



Campus Tecnológico Local San Carlos.

Escuela de Ingeniería en Electrónica.

Taller de sistemas embebidos

Proyecto 3

Sistema operativo empotrado de propósito específico.

Realizador por

Erick Gabriel Quiros Zeledón

José Andrey Sequeira Ruiz

Profesor

Ernesto Rivera Alvarado

I semestre 2022

Introducción

En este proyecto se creará un sistema operativo empujado de aplicación específica tipo UNIX, utilizando Yocto Project. Se evaluará el desempeño de una aplicación de alto rendimiento en un sistema operativo de propósito general tipo Linux, Windows, y el sistema operativo creado para el proyecto. Esto permitirá contrastar el desempeño obtenido en estos sistemas. Como métrica de rendimiento/desempeño se utiliza tiempo de ejecución.

La aplicación de alto rendimiento que se utilizará para evaluar el desempeño en los diferentes sistemas operativos será el sintetizado de imágenes mediante ray tracing, basado en física, utilizando el software libre PBRT.

Escenas

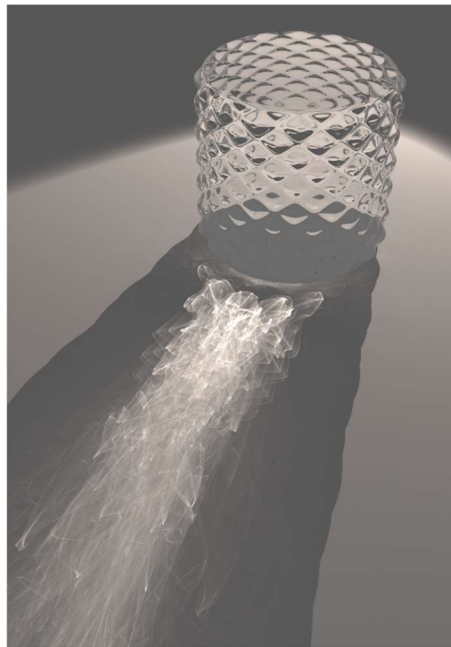


Figura 1. Escena caustic-glass.



Figura 2. Escena smoke-plume.

Resultados

Tabla 1. Tiempo de renderizado en los sistemas operativos con la escena caustic-glass.

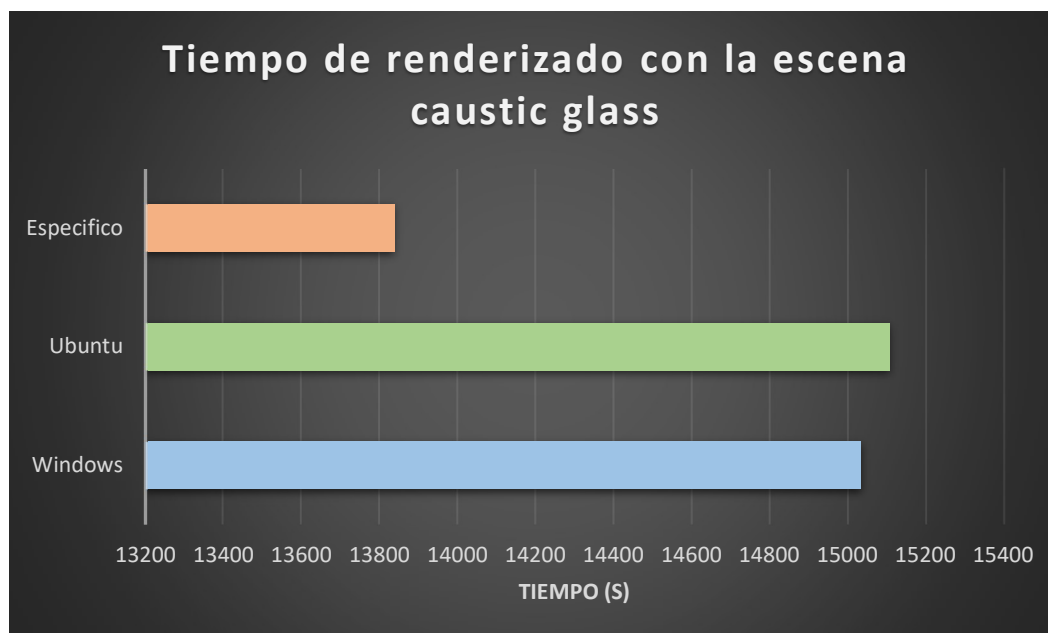
Sistema operativo	Tiempo (s)
Windows	15034.9
Ubuntu	15107.9
Especifico	13838.2

Tabla 2. Tiempo de renderizado en los sistemas operativos con la escena smoke-plume.

Sistema operativo	Tiempo (s)
Windows	5914.0
Ubuntu	4477.7
Especifico	3746.55

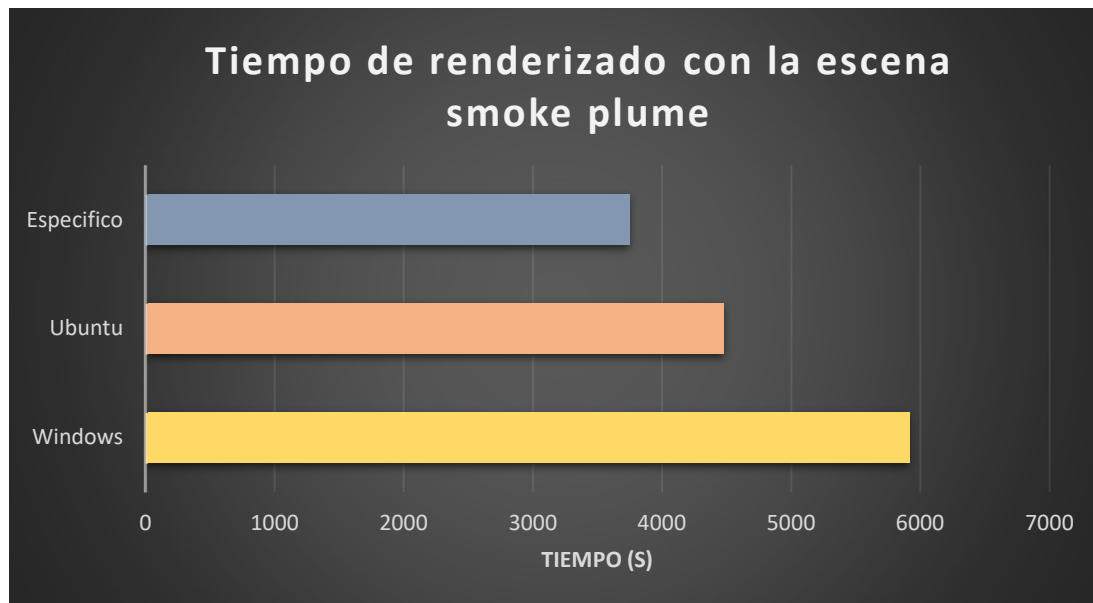
Análisis de resultados

Ya con los resultados obtenidos en el punto anterior, se procede a generar una gráfica del tiempo de duración del renderizado en cada sistema operativo para cada una de las escenas.



Grafica 1. Tiempo de renderizado con la escena caustic-glass.

Si observamos la Grafica 1 y con ayuda de la Tabla 1, es notorio la gran diferencia en tiempos de renderizado donde el sistema operativo específico fue más rápido que Ubuntu con una diferencia de 1269.7 segundo, esto equivalente a 21.16 minutos y Windows con una diferencia de 1196.7 segundo, equivalente a 19.95 minutos.



Grafica 2. Tiempo de renderizado con la escena smoke-plume.

Para la escena vista en la Figura 2, se logra observar con la Tabla 2 y la Grafica 2 que el sistema operativo especifico es mejor en tiempo de renderización que Ubuntu dando una diferencia de 731.15 segundo, equivalente a 11.8 minutos y con respecto a Windows la diferencia es de 2167.45 segundos, equivalente a 36.12 minutos.

Conclusiones

- El sistema operativo especifico es más rápido que Ubuntu y Windows porque solo esta creado para realizar esa tarea en específico.
- El sistema operativo Windows es el que dura más en el proceso ya que este está ejecutando otros procesos al mismo tiempo, lo cual genera que la capacidad de procesamiento se tenga que dividir.
- El tiempo de renderizado en cada sistema operativo depende de la complejidad de la escena que se procesa.
- Un sistema operativo especifico puede generar menos gasto en dinero y tiempo según sea la aplicación que se quiere dar.

Bibliografía

1. Purdie, R. (2017). Yocto Project Reference Manual.
2. Hart, D. (2013). Yocto Project Linux Kernel Development Manual. URL <http://www.yoctoproject.org/docs/1.6.1>.
3. M. Pharr, G. Humphreys y W. Jakob. "Physically Based Rendering: From Theory to Implementation". Physically Based Rendering: From Theory to Implementation. <https://pbrt.org/> (accedido el 29 de mayo de 2022).

Anexo

```
Windows PowerShell
PS C:\Users\Andrey\pbrrt\pbrrt-v3> cd build
PS C:\Users\Andrey\pbrrt\pbrrt-v3\build> cd release
PS C:\Users\Andrey\pbrrt\pbrrt-v3\build\release> .\pbrrt.exe 'C:\Users\Andrey\pbrrt\pbrrt-v3\pbrrt-v3-scenes\caustic-glass\glass.pbrt'
pbrrt version 3 (built May 10 2022 at 00:17:20) [Detected 8 cores]
Copyright (c)1998-2018 Matt Pharr, Greg Humphreys, and Wenzel Jakob.
The source code to pbrrt (but *not* the book contents) is covered by the BSD License.
See the file LICENSE.txt for the conditions of the license.
Rendering: [+++++] (15034.9s)
Statistics:
BVH
  Interior nodes          85932
  Leaf nodes              85933
  Primitives per leaf node 88066 / 85933 (1.02x)
Integrator
  Path length            2.041 avg [range 0 - 20]
  Zero-radiance paths    57660238101 / 77301578842 (74.59%)
Intersections
  Regular ray intersection tests 67022190730
  Ray-triangle intersection tests 36750850234 / 134018433534 (27.42%)
Memory
  BVH tree                6.59 MiB
  Film pixels              48.07 MiB
  Primitives               6.05 MiB
  Texture MIP maps         0.02 kB
  TransformCache           260.00 kB
  Triangle meshes         7.39 MiB
Scene
  Lights                  2
  Materials created        2
  Shapes created           88066
  Probes per TransformCache lookup 1.000 avg [range 1 - 1]
  TransformCache hits      4 / 6 (66.67%)
  Triangles per triangle mesh 88066 / 2 (44033.00x)
Texture
  Trilinear lookups        21250323459
PS C:\Users\Andrey\pbrrt\pbrrt-v3\build\release>
```

Figura 3. Renderizado en Windows de la escena caustic-glass.

```
Windows PowerShell
pbrr version 3 (built May 10 2022 at 00:17:20) [Detected 8 cores]
Copyright (c)1998-2018 Matt Pharr, Greg Humphreys, and Wenzel Jakob.
The source code to pbrr (but *not* the book contents) is covered by the BSD License.
See the file LICENSE.txt for the conditions of the license.
Rendering: [+++++] (5914.0s)
Statistics:
BVH
  Interior nodes                2
  Leaf nodes                    3
  Primitives per leaf node      4 / 3 (1.33x)
Integrator
  Camera rays traced            1474560000
  Surface interactions           5539507930
  Volume interactions            1186940689
  Path length                   1.640 avg [range 0 - 5]
Intersections
  Regular ray intersection tests 14434986542
  Ray-triangle intersection tests 2748233356 / 5496514744 (50.00%)
Media
  Grid steps per Tr() call      51025827464 / 3474346991 (14.69x)
Memory
  BVH tree                      0.27 kB
  Film pixels                    43.95 MiB
  Primitives                     0.28 kB
  Texture MIP maps               512.00 MiB
  TransformCache                 260.00 kB
  Triangle meshes                0.31 kB
  Volume density grid            36.00 MiB
Scene
  Lights                        1
  Materials created              2
  Shapes created                 4
  Probes per TransformCache lookup 1.000 avg [range 1 - 1]
  TransformCache hits            1 / 8 (12.50%)
  Triangles per triangle mesh    2 / 1 (2.00x)
Texture
  Trilinear lookups              4405975824
PS C:\Users\Andrey\pbrr\pbrr-v3\build\Release>
```

Figura 4. Renderizado en Windows de la escena smoke-plume.

```
andrey@andrey-PC: ~/Escritorio/pbrt/pbrt-v3/build
andrey@andrey-PC:~/Escritorio/pbrt/pbrt-v3/build$ ./pbrt '/home/andrey/Escritorio/pbrt/pbrt-v3/pbrt-v3-scenes/caustic-glass/glass.pbrt'
pbrt version 3 (built May  9 2022 at 23:24:05) [Detected 8 cores]
Copyright (c)1998-2018 Matt Pharr, Greg Humphreys, and Wenzel Jakob.
The source code to pbrt (but *not* the book contents) is covered by the BSD License.
See the file LICENSE.txt for the conditions of the license.
Rendering: [+++++] (15107.9s)
Statistics:
BVH
  Interior nodes                85932
  Leaf nodes                    85933
  Primitives per leaf node      88066 / 85933 (1.02x)
Integrator
  Path length                   2.041 avg [range 0 - 20]
  Zero-radiance paths          57660244723 / 77301587615 (74.59%)
Intersections
  Regular ray intersection tests 67022195417
  Ray-triangle intersection tests 36750854248 / 134018453663 (27.42%)
Memory
  BVH tree                     6.59 MiB
  Film pixels                   48.07 MiB
  Primitives                    6.05 MiB
  Texture MIP maps              0.02 kB
  TransformCache                260.00 kB
  Triangle meshes              7.39 MiB
Scene
  Lights                        2
  Materials created             2
  Shapes created                88066
  Probes per TransformCache lookup 1.000 avg [range 1 - 1]
  TransformCache hits           4 / 6 (66.67%)
  Triangles per triangle mesh   88066 / 2 (44033.00x)
Texture
  Trilinear lookups             21250323081
Profile
  Integrator::Render()          100.00% ( 4:11:47.94)
    BDPT subpath connections    23.71% ( 0:59:41.38)
      Accelerator::Intersect()  5.90% ( 0:14:52.01)
        Triangle::Intersect()  1.49% ( 0:03:44.74)
      BSDF::PDF()               1.17% ( 0:02:57.50)
      BSDF::f()                 1.79% ( 0:04:30.83)
      Light::Pdf()              1.44% ( 0:03:37.55)
      Light::Sample_*(*)        1.05% ( 0:02:38.53)
        MIPMap::Lookup() (trilinear) 0.31% ( 0:00:47.02)
        MIPMap::Lookup() (trilinear) 0.94% ( 0:02:22.71)
        Sampler::GetSample[12]D() 2.25% ( 0:05:40.37)
    BDPT subpath generation     64.92% ( 2:43:28.08)
      Accelerator::Intersect()  32.55% ( 1:21:57.17)
        Triangle::Intersect()  9.93% ( 0:25:00.74)
        BSDF::PDF()           1.52% ( 0:03:49.39)
        BSDF::Sample_f()       6.31% ( 0:15:52.90)
        Camera::GenerateRay[Differential]() 1.19% ( 0:02:59.27)
        Light::Pdf()           0.47% ( 0:01:10.75)
        Light::Sample_*(*)     1.46% ( 0:03:40.20)
        MIPMap::Lookup() (trilinear) 0.35% ( 0:00:52.32)
```

Figura 5. Renderizado en Ubuntu de la escena caustic-glass.


```
andrey@andrey-PC: ~/Escritorio/pbrt/pbrt-v3/build
andrey@andrey-PC:~/Escritorio/pbrt/pbrt-v3/build$ ./pbrt '/home/andrey/Escritorio/pbrt/pbrt-v3/pbrt-v3
-scenes/smoke-plume/plume-284.pbrt'
pbrt version 3 (built May  9 2022 at 23:24:05) [Detected 8 cores]
Copyright (c)1998-2018 Matt Pharr, Greg Humphreys, and Wenzel Jakob.
The source code to pbrt (but *not* the book contents) is covered by the BSD License.
See the file LICENSE.txt for the conditions of the license.
Rendering: [+++++] (4477.7s)
Statistics:
  BVH
    Interior nodes                2
    Leaf nodes                    3
    Primitives per leaf node      4 / 3 (1.33x)
  Integrator
    Camera rays traced            1474560000
    Surface interactions          5539505085
    Volume interactions           1186932002
    Path length                   1.640 avg [range 0 - 5]
  Intersections
    Regular ray intersection tests 14434927649
    Ray-triangle intersection tests 2748220207 / 5496488526 (50.00%)
  Media
    Grid steps per Tr() call      51025304807 / 3474320273 (14.69x)
  Memory
    BVH tree                      0.27 kB
    Film pixels                   43.95 MiB
    Primitives                    0.28 kB
    Texture MIP maps              512.00 MiB
    TransformCache                260.00 kB
    Triangle meshes               0.31 kB
    Volume density grid           36.00 MiB
  Scene
    Lights                        1
    Materials created             2
    Shapes created                4
    Probes per TransformCache lookup 1.000 avg [range 1 - 1]
    TransformCache hits           1 / 8 (12.50%)
    Triangles per triangle mesh   2 / 1 (2.00x)
  Texture
    Trilinear lookups             4405956365
  Profile
    Integrator::Render()          99.95% ( 1:14:38.64)
    Camera::GenerateRay[Differential]() 0.45% ( 0:00:20.15)
    Film::AddSample()             0.29% ( 0:00:12.88)
```

Figura 6. Renderizado en Ubuntu de la escena smoke-plume.

```

Primitives                                6.05 MiB
Texture MIP maps                          0.02 kB
TransformCache                            260.00 kB
Triangle meshes                           7.39 MiB
Scene
Lights                                    2
Materials created                         2
Shapes created                           88066
Probes per TransformCache lookup          1.000 avg [range 1 - 11]
TransformCache hits                       4 / 6 (66.67%)
Triangles per triangle mesh              88066 / 2 (44033.00x)
Texture
Trilinear lookups                        21250325934
Profile
Integrator::Render()                     100.00% ( 3:50:38.20)
  BDPT subpath connections                 23.83% ( 0:54:57.17)
    Accelerator::Intersect()               5.74% ( 0:13:14.74)
      Triangle::Intersect()                1.36% ( 0:03:08.52)
    BSDF::PDF()                           1.16% ( 0:02:40.13)
    BSDF::f()                             1.70% ( 0:03:55.51)
    Light::Pdf()                          1.48% ( 0:03:24.97)
    Light::Sample_*(*)                     1.09% ( 0:02:31.19)
      MIPMap::Lookup() (trilinear)          0.30% ( 0:00:41.46)
    MIPMap::Lookup() (trilinear)           0.91% ( 0:02:05.30)
    Sampler::GetSample[12]ID()              2.99% ( 0:06:54.20)
  BDPT subpath generation                  64.66% ( 2:29:07.56)
    Accelerator::Intersect()               31.31% ( 1:12:12.24)
      Triangle::Intersect()                9.15% ( 0:21:06.65)
    BSDF::PDF()                           1.57% ( 0:03:37.48)
    BSDF::Sample_f()                       6.15% ( 0:14:11.69)
    Camera::GenerateRayIDifferential()      1.21% ( 0:02:47.82)
    Light::Pdf()                           0.46% ( 0:01:03.16)
    Light::Sample_*(*)                     1.47% ( 0:03:23.69)
      MIPMap::Lookup() (trilinear)          0.33% ( 0:00:46.20)
    Material::ComputeScatteringFunctions()  2.79% ( 0:06:25.89)
    Sampler::GetSample[12]ID()              11.28% ( 0:26:00.68)
  Film::AddSample()                        0.56% ( 0:01:16.93)
  Film::AddSplat()                         0.58% ( 0:01:20.54)
  Film::MergeTile()                        0.00% ( 0:00:00.00)
  Sampler::GetSample[12]ID()                3.41% ( 0:07:51.85)
  Sampler::StartPixelSample()               0.00% ( 0:00:00.03)
  Scene parsing and creation                0.00% ( 0:00:00.01)
  Acceleration structure creation            0.00% ( 0:00:00.00)
Profile (flattened)
  Accelerator::Intersect()                 26.53% ( 1:01:11.80)
  Sampler::GetSample[12]ID()               17.68% ( 0:40:46.75)
  Triangle::Intersect()                    10.52% ( 0:24:15.18)
  BDPT subpath connections                  8.75% ( 0:20:11.08)
  BDPT subpath generation                   8.42% ( 0:19:24.88)
  Integrator::Render()                     6.97% ( 0:16:04.09)
  BSDF::Sample_f()                         6.15% ( 0:14:11.69)
  Material::ComputeScatteringFunctions()    2.79% ( 0:06:25.89)
  BSDF::PDF()                             2.73% ( 0:06:17.61)
  Light::Pdf()                             1.94% ( 0:04:28.14)
  Light::Sample_*(*)                       1.93% ( 0:04:27.22)
  BSDF::f()                               1.70% ( 0:03:55.51)
  MIPMap::Lookup() (trilinear)              1.54% ( 0:03:32.96)
  Camera::GenerateRayIDifferential()         1.21% ( 0:02:47.82)
  Film::AddSplat()                         0.58% ( 0:01:20.54)
  Film::AddSample()                        0.56% ( 0:01:16.93)
  Sampler::StartPixelSample()               0.00% ( 0:00:00.03)
  Scene parsing and creation                0.00% ( 0:00:00.01)
  Acceleration structure creation            0.00% ( 0:00:00.00)
  Film::MergeTile()                        0.00% ( 0:00:00.00)

```

```

root@genericx86-64:/media/usb/pbrt-v3/build# ^C
root@genericx86-64:/media/usb/pbrt-v3/build# _

```

Figura 7. Renderizado en sistema operativo específico de la escena caustic-glass.

```

TransformCache hits          1 /          8 (12.50%)
Triangles per triangle mesh  2 /          1 (2.00x)
Texture
Trilinear lookups           4405893850
Profile
Integrator::Render()        99.96% ( 1:02:26.55)
Camera::GenerateRay[Differential]() 0.43% ( 0:00:16.30)
Film::AddSample()           0.25% ( 0:00:09.25)
Film::MergeTile()           0.00% ( 0:00:00.00)
Sampler::GetSamplef[12]D()    0.19% ( 0:00:07.27)
Sampler::StartPixelSample()  0.37% ( 0:00:14.00)
SamplerIntegrator::Li()      98.24% ( 1:01:21.86)
Accelerator::Intersect()     17.97% ( 0:11:13.48)
Other Shape::Intersect()    14.02% ( 0:08:45.43)
Triangle::Intersect()       1.52% ( 0:00:56.95)
BSDF::Sample_f()            0.36% ( 0:00:13.37)
Direct lighting
Accelerator::Intersect()     46.88% ( 0:29:17.11)
Other Shape::Intersect()    16.23% ( 0:10:08.22)
BSDF::PDF()                  14.00% ( 0:08:44.56)
BSDF::Sample_f()            0.09% ( 0:00:03.38)
BSDF::f()                    0.37% ( 0:00:13.77)
Light::Pdf()                 0.10% ( 0:00:03.92)
Light::Sample_*(*)          3.07% ( 0:01:55.19)
MIPMap::Lookup() (trilinear) 5.72% ( 0:03:34.52)
MIPMap::Lookup() (trilinear) 1.31% ( 0:00:48.98)
Medium::Tr()                 1.55% ( 0:00:58.11)
Sampler::GetSamplef[12]D()   16.31% ( 0:10:11.31)
PhaseFunction::Sample_p()    0.42% ( 0:00:15.64)
PhaseFunction::p()           0.23% ( 0:00:08.58)
Sampler::GetSamplef[12]D()   0.04% ( 0:00:01.67)
MIPMap::Lookup() (trilinear) 0.24% ( 0:00:08.83)
Material::ComputeScatteringFunctions() 0.02% ( 0:00:00.63)
Medium::Sample()            0.27% ( 0:00:10.06)
Sampler::GetSamplef[12]D()   30.45% ( 0:19:01.16)
PhaseFunction::Sample_p()    2.52% ( 0:01:34.28)
Sampler::GetSamplef[12]D()   0.22% ( 0:00:08.20)
Scene parsing and creation   0.05% ( 0:00:02.00)
MIP map generation          0.04% ( 0:00:01.35)
MIPMap::Lookup() (trilinear) 0.00% ( 0:00:00.07)
Profile (flattened)
Other Shape::Intersect()     28.02% ( 0:17:30.00)
Medium::Sample()            27.93% ( 0:17:26.87)
Medium::Tr()                15.89% ( 0:09:55.67)
Accelerator::Intersect()     4.66% ( 0:02:54.74)
Light::Sample_*(*)          4.42% ( 0:02:45.54)
Sampler::GetSamplef[12]D()   3.42% ( 0:02:08.02)
Light::Pdf()                 3.07% ( 0:01:55.19)
Direct lighting             2.92% ( 0:01:49.55)
MIPMap::Lookup() (trilinear) 2.90% ( 0:01:48.62)
SamplerIntegrator::Li()      2.02% ( 0:01:15.82)
Triangle::Intersect()       1.52% ( 0:00:56.95)
BSDF::Sample_f()            0.72% ( 0:00:27.15)
Integrator::Render()        0.48% ( 0:00:17.85)
PhaseFunction::Sample_p()    0.45% ( 0:00:16.79)
Camera::GenerateRay[Differential]() 0.43% ( 0:00:16.30)
Sampler::StartPixelSample()  0.37% ( 0:00:14.00)
Material::ComputeScatteringFunctions() 0.27% ( 0:00:10.06)
Film::AddSample()           0.25% ( 0:00:09.25)
BSDF::f()                    0.10% ( 0:00:03.92)
BSDF::PDF()                  0.09% ( 0:00:03.38)
PhaseFunction::p()           0.04% ( 0:00:01.67)
Scene parsing and creation   0.01% ( 0:00:00.37)
MIP map generation          0.00% ( 0:00:00.07)
Film::MergeTile()           0.00% ( 0:00:00.00)

```

root@genericx86-64:/media/usb/pbrt-u3/build#

Figura 8. Renderizado en sistema operativo específico de la escena smoke-plume.

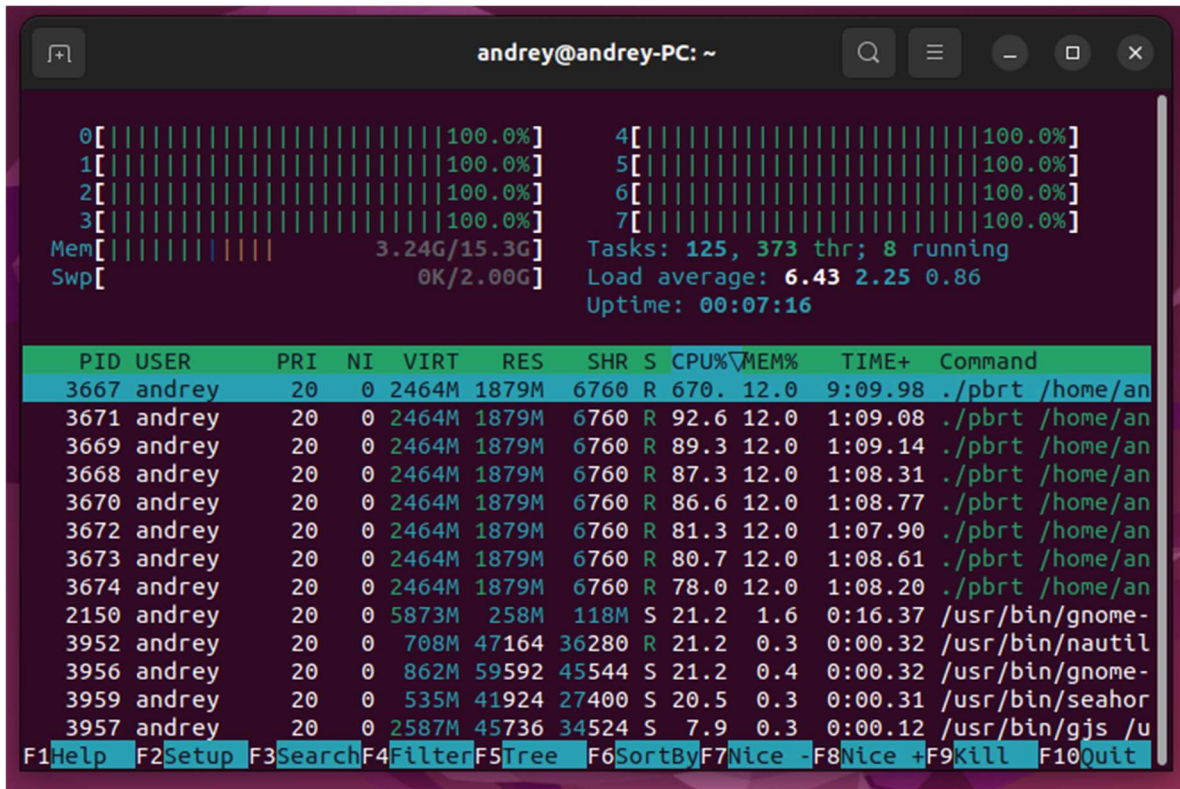


Figura 9. Trabajo de núcleos en Ubuntu.

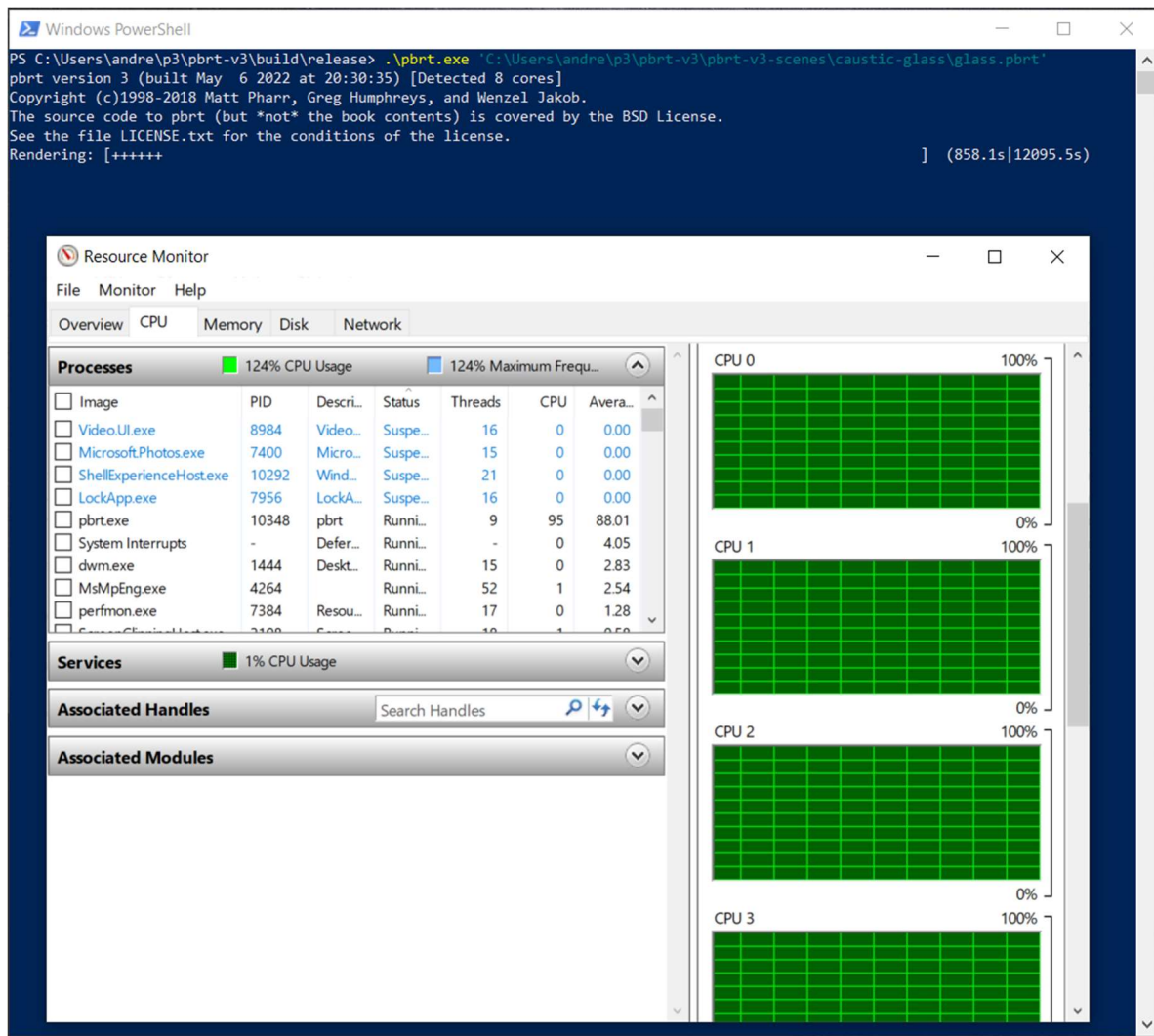


Figura 10. Trabajo de núcleos en Windows.