34 | 48,48 | 47,13 | 48,56 | 47,46 | 0,17% | 0,70% |
| 35 | 48,26 | 47,13 | 48,49 | 47,53 | 0,48% | 0,85% |
| 36 | 48,01 | 46,50 | 48,21 | 47,17 | 0,42% | 1,44% |
| 37 | 48,70 | 47,52 | 48,90 | 48,34 | 0,41% | 1,73% |
| 38 | 48,63 | 47,67 | 48,76 | 48,24 | 0,27% | 1,20% |
| 39 | 48,58 | 47,45 | 48,82 | 47,97 | 0,49% | 1,10% |
| 40 | 48,67 | 47,67 | 48,86 | 48,05 | 0,39% | 0,80% |
| 41 | 48,13 | 47,07 | 48,41 | 47,30 | 0,58% | 0,49% |
| 42 | 48,18 | 46,95 | 48,55 | 47,22 | 0,77% | 0,58% |
| 43 | 48,08 | 46,82 | 48,30 | 47,25 | 0,46% | 0,92% |
| 44 | 48,28 | 46,93 | 48,39 | 47,31 | 0,23% | 0,81% |
| 45 | 47,94 | 46,62 | 48,22 | 47,15 | 0,58% | 1,14% |
| 46 | 47,90 | 46,37 | 48,15 | 47,11 | 0,52% | 1,60% |
| 47 | 48,26 | 47,11 | 48,49 | 47,38 | 0,48% | 0,57% |
| 48 | 48,17 | 46,94 | 48,48 | 47,19 | 0,64% | 0,53% |
| 49 | 48,32 | 47,02 | 48,58 | 47,41 | 0,54% | 0,83% |
| 50 | 48,00 | 46,63 | 48,28 | 47,03 | 0,58% | 0,86% |

| nr | 50%         |       |             |       | nr | 65%         |       |                 |       | contrac<br>cion |
|----|-------------|-------|-------------|-------|----|-------------|-------|-----------------|-------|-----------------|
|    | dimensiones |       | contraccion |       |    | dimensiones |       | contrac<br>cion |       |                 |
|    | rad         | tang  | rad         | tang  |    | rad         | tang  | rad             | tang  |                 |
| 1  | 48,49       | 47,17 | 0,87%       | 1,35% | 1  | 48,51       | 47,20 | 0,92%           | 1,42% |                 |
| 2  | 48,62       | 47,53 | 0,23%       | 0,55% | 2  | 48,55       | 47,82 | 0,08%           | 1,16% |                 |
| 3  | 48,67       | 47,73 | 0,43%       | 0,70% | 3  | 48,62       | 48,09 | 0,33%           | 1,46% |                 |
| 4  | 48,33       | 47,16 | 0,67%       | 1,31% | 4  | 48,36       | 47,27 | 0,73%           | 1,55% |                 |
| 5  | 48,25       | 47,38 | 0,31%       | 1,39% | 5  | 48,32       | 47,38 | 0,46%           | 1,39% |                 |
| 6  | 48,75       | 48,08 | 0,60%       | 1,33% | 6  | 48,66       | 48,03 | 0,41%           | 1,22% |                 |
| 7  | 48,39       | 47,45 | 0,77%       | 1,39% | 7  | 48,40       | 47,46 | 0,79%           | 1,41% |                 |
| 8  | 48,63       | 47,61 | 0,43%       | 0,55% | 8  | 48,57       | 47,91 | 0,31%           | 1,18% |                 |
| 9  | 48,51       | 47,36 | 0,14%       | 1,02% | 9  | 48,67       | 47,52 | 0,47%           | 1,37% |                 |

|    |       |       |       |       |    |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| 10 | 48,62 | 47,54 | 0,89% | 1,52% | 10 | 48,53 | 47,73 | 0,71% | 1,92% |
| 11 | 48,86 | 48,04 | 0,53% | 1,05% | 11 | 48,87 | 48,05 | 0,56% | 1,07% |
| 12 | 48,45 | 47,34 | 0,92% | 1,15% | 12 | 48,41 | 47,60 | 0,83% | 1,71% |
| 13 | 48,36 | 47,45 | 0,27% | 1,39% | 13 | 48,38 | 47,46 | 0,31% | 1,41% |
| 14 | 48,41 | 47,57 | 0,25% | 1,67% | 14 | 48,48 | 47,52 | 0,39% | 1,56% |
| 15 | 48,33 | 47,59 | 1,00% | 1,62% | 15 | 48,21 | 47,60 | 0,75% | 1,64% |
| 16 | 48,43 | 47,48 | 0,69% | 1,13% | 16 | 48,42 | 47,57 | 0,67% | 1,32% |
| 17 | 48,16 | 47,11 | 0,90% | 1,20% | 17 | 48,11 | 47,30 | 0,80% | 1,61% |
| 18 | 48,17 | 47,31 | 0,61% | 1,44% | 18 | 48,17 | 47,34 | 0,61% | 1,50% |
| 19 | 48,23 | 47,68 | 0,77% | 2,12% | 19 | 48,22 | 47,24 | 0,75% | 1,18% |
| 20 | 48,31 | 47,27 | 0,58% | 1,52% | 20 | 48,38 | 47,29 | 0,73% | 1,57% |
| 21 | 48,49 | 47,41 | 0,98% | 1,28% | 21 | 48,50 | 47,51 | 1,00% | 1,50% |
| 22 | 48,22 | 47,51 | 0,50% | 0,87% | 22 | 48,32 | 47,62 | 0,71% | 1,10% |
| 23 | 48,43 | 47,43 | 0,46% | 0,98% | 23 | 48,42 | 47,55 | 0,44% | 1,23% |
| 24 | 48,20 | 47,36 | 0,61% | 1,17% | 24 | 48,17 | 47,54 | 0,54% | 1,56% |
| 25 | 48,25 | 47,47 | 0,44% | 1,30% | 25 | 48,30 | 47,56 | 0,54% | 1,49% |
| 26 | 48,33 | 47,25 | 0,37% | 1,20% | 26 | 48,38 | 47,36 | 0,48% | 1,43% |
| 27 | 48,44 | 47,36 | 0,75% | 1,30% | 27 | 48,42 | 47,43 | 0,71% | 1,45% |
| 28 | 48,54 | 47,33 | 0,58% | 1,13% | 28 | 48,53 | 47,57 | 0,56% | 1,65% |
| 29 | 48,43 | 47,36 | 0,37% | 1,09% | 29 | 48,52 | 47,50 | 0,56% | 1,39% |
| 30 | 48,38 | 47,31 | 0,77% | 1,05% | 30 | 48,34 | 47,45 | 0,69% | 1,35% |
| 31 | 48,67 | 47,95 | 0,52% | 0,86% | 31 | 48,71 | 47,97 | 0,60% | 0,90% |
| 32 | 48,68 | 47,65 | 0,31% | 0,78% | 32 | 48,63 | 47,64 | 0,21% | 0,76% |
| 33 | 48,59 | 47,74 | 0,52% | 1,32% | 33 | 48,54 | 47,67 | 0,41% | 1,17% |
| 34 | 48,56 | 47,60 | 0,17% | 1,00% | 34 | 48,57 | 47,49 | 0,19% | 0,76% |
| 35 | 48,51 | 47,48 | 0,52% | 0,74% | 35 | 48,51 | 47,53 | 0,52% | 0,85% |
| 36 | 48,18 | 47,11 | 0,35% | 1,31% | 36 | 48,28 | 47,16 | 0,56% | 1,42% |
| 37 | 48,94 | 47,99 | 0,49% | 0,99% | 37 | 48,90 | 48,00 | 0,41% | 1,01% |
| 38 | 48,84 | 48,00 | 0,43% | 0,69% | 38 | 48,85 | 48,02 | 0,45% | 0,73% |
| 39 | 48,93 | 47,90 | 0,72% | 0,95% | 39 | 48,94 | 47,96 | 0,74% | 1,07% |
| 40 | 48,78 | 47,99 | 0,23% | 0,67% | 40 | 48,83 | 48,04 | 0,33% | 0,78% |
| 41 | 48,43 | 47,52 | 0,62% | 0,96% | 41 | 48,42 | 47,58 | 0,60% | 1,08% |
| 42 | 48,52 | 47,49 | 0,71% | 1,15% | 42 | 48,54 | 47,37 | 0,75% | 0,89% |
| 43 | 48,34 | 47,38 | 0,54% | 1,20% | 43 | 48,22 | 47,37 | 0,29% | 1,17% |
| 44 | 48,31 | 47,44 | 0,06% | 1,09% | 44 | 48,44 | 47,47 | 0,33% | 1,15% |
| 45 | 48,19 | 47,18 | 0,52% | 1,20% | 45 | 48,18 | 47,17 | 0,50% | 1,18% |
| 46 | 48,13 | 46,92 | 0,48% | 1,19% | 46 | 48,23 | 47,15 | 0,69% | 1,68% |
| 47 | 48,54 | 47,39 | 0,58% | 0,59% | 47 | 48,49 | 47,54 | 0,48% | 0,91% |
| 48 | 48,38 | 47,26 | 0,44% | 0,68% | 48 | 48,47 | 47,34 | 0,62% | 0,85% |
| 49 | 48,62 | 47,54 | 0,62% | 1,11% | 49 | 48,62 | 47,56 | 0,62% | 1,15% |
| 50 | 48,40 | 47,05 | 0,83% | 0,90% | 50 | 48,26 | 47,18 | 0,54% | 1,18% |

| nr | 80%         |       |             |       | nr | 90%         |       |             |       |
|----|-------------|-------|-------------|-------|----|-------------|-------|-------------|-------|
|    | dimensiones |       | contraccion |       |    | dimensiones |       | contraccion |       |
|    | rad         | tang  | rad         | tang  |    | rad         | tang  | rad         | tang  |
| 1  | 48,66       | 47,70 | 1,23%       | 2,49% | 1  | 48,68       | 47,91 | 1,27%       | 2,94% |
| 2  | 48,66       | 48,27 | 0,31%       | 2,12% | 2  | 48,67       | 48,34 | 0,33%       | 2,26% |
| 3  | 48,81       | 48,17 | 0,72%       | 1,62% | 3  | 48,71       | 48,26 | 0,52%       | 1,81% |
| 4  | 48,51       | 47,77 | 1,04%       | 2,62% | 4  | 48,66       | 47,97 | 1,35%       | 3,05% |
| 5  | 48,53       | 47,74 | 0,89%       | 2,16% | 5  | 48,64       | 48,01 | 1,12%       | 2,74% |
| 6  | 48,87       | 48,22 | 0,85%       | 1,62% | 6  | 48,82       | 48,35 | 0,74%       | 1,90% |
| 7  | 48,53       | 47,98 | 1,06%       | 2,52% | 7  | 48,71       | 48,19 | 1,44%       | 2,97% |
| 8  | 48,73       | 48,10 | 0,64%       | 1,58% | 8  | 48,72       | 48,27 | 0,62%       | 1,94% |
| 9  | 48,77       | 47,85 | 0,68%       | 2,07% | 9  | 48,84       | 47,99 | 0,83%       | 2,37% |
| 10 | 48,75       | 47,88 | 1,16%       | 2,24% | 10 | 48,86       | 48,15 | 1,39%       | 2,82% |
| 11 | 48,94       | 48,31 | 0,70%       | 1,62% | 11 | 49,04       | 48,54 | 0,91%       | 2,10% |
| 12 | 48,58       | 47,86 | 1,19%       | 2,26% | 12 | 48,63       | 48,04 | 1,29%       | 2,65% |
| 13 | 48,52       | 47,89 | 0,60%       | 2,33% | 13 | 48,63       | 48,15 | 0,83%       | 2,88% |
| 14 | 48,64       | 47,90 | 0,72%       | 2,37% | 14 | 48,65       | 48,17 | 0,75%       | 2,95% |
| 15 | 48,46       | 47,96 | 1,27%       | 2,41% | 15 | 48,67       | 48,23 | 1,71%       | 2,99% |
| 16 | 48,52       | 47,96 | 0,87%       | 2,15% | 16 | 48,62       | 48,23 | 1,08%       | 2,73% |
| 17 | 48,35       | 47,66 | 1,30%       | 2,38% | 17 | 48,50       | 47,99 | 1,61%       | 3,09% |
| 18 | 48,42       | 47,89 | 1,13%       | 2,68% | 18 | 48,54       | 48,05 | 1,38%       | 3,02% |
| 19 | 48,47       | 47,75 | 1,27%       | 2,27% | 19 | 48,47       | 48,13 | 1,27%       | 3,08% |
| 20 | 48,52       | 47,74 | 1,02%       | 2,53% | 20 | 48,57       | 48,02 | 1,12%       | 3,14% |
| 21 | 48,67       | 47,95 | 1,35%       | 2,44% | 21 | 48,66       | 48,14 | 1,33%       | 2,84% |
| 22 | 48,57       | 48,10 | 1,23%       | 2,12% | 22 | 48,68       | 48,22 | 1,46%       | 2,38% |
| 23 | 48,62       | 47,92 | 0,85%       | 2,02% | 23 | 48,72       | 48,30 | 1,06%       | 2,83% |
| 24 | 48,51       | 47,95 | 1,25%       | 2,44% | 24 | 48,50       | 48,22 | 1,23%       | 3,01% |
| 25 | 48,49       | 47,93 | 0,94%       | 2,28% | 25 | 48,57       | 48,27 | 1,10%       | 3,01% |
| 26 | 48,70       | 47,73 | 1,14%       | 2,23% | 26 | 48,76       | 48,00 | 1,27%       | 2,81% |
| 27 | 48,53       | 47,78 | 0,94%       | 2,20% | 27 | 48,66       | 48,03 | 1,21%       | 2,74% |
| 28 | 48,77       | 47,77 | 1,06%       | 2,07% | 28 | 48,82       | 48,09 | 1,16%       | 2,76% |
| 29 | 48,74       | 47,81 | 1,02%       | 2,05% | 29 | 48,73       | 48,04 | 0,99%       | 2,54% |
| 30 | 48,55       | 47,86 | 1,12%       | 2,22% | 30 | 48,64       | 47,99 | 1,31%       | 2,50% |
| 31 | 48,85       | 48,18 | 0,89%       | 1,35% | 31 | 48,75       | 48,36 | 0,68%       | 1,72% |
| 32 | 48,87       | 48,04 | 0,70%       | 1,61% | 32 | 48,88       | 48,15 | 0,72%       | 1,84% |
| 33 | 48,79       | 48,05 | 0,93%       | 1,97% | 33 | 48,82       | 48,18 | 0,99%       | 2,25% |
| 34 | 48,73       | 48,04 | 0,52%       | 1,93% | 34 | 48,88       | 48,20 | 0,83%       | 2,27% |
| 35 | 48,72       | 47,84 | 0,95%       | 1,51% | 35 | 48,77       | 48,09 | 1,06%       | 2,04% |
| 36 | 48,37       | 47,49 | 0,75%       | 2,13% | 36 | 48,53       | 47,88 | 1,08%       | 2,97% |
| 37 | 48,97       | 48,50 | 0,55%       | 2,06% | 37 | 48,93       | 48,50 | 0,47%       | 2,06% |
| 38 | 48,92       | 48,46 | 0,60%       | 1,66% | 38 | 48,89       | 48,45 | 0,53%       | 1,64% |

|    |       |       |       |       |    |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| 39 | 49,03 | 48,27 | 0,93% | 1,73% | 39 | 48,96 | 48,36 | 0,78% | 1,92% |
| 40 | 48,98 | 48,29 | 0,64% | 1,30% | 40 | 48,92 | 48,48 | 0,51% | 1,70% |
| 41 | 48,70 | 47,87 | 1,18% | 1,70% | 41 | 48,76 | 48,05 | 1,31% | 2,08% |
| 42 | 48,75 | 48,02 | 1,18% | 2,28% | 42 | 48,90 | 48,20 | 1,49% | 2,66% |
| 43 | 48,43 | 47,80 | 0,73% | 2,09% | 43 | 48,61 | 48,23 | 1,10% | 3,01% |
| 44 | 48,57 | 47,83 | 0,60% | 1,92% | 44 | 48,67 | 47,98 | 0,81% | 2,24% |
| 45 | 48,41 | 47,51 | 0,98% | 1,91% | 45 | 48,57 | 47,84 | 1,31% | 2,62% |
| 46 | 48,41 | 47,48 | 1,06% | 2,39% | 46 | 48,55 | 47,72 | 1,36% | 2,91% |
| 47 | 48,64 | 47,94 | 0,79% | 1,76% | 47 | 48,76 | 48,10 | 1,04% | 2,10% |
| 48 | 48,57 | 47,67 | 0,83% | 1,56% | 48 | 48,73 | 48,06 | 1,16% | 2,39% |
| 49 | 48,73 | 47,86 | 0,85% | 1,79% | 49 | 48,96 | 48,22 | 1,32% | 2,55% |
| 50 | 48,42 | 47,49 | 0,88% | 1,84% | 50 | 48,59 | 47,97 | 1,23% | 2,87% |

| 95%         |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
|             |       |       |       |       |
| dimensiones |       |       |       |       |
| contraccion |       |       |       |       |
| nr          | rad   | tang  | rad   | tang  |
| 1           | 48,90 | 48,24 | 1,73% | 3,65% |
| 2           | 48,93 | 48,48 | 0,87% | 2,56% |
| 3           | 48,87 | 48,48 | 0,85% | 2,28% |
| 4           | 48,88 | 48,32 | 1,81% | 3,80% |
| 5           | 48,80 | 48,19 | 1,46% | 3,12% |
| 6           | 48,93 | 48,59 | 0,97% | 2,40% |
| 7           | 48,74 | 48,49 | 1,50% | 3,61% |
| 8           | 48,83 | 48,56 | 0,85% | 2,56% |
| 9           | 48,97 | 48,48 | 1,09% | 3,41% |
| 10          | 49,04 | 48,47 | 1,76% | 3,50% |
| 11          | 49,10 | 48,62 | 1,03% | 2,27% |
| 12          | 48,74 | 48,45 | 1,52% | 3,53% |
| 13          | 48,74 | 48,35 | 1,06% | 3,31% |
| 14          | 48,84 | 48,49 | 1,14% | 3,63% |
| 15          | 48,81 | 48,58 | 2,01% | 3,74% |
| 16          | 48,77 | 48,56 | 1,39% | 3,43% |
| 17          | 48,66 | 48,48 | 1,95% | 4,15% |
| 18          | 48,65 | 48,41 | 1,61% | 3,80% |
| 19          | 48,65 | 48,58 | 1,65% | 4,05% |
| 20          | 48,73 | 48,45 | 1,46% | 4,06% |
| 21          | 48,78 | 48,54 | 1,58% | 3,70% |
| 22          | 48,88 | 48,53 | 1,88% | 3,04% |
| 23          | 49,06 | 48,55 | 1,76% | 3,36% |
| 24          | 48,64 | 48,53 | 1,52% | 3,67% |
| 25          | 48,71 | 48,55 | 1,39% | 3,61% |

|    |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|
| 26 | 48,88 | 48,32 | 1,52% | 3,49% |
| 27 | 48,87 | 48,51 | 1,64% | 3,76% |
| 28 | 48,91 | 48,49 | 1,35% | 3,61% |
| 29 | 48,99 | 48,41 | 1,53% | 3,33% |
| 30 | 48,80 | 48,37 | 1,65% | 3,31% |
| 31 | 48,82 | 48,51 | 0,83% | 2,04% |
| 32 | 48,98 | 48,46 | 0,93% | 2,50% |
| 33 | 48,92 | 48,40 | 1,20% | 2,72% |
| 34 | 48,93 | 48,52 | 0,93% | 2,95% |
| 35 | 48,93 | 48,48 | 1,39% | 2,86% |
| 36 | 48,65 | 48,29 | 1,33% | 3,85% |
| 37 | 49,08 | 48,66 | 0,78% | 2,40% |
| 38 | 49,06 | 48,75 | 0,88% | 2,27% |
| 39 | 49,06 | 48,61 | 0,99% | 2,44% |
| 40 | 49,08 | 48,66 | 0,84% | 2,08% |
| 41 | 48,83 | 48,41 | 1,45% | 2,85% |
| 42 | 48,88 | 48,46 | 1,45% | 3,22% |
| 43 | 48,84 | 48,19 | 1,58% | 2,93% |
| 44 | 48,84 | 48,38 | 1,16% | 3,09% |
| 45 | 48,79 | 48,24 | 1,77% | 3,47% |
| 46 | 48,77 | 48,29 | 1,82% | 4,14% |
| 47 | 48,93 | 48,57 | 1,39% | 3,10% |
| 48 | 48,86 | 48,41 | 1,43% | 3,13% |
| 49 | 49,04 | 48,84 | 1,49% | 3,87% |
| 50 | 48,79 | 48,30 | 1,65% | 3,58% |

### DATOS HINCHAMIENTO 220°C

| nr | 0%    |       | 35%         |       |             |       |
|----|-------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
|    | rad   | tang  | dimensiones |       | contraccion |       |
|    | rad   | tang  | rad         | tang  | rad         | tang  |
| 1  | 43,85 | 41,43 | 44,68       | 42,49 | 1,89%       | 2,56% |
| 2  | 46,21 | 43,63 | 46,92       | 44,27 | 1,54%       | 1,47% |
| 3  | 45,11 | 42,37 | 45,25       | 43,13 | 0,31%       | 1,79% |
| 4  | 44,46 | 42,21 | 45,47       | 43,03 | 2,27%       | 1,94% |
| 5  | 44,06 | 41,83 | 44,76       | 42,67 | 1,59%       | 2,01% |
| 6  | 43,67 | 41,27 | 44,67       | 42,11 | 2,29%       | 2,04% |
| 7  | 43,75 | 41,34 | 44,50       | 42,29 | 1,71%       | 2,30% |
| 8  | 43,23 | 41,20 | 44,01       | 41,91 | 1,80%       | 1,72% |
| 9  | 44,88 | 42,82 | 45,85       | 43,79 | 2,16%       | 2,27% |
| 10 | 44,67 | 42,39 | 45,73       | 43,25 | 2,37%       | 2,03% |

|    |       |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 11 | 44,40 | 42,42 | 45,28 | 43,59 | 1,98% | 2,76% |
| 12 | 43,46 | 41,51 | 44,49 | 42,66 | 2,37% | 2,77% |
| 13 | 44,43 | 42,57 | 45,38 | 43,33 | 2,14% | 1,79% |
| 14 | 44,32 | 42,08 | 45,29 | 42,87 | 2,19% | 1,88% |
| 15 | 43,73 | 41,14 | 44,57 | 42,25 | 1,92% | 2,70% |
| 16 | 43,48 | 41,30 | 44,24 | 41,93 | 1,75% | 1,53% |
| 17 | 43,92 | 41,05 | 44,64 | 41,82 | 1,64% | 1,88% |
| 18 | 45,67 | 43,63 | 46,42 | 44,28 | 1,64% | 1,49% |
| 19 | 44,73 | 41,83 | 45,52 | 42,77 | 1,77% | 2,25% |
| 20 | 44,39 | 42,04 | 45,98 | 42,95 | 3,58% | 2,16% |
| 21 | 45,15 | 42,79 | 45,88 | 43,54 | 1,62% | 1,75% |
| 22 | 44,86 | 42,18 | 45,95 | 43,00 | 2,43% | 1,94% |
| 23 | 44,65 | 43,07 | 45,31 | 43,75 | 1,48% | 1,58% |
| 25 | 44,50 | 41,91 | 45,41 | 43,00 | 2,04% | 2,60% |
| 26 | 45,36 | 42,99 | 46,12 | 44,18 | 1,68% | 2,77% |
| 27 | 44,11 | 41,52 | 45,05 | 42,31 | 2,13% | 1,90% |
| 28 | 44,38 | 41,34 | 45,13 | 42,16 | 1,69% | 1,98% |
| 29 | 44,17 | 41,18 | 45,03 | 42,05 | 1,95% | 2,11% |
| 30 | 43,99 | 40,98 | 44,75 | 41,60 | 1,73% | 1,51% |
| 31 | 42,99 | 40,40 | 43,90 | 41,12 | 2,12% | 1,78% |
| 32 | 42,79 | 40,11 | 43,62 | 41,01 | 1,94% | 2,24% |
| 33 | 42,82 | 40,35 | 43,76 | 41,19 | 2,20% | 2,08% |
| 34 | 43,28 | 40,38 | 43,90 | 41,28 | 1,43% | 2,23% |
| 35 | 43,84 | 41,24 | 44,64 | 41,98 | 1,82% | 1,79% |
| 36 | 43,20 | 40,75 | 44,19 | 41,46 | 2,29% | 1,74% |
| 37 | 43,41 | 40,57 | 44,25 | 41,44 | 1,94% | 2,14% |
| 38 | 44,57 | 42,67 | 45,59 | 43,48 | 2,29% | 1,90% |
| 39 | 43,75 | 41,50 | 44,93 | 41,96 | 2,70% | 1,11% |
| 40 | 43,35 | 41,04 | 44,13 | 41,70 | 1,80% | 1,61% |
| 41 | 44,31 | 41,67 | 45,19 | 42,48 | 1,99% | 1,94% |
| 42 | 43,85 | 40,98 | 44,73 | 41,90 | 2,01% | 2,24% |
| 43 | 44,02 | 41,48 | 44,92 | 42,30 | 2,04% | 1,98% |
| 44 | 43,31 | 40,95 | 44,10 | 41,58 | 1,82% | 1,54% |
| 45 | 43,02 | 40,51 | 44,20 | 41,29 | 2,74% | 1,93% |
| 46 | 44,06 | 41,32 | 44,85 | 42,36 | 1,79% | 2,52% |
| 47 | 44,08 | 41,43 | 44,96 | 42,21 | 2,00% | 1,88% |
| 49 | 43,89 | 41,13 | 44,87 | 41,77 | 2,23% | 1,56% |

| 50%         |       |       |             |       | 65%         |       |       |             |       |
|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------|-------------|-------|
| dimensiones |       |       | contraccion |       | dimensiones |       |       | contraccion |       |
| nr          | rad   | tang  | rad         | tang  | nr          | rad   | tang  | rad         | tang  |
| 1           | 44,70 | 42,49 | 1,94%       | 2,56% | 1           | 44,91 | 42,73 | 2,42%       | 3,14% |
| 2           | 46,89 | 44,24 | 1,47%       | 1,40% | 2           | 46,99 | 44,38 | 1,69%       | 1,72% |
| 3           | 45,61 | 42,99 | 1,11%       | 1,46% | 3           | 45,62 | 43,06 | 1,13%       | 1,63% |
| 4           | 45,30 | 42,80 | 1,89%       | 1,40% | 4           | 45,49 | 43,25 | 2,32%       | 2,46% |
| 5           | 44,91 | 42,86 | 1,93%       | 2,46% | 5           | 45,00 | 42,93 | 2,13%       | 2,63% |
| 6           | 44,61 | 42,05 | 2,15%       | 1,89% | 6           | 44,72 | 42,27 | 2,40%       | 2,42% |
| 7           | 44,54 | 42,14 | 1,81%       | 1,94% | 7           | 44,74 | 42,39 | 2,26%       | 2,54% |
| 8           | 44,05 | 41,96 | 1,90%       | 1,84% | 8           | 44,30 | 42,29 | 2,48%       | 2,65% |
| 9           | 45,68 | 43,58 | 1,78%       | 1,77% | 9           | 45,92 | 43,78 | 2,32%       | 2,24% |
| 10          | 45,64 | 43,22 | 2,17%       | 1,96% | 10          | 45,75 | 43,42 | 2,42%       | 2,43% |
| 11          | 45,42 | 43,44 | 2,30%       | 2,40% | 11          | 45,37 | 43,55 | 2,18%       | 2,66% |
| 12          | 44,34 | 42,48 | 2,02%       | 2,34% | 12          | 44,38 | 42,41 | 2,12%       | 2,17% |
| 13          | 45,49 | 43,22 | 2,39%       | 1,53% | 13          | 45,58 | 43,54 | 2,59%       | 2,28% |
| 14          | 45,19 | 42,60 | 1,96%       | 1,24% | 14          | 45,37 | 43,15 | 2,37%       | 2,54% |
| 15          | 44,80 | 42,02 | 2,45%       | 2,14% | 15          | 44,72 | 42,38 | 2,26%       | 3,01% |
| 16          | 44,16 | 42,30 | 1,56%       | 2,42% | 16          | 44,36 | 42,22 | 2,02%       | 2,23% |
| 17          | 44,65 | 41,88 | 1,66%       | 2,02% | 17          | 44,75 | 41,96 | 1,89%       | 2,22% |
| 18          | 46,44 | 44,21 | 1,69%       | 1,33% | 18          | 46,52 | 44,39 | 1,86%       | 1,74% |
| 19          | 45,17 | 42,76 | 0,98%       | 2,22% | 19          | 45,33 | 43,01 | 1,34%       | 2,82% |
| 20          | 45,20 | 43,01 | 1,82%       | 2,31% | 20          | 45,36 | 43,14 | 2,19%       | 2,62% |
| 21          | 46,06 | 43,63 | 2,02%       | 1,96% | 21          | 45,90 | 43,66 | 1,66%       | 2,03% |
| 22          | 45,71 | 42,91 | 1,89%       | 1,73% | 22          | 45,88 | 43,18 | 2,27%       | 2,37% |
| 23          | 45,38 | 43,54 | 1,63%       | 1,09% | 23          | 45,45 | 43,30 | 1,79%       | 0,53% |
| 25          | 45,41 | 42,62 | 2,04%       | 1,69% | 25          | 45,46 | 42,73 | 2,16%       | 1,96% |
| 26          | 46,36 | 43,85 | 2,20%       | 2,00% | 26          | 46,55 | 43,94 | 2,62%       | 2,21% |
| 27          | 44,98 | 42,02 | 1,97%       | 1,20% | 27          | 45,12 | 42,15 | 2,29%       | 1,52% |
| 28          | 45,22 | 42,21 | 1,89%       | 2,10% | 28          | 45,21 | 42,27 | 1,87%       | 2,25% |
| 29          | 45,02 | 41,98 | 1,92%       | 1,94% | 29          | 45,10 | 42,05 | 2,11%       | 2,11% |
| 30          | 44,79 | 41,88 | 1,82%       | 2,20% | 30          | 44,71 | 41,71 | 1,64%       | 1,78% |
| 31          | 43,94 | 41,16 | 2,21%       | 1,88% | 31          | 44,00 | 41,32 | 2,35%       | 2,28% |
| 32          | 43,80 | 41,13 | 2,36%       | 2,54% | 32          | 43,70 | 41,15 | 2,13%       | 2,59% |
| 33          | 43,75 | 41,17 | 2,17%       | 2,03% | 33          | 43,95 | 41,27 | 2,64%       | 2,28% |
| 34          | 44,13 | 41,29 | 1,96%       | 2,25% | 34          | 44,14 | 41,40 | 1,99%       | 2,53% |
| 35          | 44,88 | 42,15 | 2,37%       | 2,21% | 35          | 44,86 | 42,20 | 2,33%       | 2,33% |
| 36          | 44,28 | 41,75 | 2,50%       | 2,45% | 36          | 44,23 | 41,72 | 2,38%       | 2,38% |
| 37          | 44,34 | 41,67 | 2,14%       | 2,71% | 37          | 44,24 | 41,77 | 1,91%       | 2,96% |
| 38          | 45,62 | 43,72 | 2,36%       | 2,46% | 38          | 45,60 | 43,79 | 2,31%       | 2,62% |

|    |       |       |       |       |    |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| 39 | 44,60 | 42,39 | 1,94% | 2,14% | 39 | 44,66 | 42,32 | 2,08% | 1,98% |
| 40 | 44,23 | 42,11 | 2,03% | 2,61% | 40 | 44,31 | 42,17 | 2,21% | 2,75% |
| 41 | 45,40 | 42,60 | 2,46% | 2,23% | 41 | 45,29 | 42,41 | 2,21% | 1,78% |
| 42 | 44,76 | 41,74 | 2,08% | 1,85% | 42 | 44,75 | 41,81 | 2,05% | 2,03% |
| 43 | 44,84 | 42,10 | 1,86% | 1,49% | 43 | 44,88 | 42,20 | 1,95% | 1,74% |
| 44 | 44,30 | 41,52 | 2,29% | 1,39% | 44 | 44,30 | 41,49 | 2,29% | 1,32% |
| 45 | 44,16 | 41,49 | 2,65% | 2,42% | 45 | 44,01 | 41,44 | 2,30% | 2,30% |
| 46 | 44,94 | 42,21 | 2,00% | 2,15% | 46 | 45,01 | 42,16 | 2,16% | 2,03% |
| 47 | 45,06 | 42,31 | 2,22% | 2,12% | 47 | 45,10 | 42,37 | 2,31% | 2,27% |
| 49 | 44,83 | 41,87 | 2,14% | 1,80% | 49 | 44,75 | 42,10 | 1,96% | 2,36% |

|    | 80%         |       |             |       |    | 90%         |       |             |       |
|----|-------------|-------|-------------|-------|----|-------------|-------|-------------|-------|
|    | dimensiones |       | contraccion |       |    | dimensiones |       | contraccion |       |
| nr | rad         | tang  | rad         | tang  | nr | rad         | tang  | rad         | tang  |
| 1  | 45,26       | 42,85 | 3,22%       | 3,43% | 1  | 45,73       | 43,41 | 4,29%       | 4,78% |
| 2  | 47,35       | 44,58 | 2,47%       | 2,18% | 2  | 47,62       | 45,01 | 3,05%       | 3,16% |
| 3  | 46,07       | 43,48 | 2,13%       | 2,62% | 3  | 46,46       | 44,06 | 2,99%       | 3,99% |
| 4  | 45,79       | 43,31 | 2,99%       | 2,61% | 4  | 46,34       | 44,03 | 4,23%       | 4,31% |
| 5  | 45,42       | 43,38 | 3,09%       | 3,71% | 5  | 45,97       | 44,13 | 4,33%       | 5,50% |
| 6  | 45,25       | 42,75 | 3,62%       | 3,59% | 6  | 45,71       | 43,40 | 4,67%       | 5,16% |
| 7  | 45,09       | 42,68 | 3,06%       | 3,24% | 7  | 45,75       | 43,46 | 4,57%       | 5,13% |
| 8  | 44,70       | 42,20 | 3,40%       | 2,43% | 8  | 45,26       | 42,89 | 4,70%       | 4,10% |
| 9  | 46,19       | 44,11 | 2,92%       | 3,01% | 9  | 46,51       | 44,70 | 3,63%       | 4,39% |
| 10 | 46,10       | 43,66 | 3,20%       | 3,00% | 10 | 46,54       | 44,26 | 4,19%       | 4,41% |
| 11 | 45,82       | 43,85 | 3,20%       | 3,37% | 11 | 46,24       | 44,48 | 4,14%       | 4,86% |
| 12 | 44,88       | 42,88 | 3,27%       | 3,30% | 12 | 45,35       | 43,40 | 4,35%       | 4,55% |
| 13 | 45,93       | 43,67 | 3,38%       | 2,58% | 13 | 46,26       | 44,27 | 4,12%       | 3,99% |
| 14 | 45,70       | 43,26 | 3,11%       | 2,80% | 14 | 46,15       | 43,79 | 4,13%       | 4,06% |
| 15 | 45,27       | 42,68 | 3,52%       | 3,74% | 15 | 45,89       | 43,16 | 4,94%       | 4,91% |
| 16 | 44,76       | 42,85 | 2,94%       | 3,75% | 16 | 45,28       | 43,47 | 4,14%       | 5,25% |
| 17 | 45,09       | 42,37 | 2,66%       | 3,22% | 17 | 45,65       | 43,11 | 3,94%       | 5,02% |
| 18 | 46,77       | 44,70 | 2,41%       | 2,45% | 18 | 47,07       | 45,12 | 3,07%       | 3,42% |
| 19 | 46,01       | 43,23 | 2,86%       | 3,35% | 19 | 46,43       | 43,80 | 3,80%       | 4,71% |
| 20 | 45,49       | 43,37 | 2,48%       | 3,16% | 20 | 46,07       | 43,93 | 3,78%       | 4,50% |
| 21 | 46,51       | 44,13 | 3,01%       | 3,13% | 21 | 46,69       | 44,63 | 3,41%       | 4,30% |
| 22 | 45,98       | 43,35 | 2,50%       | 2,77% | 22 | 46,40       | 44,10 | 3,43%       | 4,55% |
| 23 | 45,77       | 43,61 | 2,51%       | 1,25% | 23 | 46,13       | 44,64 | 3,31%       | 3,65% |
| 25 | 45,76       | 43,14 | 2,83%       | 2,93% | 25 | 46,22       | 43,69 | 3,87%       | 4,25% |
| 26 | 46,66       | 44,28 | 2,87%       | 3,00% | 26 | 46,89       | 44,74 | 3,37%       | 4,07% |
| 27 | 45,40       | 42,75 | 2,92%       | 2,96% | 27 | 45,83       | 43,15 | 3,90%       | 3,93% |
| 28 | 45,54       | 42,66 | 2,61%       | 3,19% | 28 | 46,09       | 43,22 | 3,85%       | 4,55% |
| 29 | 45,48       | 42,46 | 2,97%       | 3,11% | 29 | 45,97       | 43,03 | 4,08%       | 4,49% |

|    |       |       |       |       |    |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| 30 | 45,23 | 42,15 | 2,82% | 2,86% | 30 | 45,83 | 42,73 | 4,18% | 4,27% |
| 31 | 44,46 | 41,73 | 3,42% | 3,29% | 31 | 44,99 | 42,28 | 4,65% | 4,65% |
| 32 | 44,21 | 41,52 | 3,32% | 3,52% | 32 | 44,83 | 42,16 | 4,77% | 5,11% |
| 33 | 44,43 | 41,61 | 3,76% | 3,12% | 33 | 45,05 | 42,34 | 5,21% | 4,93% |
| 34 | 44,56 | 41,83 | 2,96% | 3,59% | 34 | 45,10 | 42,34 | 4,21% | 4,85% |
| 35 | 45,35 | 42,64 | 3,44% | 3,39% | 35 | 45,99 | 43,18 | 4,90% | 4,70% |
| 36 | 44,77 | 42,10 | 3,63% | 3,31% | 36 | 45,26 | 42,96 | 4,77% | 5,42% |
| 37 | 44,85 | 42,13 | 3,32% | 3,85% | 37 | 45,38 | 42,70 | 4,54% | 5,25% |
| 38 | 45,91 | 44,14 | 3,01% | 3,45% | 38 | 46,47 | 44,62 | 4,26% | 4,57% |
| 39 | 45,23 | 42,67 | 3,38% | 2,82% | 39 | 45,59 | 43,26 | 4,21% | 4,24% |
| 40 | 44,75 | 42,53 | 3,23% | 3,63% | 40 | 45,21 | 42,98 | 4,29% | 4,73% |
| 41 | 45,77 | 42,82 | 3,29% | 2,76% | 41 | 46,19 | 43,42 | 4,24% | 4,20% |
| 42 | 45,23 | 42,23 | 3,15% | 3,05% | 42 | 45,77 | 42,84 | 4,38% | 4,54% |
| 43 | 45,24 | 42,52 | 2,77% | 2,51% | 43 | 45,84 | 43,20 | 4,13% | 4,15% |
| 44 | 44,82 | 41,88 | 3,49% | 2,27% | 44 | 45,24 | 42,47 | 4,46% | 3,71% |
| 45 | 44,37 | 41,73 | 3,14% | 3,01% | 45 | 44,94 | 42,45 | 4,46% | 4,79% |
| 46 | 45,37 | 42,69 | 2,97% | 3,32% | 46 | 45,87 | 43,25 | 4,11% | 4,67% |
| 47 | 45,55 | 42,74 | 3,33% | 3,16% | 47 | 45,96 | 43,31 | 4,26% | 4,54% |
| 49 | 45,18 | 42,43 | 2,94% | 3,16% | 49 | 45,66 | 43,04 | 4,03% | 4,64% |

| 95% |       |             |       |             |  |
|-----|-------|-------------|-------|-------------|--|
|     |       | dimensiones |       | contraccion |  |
| nr  | rad   | tang        | rad   | tang        |  |
| 1   | 46,06 | 44,00       | 5,04% | 6,20%       |  |
| 2   | 47,86 | 45,38       | 3,57% | 4,01%       |  |
| 3   | 46,78 | 44,40       | 3,70% | 4,79%       |  |
| 4   | 46,61 | 44,26       | 4,84% | 4,86%       |  |
| 5   | 46,25 | 44,43       | 4,97% | 6,22%       |  |
| 6   | 45,99 | 43,74       | 5,31% | 5,98%       |  |
| 7   | 46,09 | 43,75       | 5,35% | 5,83%       |  |
| 8   | 45,63 | 43,32       | 5,55% | 5,15%       |  |
| 9   | 46,81 | 45,06       | 4,30% | 5,23%       |  |
| 10  | 46,76 | 44,70       | 4,68% | 5,45%       |  |
| 11  | 46,51 | 44,90       | 4,75% | 5,85%       |  |
| 12  | 45,76 | 43,95       | 5,29% | 5,88%       |  |
| 13  | 46,73 | 44,61       | 5,18% | 4,79%       |  |
| 14  | 46,45 | 44,18       | 4,81% | 4,99%       |  |
| 15  | 46,21 | 43,56       | 5,67% | 5,88%       |  |
| 16  | 45,62 | 43,78       | 4,92% | 6,00%       |  |
| 17  | 45,97 | 43,57       | 4,67% | 6,14%       |  |
| 18  | 47,24 | 45,33       | 3,44% | 3,90%       |  |
| 19  | 46,66 | 44,21       | 4,31% | 5,69%       |  |

|    |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|
| 20 | 46,36 | 44,33 | 4,44% | 5,45% |
| 21 | 46,92 | 44,95 | 3,92% | 5,05% |
| 22 | 46,57 | 44,40 | 3,81% | 5,26% |
| 23 | 46,49 | 44,60 | 4,12% | 3,55% |
| 25 | 46,74 | 44,16 | 5,03% | 5,37% |
| 26 | 47,22 | 45,14 | 4,10% | 5,00% |
| 27 | 46,21 | 43,72 | 4,76% | 5,30% |
| 28 | 46,53 | 43,75 | 4,84% | 5,83% |
| 29 | 46,37 | 43,47 | 4,98% | 5,56% |
| 30 | 46,07 | 43,14 | 4,73% | 5,27% |
| 31 | 45,36 | 42,62 | 5,51% | 5,50% |
| 32 | 45,21 | 42,67 | 5,66% | 6,38% |
| 33 | 45,29 | 42,65 | 5,77% | 5,70% |
| 34 | 45,62 | 42,97 | 5,41% | 6,41% |
| 35 | 46,10 | 43,52 | 5,16% | 5,53% |
| 36 | 45,63 | 43,09 | 5,63% | 5,74% |
| 37 | 45,77 | 43,05 | 5,44% | 6,11% |
| 38 | 46,71 | 45,00 | 4,80% | 5,46% |
| 39 | 46,01 | 43,69 | 5,17% | 5,28% |
| 40 | 45,65 | 43,46 | 5,31% | 5,90% |
| 41 | 46,62 | 43,85 | 5,21% | 5,23% |
| 42 | 46,15 | 43,18 | 5,25% | 5,37% |
| 43 | 46,20 | 43,57 | 4,95% | 5,04% |
| 44 | 45,62 | 42,84 | 5,33% | 4,62% |
| 45 | 45,48 | 42,82 | 5,72% | 5,70% |
| 46 | 46,28 | 43,66 | 5,04% | 5,66% |
| 47 | 46,36 | 43,71 | 5,17% | 5,50% |
| 49 | 46,10 | 43,47 | 5,04% | 5,69% |

## DATOS EMC TESTIGOS

| Nr | P 0   | P 35  | EMC   | P 50  | EMC    | P 65  | EMC    |
|----|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| 1  | 9,62  | 10,51 | 9,32% | 10,67 | 10,97% | 10,76 | 11,83% |
| 2  | 9,63  | 10,53 | 9,29% | 10,69 | 10,97% | 10,81 | 12,18% |
| 3  | 9,83  | 10,77 | 9,62% | 10,94 | 11,29% | 11,06 | 12,59% |
| 4  | 9,50  | 10,42 | 9,62% | 10,57 | 11,26% | 10,70 | 12,60% |
| 5  | 9,51  | 10,39 | 9,34% | 10,55 | 10,99% | 10,68 | 12,32% |
| 6  | 9,24  | 10,12 | 9,53% | 10,27 | 11,14% | 10,39 | 12,45% |
| 7  | 9,22  | 10,10 | 9,57% | 10,25 | 11,13% | 10,33 | 12,09% |
| 8  | 9,17  | 10,04 | 9,49% | 10,18 | 11,07% | 10,29 | 12,25% |
| 9  | 9,10  | 9,97  | 9,59% | 10,12 | 11,19% | 10,23 | 12,43% |
| 10 | 9,12  | 10,00 | 9,63% | 10,14 | 11,22% | 10,27 | 12,55% |
| 11 | 11,02 | 12,09 | 9,69% | 12,27 | 11,29% | 12,42 | 12,67% |
| 12 | 9,31  | 10,19 | 9,46% | 10,35 | 11,11% | 10,48 | 12,56% |
| 13 | 9,30  | 10,18 | 9,51% | 10,33 | 11,12% | 10,45 | 12,37% |
| 14 | 9,04  | 9,89  | 9,34% | 10,03 | 10,94% | 10,15 | 12,22% |
| 15 | 9,12  | 9,96  | 9,22% | 10,11 | 10,90% | 10,23 | 12,14% |
| 16 | 9,20  | 10,06 | 9,37% | 10,21 | 10,99% | 10,30 | 11,94% |
| 17 | 9,15  | 10,00 | 9,30% | 10,15 | 10,97% | 10,22 | 11,72% |
| 18 | 9,17  | 10,03 | 9,35% | 10,18 | 11,00% | 10,28 | 12,15% |
| 19 | 9,14  | 9,99  | 9,31% | 10,15 | 11,04% | 10,26 | 12,26% |
| 20 | 9,62  | 10,52 | 9,31% | 10,68 | 10,99% | 10,82 | 12,42% |
| 21 | 9,57  | 10,46 | 9,30% | 10,62 | 11,04% | 10,75 | 12,30% |
| 22 | 9,59  | 10,47 | 9,21% | 10,64 | 11,02% | 10,77 | 12,38% |
| 23 | 9,82  | 10,75 | 9,41% | 10,91 | 11,09% | 11,04 | 12,39% |
| 24 | 10,03 | 10,95 | 9,18% | 11,13 | 10,96% | 11,27 | 12,33% |
| 25 | 9,88  | 10,81 | 9,37% | 10,97 | 11,08% | 11,10 | 12,37% |
| 26 | 9,22  | 10,08 | 9,35% | 10,24 | 11,07% | 10,35 | 12,20% |
| 27 | 9,30  | 10,18 | 9,49% | 10,33 | 11,08% | 10,51 | 13,02% |
| 28 | 9,11  | 9,97  | 9,43% | 10,11 | 10,99% | 10,29 | 12,96% |
| 29 | 9,09  | 9,94  | 9,37% | 10,08 | 10,96% | 10,26 | 12,92% |
| 30 | 9,11  | 9,96  | 9,27% | 10,10 | 10,84% | 10,29 | 12,87% |
| 31 | 10,11 | 11,04 | 9,13% | 11,21 | 10,87% | 11,41 | 12,81% |
| 32 | 10,18 | 11,12 | 9,19% | 11,29 | 10,91% | 11,49 | 12,84% |
| 33 | 10,11 | 11,06 | 9,35% | 11,23 | 11,09% | 11,43 | 13,08% |
| 34 | 9,17  | 9,99  | 8,99% | 10,15 | 10,66% | 10,32 | 12,60% |
| 35 | 9,71  | 10,59 | 9,08% | 10,75 | 10,73% | 10,94 | 12,70% |
| 36 | 9,72  | 10,61 | 9,17% | 10,76 | 10,77% | 10,95 | 12,71% |
| 37 | 9,67  | 10,56 | 9,25% | 10,72 | 10,91% | 10,89 | 12,66% |
| 38 | 9,25  | 10,10 | 9,19% | 10,26 | 10,82% | 10,41 | 12,49% |
| 39 | 9,21  | 10,04 | 9,03% | 10,19 | 10,72% | 10,36 | 12,51% |

|    |      |       |       |       |        |       |        |
|----|------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
| 40 | 9,25 | 10,09 | 9,13% | 10,23 | 10,58% | 10,40 | 12,46% |
| 41 | 9,14 | 9,99  | 9,31% | 10,13 | 10,91% | 10,29 | 12,65% |
| 42 | 9,11 | 9,96  | 9,36% | 10,12 | 11,04% | 10,28 | 12,82% |
| 43 | 9,13 | 10,00 | 9,47% | 10,14 | 11,08% | 10,30 | 12,82% |
| 44 | 9,12 | 9,99  | 9,54% | 10,13 | 11,10% | 10,29 | 12,87% |
| 45 | 8,95 | 9,78  | 9,27% | 9,93  | 11,01% | 10,10 | 12,88% |
| 46 | 9,76 | 10,69 | 9,48% | 10,85 | 11,16% | 11,03 | 12,95% |
| 47 | 9,14 | 10,00 | 9,48% | 10,15 | 11,05% | 10,33 | 13,01% |
| 48 | 8,93 | 9,76  | 9,30% | 9,91  | 10,89% | 10,07 | 12,79% |
| 49 | 8,95 | 9,77  | 9,22% | 9,92  | 10,84% | 10,09 | 12,76% |
| 50 | 9,83 | 10,71 | 8,95% | 10,87 | 10,56% | 11,08 | 12,68% |

| P 80  | EMC    | P 90  | EMC    | P 95  | EMC    |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 11,16 | 16,02% | 11,58 | 20,40% | 12,08 | 25,57% |
| 11,20 | 16,23% | 11,64 | 20,78% | 12,12 | 25,76% |
| 11,44 | 16,46% | 11,85 | 20,57% | 12,29 | 25,04% |
| 11,06 | 16,41% | 11,45 | 20,45% | 11,87 | 24,91% |
| 11,05 | 16,29% | 11,46 | 20,60% | 11,93 | 25,46% |
| 10,74 | 16,22% | 11,14 | 20,48% | 11,59 | 25,34% |
| 10,70 | 16,01% | 11,10 | 20,41% | 11,54 | 25,17% |
| 10,64 | 16,10% | 11,03 | 20,27% | 11,46 | 24,99% |
| 10,57 | 16,13% | 10,97 | 20,53% | 11,41 | 25,40% |
| 10,60 | 16,17% | 10,99 | 20,52% | 11,46 | 25,61% |
| 12,82 | 16,28% | 13,32 | 20,82% | 13,96 | 26,64% |
| 10,82 | 16,15% | 11,25 | 20,82% | 11,75 | 26,18% |
| 10,80 | 16,15% | 11,23 | 20,74% | 11,71 | 25,89% |
| 10,49 | 16,06% | 10,90 | 20,53% | 11,35 | 25,55% |
| 10,58 | 16,05% | 10,97 | 20,32% | 11,43 | 25,32% |
| 10,67 | 15,99% | 11,07 | 20,32% | 11,52 | 25,18% |
| 10,59 | 15,75% | 11,00 | 20,24% | 11,46 | 25,22% |
| 10,63 | 15,97% | 11,03 | 20,24% | 11,48 | 25,23% |
| 10,60 | 15,98% | 10,99 | 20,30% | 11,45 | 25,27% |
| 11,18 | 16,18% | 11,55 | 19,97% | 11,98 | 24,50% |
| 11,10 | 16,03% | 11,48 | 20,00% | 11,95 | 24,87% |
| 11,12 | 16,02% | 11,54 | 20,42% | 11,99 | 25,06% |
| 11,40 | 16,05% | 11,81 | 20,19% | 12,25 | 24,69% |
| 11,64 | 15,99% | 12,04 | 19,98% | 12,47 | 24,30% |
| 11,47 | 16,06% | 11,85 | 19,97% | 12,29 | 24,35% |
| 10,68 | 15,78% | 11,06 | 19,91% | 11,53 | 25,05% |
| 10,87 | 16,93% | 11,32 | 21,74% | 11,52 | 23,94% |
| 10,64 | 16,85% | 11,09 | 21,75% | 11,37 | 24,88% |
| 10,62 | 16,83% | 11,06 | 21,66% | 11,37 | 25,10% |

|       |        |       |        |       |        |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 10,64 | 16,73% | 11,09 | 21,65% | 11,41 | 25,19% |
| 11,80 | 16,69% | 12,25 | 21,17% | 12,57 | 24,33% |
| 11,88 | 16,67% | 12,34 | 21,15% | 12,67 | 24,37% |
| 11,82 | 16,92% | 12,27 | 21,40% | 12,60 | 24,65% |
| 10,67 | 16,42% | 11,12 | 21,31% | 11,48 | 25,16% |
| 11,31 | 16,58% | 11,75 | 21,02% | 12,06 | 24,29% |
| 11,33 | 16,60% | 11,75 | 20,96% | 12,08 | 24,29% |
| 11,28 | 16,71% | 11,71 | 21,08% | 12,04 | 24,49% |
| 10,78 | 16,53% | 11,22 | 21,29% | 11,61 | 25,46% |
| 10,73 | 16,49% | 11,16 | 21,26% | 11,55 | 25,48% |
| 10,76 | 16,36% | 11,20 | 21,15% | 11,59 | 25,32% |
| 10,64 | 16,49% | 11,09 | 21,35% | 11,47 | 25,53% |
| 10,63 | 16,66% | 11,07 | 21,47% | 11,44 | 25,55% |
| 10,65 | 16,67% | 11,09 | 21,47% | 11,45 | 25,36% |
| 10,64 | 16,67% | 11,08 | 21,50% | 11,41 | 25,14% |
| 10,44 | 16,67% | 10,87 | 21,43% | 11,17 | 24,85% |
| 11,40 | 16,79% | 11,83 | 21,16% | 12,03 | 23,19% |
| 10,68 | 16,92% | 11,05 | 20,88% | 11,37 | 24,47% |
| 10,43 | 16,72% | 10,82 | 21,18% | 11,16 | 24,99% |
| 10,44 | 16,70% | 10,85 | 21,22% | 11,20 | 25,19% |
| 11,44 | 16,36% | 11,85 | 20,51% | 12,17 | 23,83% |

#### DATOS EMC 150°C

| Nr | P 0   | P 35  | EMC   | P 50  | EMC   | P 65  | EMC   |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1  | 9,21  | 9,84  | 6,76% | 9,92  | 7,62% | 10,00 | 8,56% |
| 2  | 9,06  | 9,66  | 6,60% | 9,76  | 7,68% | 9,87  | 8,96% |
| 3  | 9,32  | 9,96  | 6,88% | 10,06 | 7,89% | 10,16 | 9,01% |
| 4  | 9,29  | 9,94  | 6,95% | 10,03 | 7,99% | 10,13 | 9,06% |
| 5  | 9,43  | 10,09 | 7,01% | 10,18 | 8,00% | 10,27 | 9,00% |
| 6  | 9,53  | 10,21 | 7,10% | 10,31 | 8,15% | 10,43 | 9,39% |
| 7  | 10,11 | 10,83 | 7,05% | 10,93 | 8,09% | 11,05 | 9,22% |
| 8  | 9,49  | 10,17 | 7,12% | 10,27 | 8,14% | 10,37 | 9,25% |
| 9  | 8,62  | 9,22  | 6,95% | 9,31  | 7,92% | 9,40  | 8,97% |
| 10 | 9,21  | 9,83  | 6,79% | 9,93  | 7,85% | 10,04 | 9,03% |
| 11 | 9,46  | 10,12 | 7,05% | 10,21 | 8,00% | 10,29 | 8,85% |
| 12 | 8,84  | 9,49  | 7,25% | 9,58  | 8,27% | 9,68  | 9,42% |
| 13 | 9,56  | 10,20 | 6,65% | 10,30 | 7,68% | 10,42 | 8,95% |
| 14 | 9,76  | 10,46 | 7,14% | 10,54 | 8,03% | 10,65 | 9,17% |
| 15 | 9,65  | 10,33 | 7,03% | 10,42 | 8,00% | 10,54 | 9,24% |
| 16 | 8,99  | 9,64  | 7,16% | 9,72  | 8,12% | 9,83  | 9,26% |
| 17 | 9,09  | 9,72  | 7,00% | 9,81  | 7,99% | 9,92  | 9,21% |

|    |       |       |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 18 | 9,69  | 10,38 | 7,10% | 10,48 | 8,12% | 10,59 | 9,30% |
| 19 | 9,00  | 9,65  | 7,18% | 9,74  | 8,19% | 9,84  | 9,34% |
| 20 | 8,98  | 9,61  | 7,10% | 9,70  | 8,02% | 9,80  | 9,18% |
| 21 | 8,99  | 9,63  | 7,13% | 9,71  | 8,05% | 9,79  | 8,89% |
| 22 | 8,96  | 9,60  | 7,21% | 9,69  | 8,20% | 9,79  | 9,24% |
| 23 | 9,27  | 9,91  | 6,86% | 10,00 | 7,84% | 10,10 | 8,93% |
| 24 | 8,95  | 9,59  | 7,15% | 9,68  | 8,16% | 9,78  | 9,29% |
| 25 | 8,98  | 9,63  | 7,25% | 9,72  | 8,20% | 9,82  | 9,33% |
| 26 | 9,09  | 9,73  | 7,09% | 9,82  | 8,06% | 9,92  | 9,22% |
| 27 | 9,02  | 9,66  | 7,13% | 9,75  | 8,14% | 9,86  | 9,34% |
| 28 | 9,96  | 10,66 | 7,07% | 10,75 | 7,97% | 10,87 | 9,13% |
| 29 | 9,98  | 10,66 | 6,83% | 10,76 | 7,84% | 10,88 | 9,04% |
| 30 | 9,99  | 10,68 | 6,92% | 10,77 | 7,86% | 10,87 | 8,88% |
| 31 | 10,01 | 10,71 | 6,96% | 10,80 | 7,86% | 10,86 | 8,50% |
| 32 | 9,32  | 9,98  | 7,10% | 10,07 | 8,15% | 10,16 | 9,09% |
| 33 | 9,50  | 10,19 | 7,22% | 10,28 | 8,19% | 10,38 | 9,26% |
| 34 | 9,54  | 10,22 | 7,17% | 10,31 | 8,15% | 10,43 | 9,32% |
| 35 | 9,82  | 10,53 | 7,27% | 10,62 | 8,21% | 10,73 | 9,31% |
| 36 | 10,09 | 10,82 | 7,18% | 10,91 | 8,14% | 11,03 | 9,25% |
| 37 | 9,07  | 9,70  | 7,02% | 9,79  | 7,98% | 9,89  | 9,05% |
| 38 | 8,84  | 9,45  | 6,92% | 9,54  | 7,94% | 9,64  | 9,00% |
| 39 | 9,58  | 10,23 | 6,80% | 10,33 | 7,87% | 10,46 | 9,19% |
| 40 | 9,57  | 10,20 | 6,64% | 10,31 | 7,77% | 10,43 | 8,98% |
| 41 | 9,26  | 9,90  | 6,87% | 9,99  | 7,84% | 10,04 | 8,47% |
| 42 | 10,20 | 10,90 | 6,84% | 11,00 | 7,82% | 11,08 | 8,64% |
| 43 | 9,22  | 9,84  | 6,73% | 9,93  | 7,66% | 10,01 | 8,62% |
| 44 | 9,62  | 10,29 | 6,97% | 10,39 | 8,01% | 10,50 | 9,08% |
| 45 | 9,67  | 10,33 | 6,82% | 10,44 | 7,94% | 10,56 | 9,14% |
| 46 | 9,76  | 10,44 | 6,97% | 10,54 | 7,99% | 10,64 | 8,99% |
| 47 | 9,65  | 10,31 | 6,87% | 10,42 | 8,00% | 10,53 | 9,17% |
| 48 | 9,84  | 10,50 | 6,68% | 10,62 | 7,85% | 10,74 | 9,11% |
| 49 | 9,49  | 10,12 | 6,61% | 10,21 | 7,57% | 10,31 | 8,66% |
| 50 | 9,58  | 10,21 | 6,62% | 10,31 | 7,62% | 10,40 | 8,61% |

| P 80  | EMC    | P 90  | EMC    | P 95  | EMC    |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 10,47 | 13,62% | 10,80 | 17,27% | 11,23 | 21,90% |
| 10,31 | 13,80% | 10,68 | 17,81% | 11,08 | 22,27% |
| 10,62 | 13,92% | 11,00 | 18,00% | 11,43 | 22,66% |
| 10,59 | 13,94% | 10,97 | 18,06% | 11,41 | 22,84% |
| 10,73 | 13,84% | 11,12 | 17,99% | 11,58 | 22,88% |
| 10,90 | 14,37% | 11,32 | 18,76% | 11,81 | 23,88% |
| 11,54 | 14,11% | 11,97 | 18,33% | 12,45 | 23,15% |

|       |        |       |        |       |        |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 10,84 | 14,21% | 11,25 | 18,52% | 11,69 | 23,10% |
| 9,81  | 13,76% | 10,18 | 18,02% | 10,55 | 22,38% |
| 10,49 | 13,90% | 10,88 | 18,09% | 11,27 | 22,33% |
| 10,76 | 13,82% | 11,17 | 18,07% | 11,62 | 22,87% |
| 10,13 | 14,52% | 10,53 | 19,01% | 10,99 | 24,22% |
| 10,87 | 13,66% | 11,27 | 17,82% | 11,72 | 22,57% |
| 11,13 | 14,07% | 11,53 | 18,15% | 11,99 | 22,88% |
| 11,01 | 14,03% | 11,42 | 18,29% | 11,88 | 23,13% |
| 10,26 | 14,13% | 10,66 | 18,53% | 11,12 | 23,63% |
| 10,36 | 14,02% | 10,76 | 18,39% | 11,22 | 23,46% |
| 11,06 | 14,09% | 11,49 | 18,52% | 11,96 | 23,43% |
| 10,28 | 14,23% | 10,68 | 18,71% | 11,14 | 23,78% |
| 10,24 | 14,05% | 10,63 | 18,38% | 11,09 | 23,48% |
| 10,25 | 14,06% | 10,66 | 18,52% | 11,08 | 23,26% |
| 10,25 | 14,41% | 10,65 | 18,90% | 11,08 | 23,70% |
| 10,54 | 13,69% | 10,94 | 17,97% | 11,36 | 22,49% |
| 10,22 | 14,16% | 10,61 | 18,53% | 11,05 | 23,44% |
| 10,26 | 14,21% | 10,66 | 18,72% | 11,10 | 23,61% |
| 10,37 | 14,12% | 10,77 | 18,59% | 11,24 | 23,72% |
| 10,29 | 14,17% | 10,70 | 18,69% | 11,17 | 23,88% |
| 11,33 | 13,82% | 11,74 | 17,88% | 12,17 | 22,18% |
| 11,34 | 13,65% | 11,75 | 17,71% | 12,18 | 22,02% |
| 11,33 | 13,50% | 11,74 | 17,58% | 12,17 | 21,91% |
| 11,37 | 13,57% | 11,77 | 17,60% | 12,15 | 21,36% |
| 10,64 | 14,20% | 11,05 | 18,57% | 11,44 | 22,80% |
| 10,85 | 14,20% | 11,25 | 18,40% | 11,67 | 22,78% |
| 10,89 | 14,13% | 11,29 | 18,35% | 11,70 | 22,67% |
| 11,20 | 14,12% | 11,62 | 18,34% | 12,04 | 22,60% |
| 11,50 | 13,99% | 11,93 | 18,19% | 12,34 | 22,30% |
| 10,32 | 13,79% | 10,71 | 18,11% | 11,13 | 22,77% |
| 10,05 | 13,72% | 10,43 | 17,99% | 10,85 | 22,69% |
| 10,91 | 13,90% | 11,33 | 18,27% | 11,80 | 23,20% |
| 10,87 | 13,56% | 11,29 | 17,95% | 11,77 | 22,96% |
| 10,51 | 13,54% | 10,91 | 17,81% | 11,38 | 22,93% |
| 11,58 | 13,48% | 11,98 | 17,43% | 12,43 | 21,83% |
| 10,44 | 13,27% | 10,82 | 17,31% | 11,26 | 22,15% |
| 10,94 | 13,74% | 11,36 | 18,06% | 11,84 | 23,04% |
| 11,00 | 13,70% | 11,43 | 18,14% | 11,88 | 22,87% |
| 11,10 | 13,67% | 11,53 | 18,07% | 11,98 | 22,68% |
| 10,96 | 13,67% | 11,39 | 18,08% | 11,82 | 22,53% |
| 11,18 | 13,54% | 11,61 | 17,96% | 12,04 | 22,34% |

|       |        |       |        |       |        |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 10,74 | 13,18% | 11,14 | 17,40% | 11,53 | 21,53% |
| 10,82 | 12,96% | 11,22 | 17,15% | 11,53 | 20,34% |

### DATOS EMC 185°C

| Art | Nr | P 0  | P 35  | EMC   | P 50  | EMC   | P 65  | EMC   |
|-----|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2   | 1  | 9,02 | 9,50  | 5,25% | 9,56  | 5,92% | 9,63  | 6,69% |
| 2   | 2  | 8,64 | 9,11  | 5,43% | 9,17  | 6,05% | 9,24  | 6,90% |
| 2   | 3  | 8,72 | 9,19  | 5,34% | 9,25  | 6,02% | 9,32  | 6,81% |
| 2   | 4  | 9,16 | 9,65  | 5,42% | 9,72  | 6,12% | 9,80  | 7,02% |
| 2   | 5  | 8,06 | 8,50  | 5,37% | 8,55  | 6,04% | 8,62  | 6,96% |
| 2   | 6  | 9,57 | 10,08 | 5,24% | 10,13 | 5,83% | 10,21 | 6,66% |
| 2   | 7  | 8,56 | 9,00  | 5,20% | 9,06  | 5,94% | 9,14  | 6,79% |
| 2   | 8  | 9,03 | 9,51  | 5,31% | 9,56  | 5,93% | 9,64  | 6,81% |
| 2   | 9  | 9,49 | 10,00 | 5,30% | 10,06 | 5,96% | 10,14 | 6,86% |
| 2   | 10 | 9,32 | 9,83  | 5,52% | 9,90  | 6,20% | 9,99  | 7,20% |
| 2   | 11 | 9,70 | 10,21 | 5,26% | 10,27 | 5,90% | 10,33 | 6,54% |
| 2   | 12 | 9,53 | 10,04 | 5,28% | 10,11 | 6,04% | 10,18 | 6,77% |
| 2   | 13 | 9,56 | 10,07 | 5,30% | 10,14 | 5,99% | 10,21 | 6,80% |
| 2   | 14 | 9,63 | 10,13 | 5,17% | 10,20 | 5,90% | 10,28 | 6,70% |
| 2   | 15 | 9,06 | 9,56  | 5,49% | 9,62  | 6,15% | 9,69  | 6,95% |
| 2   | 16 | 9,02 | 9,51  | 5,43% | 9,57  | 6,14% | 9,64  | 6,93% |
| 2   | 17 | 9,25 | 9,75  | 5,44% | 9,81  | 6,09% | 9,88  | 6,89% |
| 2   | 18 | 9,01 | 9,50  | 5,46% | 9,56  | 6,13% | 9,63  | 6,88% |
| 2   | 19 | 9,06 | 9,55  | 5,49% | 9,62  | 6,19% | 9,69  | 7,01% |
| 2   | 20 | 9,08 | 9,56  | 5,33% | 9,63  | 6,05% | 9,71  | 6,99% |
| 2   | 21 | 8,79 | 9,25  | 5,18% | 9,31  | 5,89% | 9,38  | 6,72% |
| 2   | 22 | 8,29 | 8,74  | 5,45% | 8,80  | 6,18% | 8,86  | 6,96% |
| 2   | 23 | 9,16 | 9,65  | 5,30% | 9,72  | 6,08% | 9,80  | 6,92% |
| 2   | 24 | 8,99 | 9,48  | 5,42% | 9,54  | 6,15% | 9,61  | 6,93% |
| 2   | 25 | 9,07 | 9,57  | 5,50% | 9,64  | 6,24% | 9,70  | 6,94% |
| 2   | 26 | 9,00 | 9,47  | 5,23% | 9,55  | 6,02% | 9,62  | 6,80% |
| 2   | 27 | 9,04 | 9,53  | 5,42% | 9,60  | 6,17% | 9,65  | 6,80% |
| 2   | 28 | 9,19 | 9,68  | 5,34% | 9,75  | 6,11% | 9,82  | 6,88% |
| 2   | 29 | 9,23 | 9,72  | 5,29% | 9,80  | 6,10% | 9,86  | 6,83% |
| 2   | 30 | 8,09 | 8,51  | 5,18% | 8,58  | 5,99% | 8,64  | 6,81% |
| 2   | 31 | 9,56 | 10,06 | 5,19% | 10,13 | 5,91% | 10,20 | 6,66% |
| 2   | 32 | 8,32 | 8,76  | 5,33% | 8,82  | 6,05% | 8,88  | 6,73% |
| 2   | 33 | 8,11 | 8,54  | 5,29% | 8,60  | 6,03% | 8,65  | 6,71% |
| 2   | 34 | 8,23 | 8,67  | 5,37% | 8,73  | 6,12% | 8,79  | 6,81% |
| 2   | 35 | 8,20 | 8,63  | 5,34% | 8,70  | 6,11% | 8,73  | 6,58% |
| 2   | 36 | 9,04 | 9,50  | 5,18% | 9,57  | 5,94% | 9,63  | 6,53% |

|   |    |      |       |       |       |       |       |       |
|---|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2 | 37 | 9,32 | 9,80  | 5,17% | 9,87  | 5,92% | 9,92  | 6,53% |
| 2 | 38 | 9,58 | 10,07 | 5,09% | 10,14 | 5,80% | 10,20 | 6,44% |
| 2 | 39 | 9,56 | 10,06 | 5,21% | 10,12 | 5,87% | 10,19 | 6,53% |
| 2 | 40 | 9,69 | 10,19 | 5,19% | 10,26 | 5,96% | 10,33 | 6,64% |
| 2 | 41 | 8,63 | 9,07  | 5,13% | 9,13  | 5,80% | 9,19  | 6,51% |
| 2 | 42 | 8,79 | 9,26  | 5,34% | 9,33  | 6,10% | 9,39  | 6,73% |
| 2 | 43 | 8,34 | 8,78  | 5,30% | 8,85  | 6,08% | 8,86  | 6,24% |
| 2 | 44 | 8,42 | 8,86  | 5,25% | 8,92  | 5,99% | 8,94  | 6,24% |
| 2 | 45 | 9,63 | 10,12 | 5,17% | 10,20 | 5,95% | 10,23 | 6,33% |
| 2 | 46 | 9,73 | 10,23 | 5,16% | 10,31 | 5,94% | 10,35 | 6,36% |
| 2 | 47 | 8,54 | 8,97  | 5,03% | 9,04  | 5,85% | 9,08  | 6,27% |
| 2 | 48 | 8,60 | 9,04  | 5,08% | 9,11  | 5,92% | 9,14  | 6,29% |
| 2 | 49 | 8,76 | 9,20  | 5,06% | 9,27  | 5,83% | 9,30  | 6,20% |
| 2 | 50 | 8,83 | 9,28  | 5,07% | 9,35  | 5,95% | 9,40  | 6,44% |

| P 80  | EMC    | P 90  | EMC    | P 95  | EMC    |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 9,96  | 10,36% | 10,25 | 13,61% | 10,44 | 15,69% |
| 9,54  | 10,37% | 9,83  | 13,73% | 10,01 | 15,85% |
| 9,62  | 10,26% | 9,91  | 13,55% | 10,09 | 15,66% |
| 10,13 | 10,68% | 10,44 | 14,04% | 10,64 | 16,26% |
| 8,91  | 10,50% | 9,19  | 13,94% | 9,37  | 16,17% |
| 10,53 | 10,00% | 10,84 | 13,24% | 11,04 | 15,27% |
| 9,43  | 10,25% | 9,71  | 13,52% | 9,90  | 15,69% |
| 9,94  | 10,11% | 10,24 | 13,40% | 10,44 | 15,61% |
| 10,46 | 10,22% | 10,78 | 13,58% | 11,00 | 15,87% |
| 10,33 | 10,83% | 10,65 | 14,24% | 10,89 | 16,80% |
| 10,68 | 10,12% | 10,99 | 13,31% | 11,19 | 15,39% |
| 10,53 | 10,49% | 10,84 | 13,69% | 11,05 | 15,92% |
| 10,57 | 10,49% | 10,88 | 13,73% | 11,09 | 15,99% |
| 10,63 | 10,34% | 10,94 | 13,57% | 11,16 | 15,89% |
| 10,03 | 10,74% | 10,34 | 14,13% | 10,57 | 16,69% |
| 9,98  | 10,64% | 10,29 | 14,06% | 10,52 | 16,64% |
| 10,23 | 10,63% | 10,54 | 14,00% | 10,79 | 16,71% |
| 9,95  | 10,50% | 10,26 | 13,91% | 10,50 | 16,59% |
| 9,99  | 10,29% | 10,30 | 13,73% | 10,60 | 17,07% |
| 10,00 | 10,19% | 10,32 | 13,64% | 10,61 | 16,84% |
| 9,67  | 9,98%  | 9,96  | 13,29% | 10,22 | 16,23% |
| 9,15  | 10,42% | 9,44  | 13,90% | 9,68  | 16,85% |
| 10,11 | 10,35% | 10,43 | 13,78% | 10,69 | 16,63% |
| 9,93  | 10,45% | 10,24 | 13,92% | 10,49 | 16,74% |
| 10,03 | 10,51% | 10,34 | 14,00% | 10,60 | 16,83% |

|       |        |       |        |       |        |
|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 9,92  | 10,22% | 10,23 | 13,63% | 10,47 | 16,34% |
| 9,94  | 9,96%  | 10,23 | 13,14% | 10,55 | 16,72% |
| 10,12 | 10,13% | 10,41 | 13,36% | 10,74 | 16,94% |
| 10,16 | 10,08% | 10,46 | 13,29% | 10,77 | 16,67% |
| 8,91  | 10,08% | 9,17  | 13,32% | 9,44  | 16,68% |
| 10,50 | 9,75%  | 10,80 | 12,92% | 11,08 | 15,87% |
| 9,15  | 10,06% | 9,42  | 13,26% | 9,68  | 16,44% |
| 8,93  | 10,09% | 9,18  | 13,27% | 9,44  | 16,44% |
| 9,07  | 10,24% | 9,32  | 13,25% | 9,59  | 16,60% |
| 8,99  | 9,66%  | 9,28  | 13,26% | 9,57  | 16,74% |
| 9,91  | 9,71%  | 10,23 | 13,22% | 10,54 | 16,60% |
| 10,22 | 9,70%  | 10,54 | 13,11% | 10,83 | 16,24% |
| 10,50 | 9,58%  | 10,82 | 12,91% | 11,10 | 15,90% |
| 10,48 | 9,60%  | 10,81 | 13,02% | 11,08 | 15,91% |
| 10,64 | 9,79%  | 10,97 | 13,19% | 11,25 | 16,09% |
| 9,48  | 9,83%  | 9,77  | 13,19% | 10,04 | 16,37% |
| 9,67  | 9,98%  | 9,98  | 13,43% | 10,25 | 16,51% |
| 9,14  | 9,59%  | 9,40  | 12,77% | 9,70  | 16,35% |
| 9,22  | 9,61%  | 9,50  | 12,86% | 9,78  | 16,26% |
| 10,56 | 9,66%  | 10,87 | 12,97% | 11,20 | 16,38% |
| 10,66 | 9,57%  | 10,99 | 12,97% | 11,32 | 16,32% |
| 9,35  | 9,38%  | 9,65  | 12,97% | 9,94  | 16,30% |
| 9,40  | 9,36%  | 9,72  | 13,08% | 10,00 | 16,35% |
| 9,57  | 9,21%  | 9,90  | 13,01% | 10,17 | 16,14% |
| 9,65  | 9,32%  | 10,00 | 13,22% | 10,27 | 16,29% |

#### DATOS EMC 220°C

| Nr | P 0  | P 35 | EMC   | P 50 | EMC   | P 65 | EMC   |
|----|------|------|-------|------|-------|------|-------|
| 1  | 6,15 | 6,53 | 6,30% | 6,58 | 7,08% | 6,63 | 7,89% |
| 2  | 6,52 | 6,91 | 5,87% | 6,95 | 6,58% | 7,00 | 7,36% |
| 3  | 6,47 | 6,86 | 6,04% | 6,91 | 6,75% | 6,96 | 7,60% |
| 4  | 6,34 | 6,73 | 6,10% | 6,77 | 6,83% | 6,82 | 7,62% |
| 5  | 5,55 | 5,89 | 6,11% | 5,93 | 6,94% | 5,98 | 7,77% |
| 6  | 5,47 | 5,81 | 6,23% | 5,85 | 6,97% | 5,90 | 7,81% |
| 7  | 5,86 | 6,23 | 6,32% | 6,27 | 7,03% | 6,32 | 7,94% |
| 8  | 5,39 | 5,74 | 6,36% | 5,77 | 7,07% | 5,82 | 7,86% |
| 9  | 6,30 | 6,67 | 5,92% | 6,72 | 6,59% | 6,76 | 7,30% |
| 10 | 6,20 | 6,57 | 5,89% | 6,61 | 6,53% | 6,65 | 7,31% |
| 11 | 6,17 | 6,55 | 6,12% | 6,60 | 6,90% | 6,64 | 7,50% |
| 12 | 5,56 | 5,91 | 6,15% | 5,95 | 6,88% | 5,98 | 7,51% |
| 13 | 6,39 | 6,77 | 5,93% | 6,82 | 6,78% | 6,87 | 7,46% |

|    |      |      |       |      |       |      |       |
|----|------|------|-------|------|-------|------|-------|
| 14 | 5,62 | 5,97 | 6,16% | 6,02 | 7,03% | 6,06 | 7,74% |
| 15 | 5,87 | 6,24 | 6,27% | 6,28 | 6,97% | 6,33 | 7,78% |
| 16 | 6,53 | 6,93 | 6,11% | 6,97 | 6,83% | 7,02 | 7,57% |
| 17 | 6,12 | 6,48 | 6,02% | 6,53 | 6,75% | 6,57 | 7,47% |
| 18 | 6,38 | 6,74 | 5,69% | 6,79 | 6,38% | 6,83 | 7,08% |
| 19 | 5,70 | 6,05 | 6,08% | 6,09 | 6,82% | 6,13 | 7,45% |
| 20 | 6,25 | 6,61 | 5,84% | 6,66 | 6,59% | 6,71 | 7,33% |
| 21 | 6,08 | 6,43 | 5,86% | 6,48 | 6,58% | 6,51 | 7,11% |
| 22 | 6,89 | 7,29 | 5,75% | 7,34 | 6,47% | 7,38 | 7,10% |
| 23 | 5,94 | 6,29 | 5,88% | 6,33 | 6,60% | 6,36 | 7,12% |
| 25 | 5,62 | 5,97 | 6,23% | 6,01 | 6,99% | 6,05 | 7,71% |
| 26 | 6,06 | 6,43 | 5,99% | 6,47 | 6,78% | 6,51 | 7,42% |
| 27 | 5,46 | 5,81 | 6,26% | 5,85 | 6,99% | 5,88 | 7,67% |
| 28 | 5,84 | 6,20 | 6,22% | 6,24 | 6,85% | 6,27 | 7,49% |
| 29 | 5,78 | 6,13 | 6,05% | 6,18 | 6,87% | 6,22 | 7,49% |
| 30 | 5,65 | 5,98 | 5,75% | 6,02 | 6,48% | 6,06 | 7,22% |
| 31 | 5,55 | 5,90 | 6,23% | 5,94 | 6,95% | 5,97 | 7,55% |
| 32 | 5,50 | 5,86 | 6,55% | 5,90 | 7,28% | 5,92 | 7,73% |
| 33 | 5,54 | 5,90 | 6,48% | 5,94 | 7,20% | 5,96 | 7,58% |
| 34 | 5,60 | 5,96 | 6,52% | 6,00 | 7,20% | 6,02 | 7,58% |
| 35 | 5,73 | 6,09 | 6,19% | 6,13 | 6,93% | 6,16 | 7,50% |
| 36 | 5,50 | 5,85 | 6,33% | 5,89 | 7,11% | 5,92 | 7,69% |
| 37 | 5,52 | 5,87 | 6,42% | 5,91 | 7,05% | 5,94 | 7,67% |
| 38 | 6,31 | 6,69 | 6,02% | 6,74 | 6,76% | 6,77 | 7,30% |
| 39 | 5,62 | 5,97 | 6,25% | 6,01 | 7,00% | 6,04 | 7,55% |
| 40 | 5,70 | 6,05 | 6,14% | 6,08 | 6,79% | 6,11 | 7,32% |
| 41 | 5,43 | 5,76 | 6,15% | 5,80 | 6,85% | 5,84 | 7,53% |
| 42 | 5,23 | 5,55 | 6,24% | 5,59 | 6,95% | 5,63 | 7,66% |
| 43 | 5,25 | 5,59 | 6,40% | 5,62 | 7,07% | 5,64 | 7,43% |
| 44 | 5,20 | 5,54 | 6,54% | 5,58 | 7,25% | 5,59 | 7,46% |
| 45 | 5,66 | 6,04 | 6,60% | 6,08 | 7,33% | 6,10 | 7,72% |
| 46 | 5,95 | 6,34 | 6,50% | 6,37 | 7,13% | 6,40 | 7,63% |
| 47 | 6,05 | 6,43 | 6,37% | 6,47 | 7,00% | 6,50 | 7,58% |
| 49 | 5,63 | 5,97 | 6,13% | 6,01 | 6,72% | 6,04 | 7,32% |

| P 80 | EMC    | P 90 | EMC    | P 95 | EMC    |
|------|--------|------|--------|------|--------|
| 6,78 | 10,35% | 6,99 | 13,72% | 7,14 | 16,17% |
| 7,14 | 9,50%  | 7,34 | 12,54% | 7,47 | 14,53% |
| 7,11 | 9,91%  | 7,33 | 13,34% | 7,47 | 15,44% |
| 6,98 | 10,01% | 7,20 | 13,61% | 7,34 | 15,71% |
| 6,11 | 10,20% | 6,32 | 13,86% | 6,44 | 16,04% |
| 6,03 | 10,20% | 6,23 | 13,86% | 6,35 | 16,03% |

|      |        |      |        |      |        |
|------|--------|------|--------|------|--------|
| 6,46 | 10,35% | 6,68 | 14,00% | 6,81 | 16,27% |
| 5,94 | 10,22% | 6,14 | 13,89% | 6,26 | 16,10% |
| 6,90 | 9,55%  | 7,11 | 12,87% | 7,24 | 14,87% |
| 6,80 | 9,71%  | 7,02 | 13,19% | 7,14 | 15,19% |
| 6,79 | 10,01% | 7,01 | 13,51% | 7,12 | 15,37% |
| 6,12 | 9,96%  | 6,30 | 13,27% | 6,44 | 15,67% |
| 7,02 | 9,91%  | 7,23 | 13,18% | 7,38 | 15,49% |
| 6,20 | 10,27% | 6,41 | 13,97% | 6,54 | 16,33% |
| 6,47 | 10,17% | 6,68 | 13,81% | 6,81 | 16,06% |
| 7,18 | 10,05% | 7,42 | 13,70% | 7,56 | 15,87% |
| 6,71 | 9,76%  | 6,93 | 13,24% | 7,06 | 15,43% |
| 6,97 | 9,23%  | 7,18 | 12,46% | 7,30 | 14,44% |
| 6,26 | 9,75%  | 6,46 | 13,29% | 6,58 | 15,34% |
| 6,85 | 9,68%  | 7,08 | 13,30% | 7,20 | 15,22% |
| 6,64 | 9,30%  | 6,86 | 12,82% | 6,97 | 14,70% |
| 7,53 | 9,32%  | 7,77 | 12,78% | 7,90 | 14,61% |
| 6,50 | 9,50%  | 6,69 | 12,70% | 6,82 | 14,84% |
| 6,20 | 10,27% | 6,40 | 13,83% | 6,53 | 16,16% |
| 6,66 | 9,86%  | 6,87 | 13,31% | 7,00 | 15,52% |
| 6,02 | 10,23% | 6,22 | 13,91% | 6,35 | 16,16% |
| 6,42 | 10,06% | 6,64 | 13,67% | 6,77 | 16,00% |
| 6,36 | 9,94%  | 6,57 | 13,65% | 6,70 | 15,84% |
| 6,20 | 9,70%  | 6,41 | 13,45% | 6,53 | 15,61% |
| 6,11 | 9,96%  | 6,32 | 13,89% | 6,44 | 15,96% |
| 6,06 | 10,30% | 6,28 | 14,26% | 6,40 | 16,38% |
| 6,11 | 10,22% | 6,33 | 14,19% | 6,44 | 16,28% |
| 6,17 | 10,28% | 6,38 | 13,96% | 6,52 | 16,46% |
| 6,31 | 10,12% | 6,52 | 13,70% | 6,65 | 16,09% |
| 6,06 | 10,27% | 6,25 | 13,64% | 6,40 | 16,33% |
| 6,08 | 10,19% | 6,27 | 13,67% | 6,42 | 16,31% |
| 6,93 | 9,71%  | 7,15 | 13,19% | 7,30 | 15,62% |
| 6,18 | 9,99%  | 6,39 | 13,67% | 6,52 | 16,07% |
| 6,25 | 9,74%  | 6,46 | 13,47% | 6,60 | 15,82% |
| 5,96 | 9,83%  | 6,17 | 13,59% | 6,30 | 15,99% |
| 5,75 | 10,09% | 5,95 | 13,80% | 6,07 | 16,19% |
| 5,78 | 10,02% | 5,98 | 13,84% | 6,10 | 16,07% |
| 5,73 | 10,07% | 5,93 | 13,90% | 6,04 | 16,19% |
| 6,25 | 10,29% | 6,45 | 13,91% | 6,59 | 16,42% |
| 6,56 | 10,17% | 6,77 | 13,73% | 6,92 | 16,22% |
| 6,66 | 10,09% | 6,87 | 13,63% | 7,02 | 16,09% |
| 6,17 | 9,66%  | 6,38 | 13,31% | 6,52 | 15,74% |